MODELOS DE DECISIÓN

Problemas de aplicación

Mariana Funes
Hernán P. Guevel

Cau Vang Golden Hand Bridge, Vietnam Elle Field

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
UNC Universidad Nacional de Córdoba

Funes, Mariana y Guevel, Hernán P.

Modelos de decisión : problemas de aplicación. -- 1ra ed. -- Córdoba : Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba, 2020.
60p. ; Ebook.

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

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

Primera edición: Marzo 2020.

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. A los efectos de guiar a los estudiantes para su aplicación a la solución de problemas de programación lineal, se incluye un instructivo de su manejo.

Índice

Problemas de Programación Lineal

Problema 1 (PC1)

1. Responda las siguientes preguntas:

a) ¿Cuántas soluciones posibles puede tener un problema lineal? Justifique.
b) ¿Cómo es el conjunto de soluciones óptimas de un PL? Justifique.
c) Si (cj - zj) es positivo para un problema de máximo, decimos que conviene producir 1 unidad de xj. Es lógico pensar entonces que debemos producir tantas unidades de xj como nos permita la disponibilidad de recursos. ¿A qué nivel debemos producir xj? 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 a las conclusiones que pueden obtenerse al analizar una tabla simplex y justifique. (Puede seleccionar más de una opción):

a) El problema es incompatible porque todos los $cj - zj \leq 0$ para un problema de máximo y hay una variable artificial en la base.
b) El problema es no acotado porque todos los $cj - zj \geq 0$ para un problema de mínimo y existe un valor $cj - zj = 0$ para una variable no básica.
c) Es posible mejorar el valor de un funcional de mínimo calculando $Z_0 - (cj - zj)*\theta$ si existe j tal que $cj - zj < 0$.
d) El problema es degenerado porque para un problema de máximo existe una diferencia $cj - zj > 0$ para la que un $\lambda ij = 0$.
e) 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.

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

Problema 3 (PC1)[1]

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 en 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:

$$\text{Max } (Z) = 1.000\, x1 + 1.200\, x2$$

S.a.:

$$\begin{array}{rcrcrl} 2\,x1 & + & 4\,x2 & \leq & 80 & \text{(Pies de madera)} \\ 12\,x1 & + & 4\,x2 & \leq & 240 & \text{(Hs. de Carpintería)} \\ 6\,x1 & + & 6\,x2 & \leq & 144 & \text{(Hs. de Terminación)} \\ x1 & , & x2 & \geq & 0 & \end{array}$$

Donde:

x1: número de escritorios a producir

x2: número de mesas de reuniones a producir

Se pide:

1. Resuelva el problema utilizando el aplicativo Atozmath[2]. Para ello:

a) Ingrese en el sitio http://cbom.atozmath.com/CBOM/Simplex.aspx

b) En el cuadro de diálogo provisto, indique el número de variables y de restricciones del problema y presione “Generate”.

c) Cargue el sentido de la función objetivo (Maximizar/Minimizar) y los parámetros del modelo en el cuadro de diálogo provisto para tal fin.

d) Corrobore la coincidencia entre el modelo cargado y el planteo matemático provisto.

e) En el menú de opciones, tilde las deseadas y haga click en “Find”.

f) 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.

2. 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

[1] Enunciado extraído del Material de Trabajos Prácticos de Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones (2016).

[2] 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.

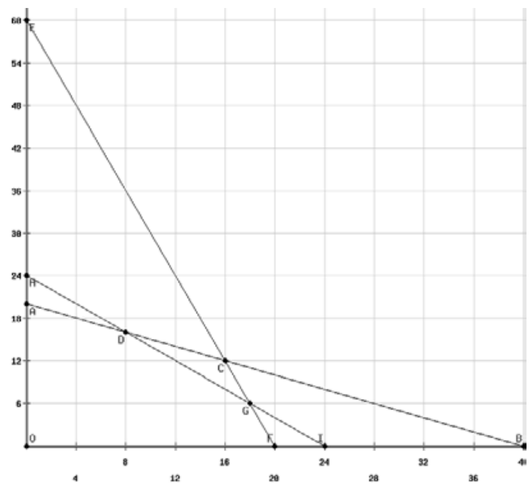
reservado a tal fin a la derecha. Verifique, también, que la variable que se hace básica para mejorar la solución y la que se hace no básica, coinciden con las que corresponden con la aplicación de los criterios de selección del algoritmo.

	C_j	1000	1200	0	0	0		
C_i	Base	X1	X2	S1	S2	S3	R.H.S	λ_i/λ_{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	λ_i/λ_{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
	Zj	600	1200	300	0	0	24000	
	Cj-Zj	400	0	-300	0	0		

	C_j	1000	1200	0	0	0		
C_i	Base	X1	X2	S1	S2	S3	R.H.S	λ_i/λ_{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	
	Cj-Zj	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.



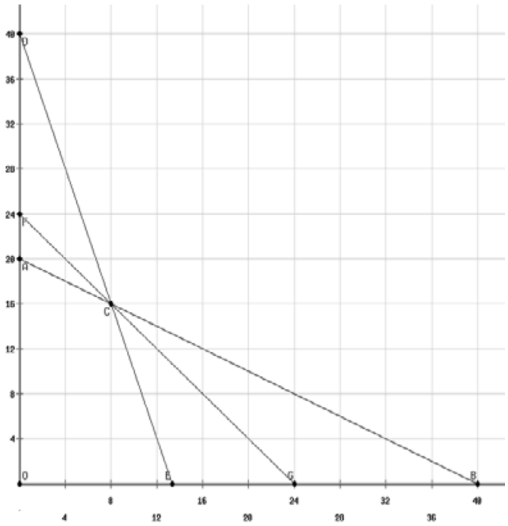
4. Por problemas en la sección Carpintería, no podrán utilizarse 80 de las 240 horas disponibles.

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	λ_i/λ_{ij}
120	X2	0	1	0.5	0	-0,17	16	40
0	S2	0	0	4	1	-3,33	0	8
100	X1	1	0	-0.5	0	33	8	8
	Z	1000	1200	100	0	133,33	27200	
	C_j-Z_j	0	0	-100	0	-133,33		

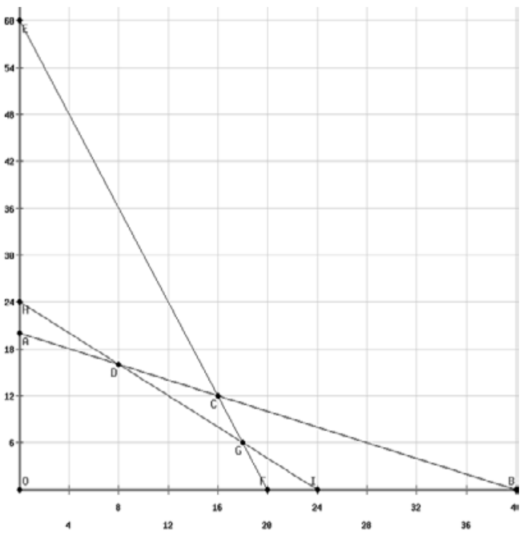
c) En el gráfico que se provee a continuación, identifique cada una de las restricciones y marque la región factible. Grafique la función objetivo. Analice la solución.



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_i	C_j	600	1200	0	0	0		
C_i	Base	X1	X2	S1	S2	S3	R.H.S	λ_i/λ_{ij}
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_j-Z_j	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.:

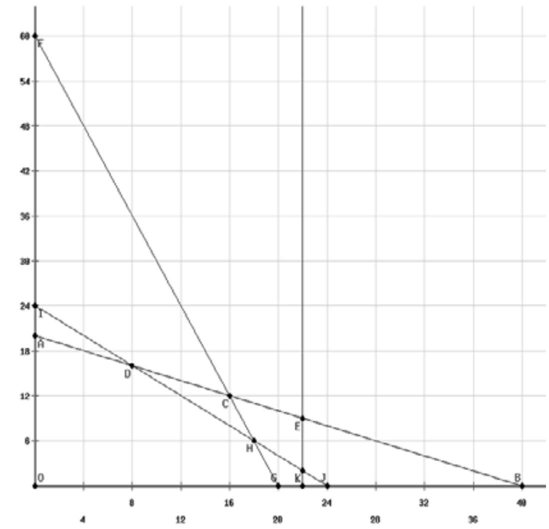
$$\begin{array}{lllllllll}
2\, x_1 & + & 4\, x_2 & + s_1 & & & & = & 80 \\
12\, x_1 & + & 4\, x_2 & & + s_2 & & & = & 240 \\
6\, x_1 & + & 6\, x_2\, x_2 & & & + s_3 & & = & 144 \\
1\, x_1 & & & & & & - s_4 + A_1 & = & 22 \\
x_1, & & x_2, & s_1, & s_2, & s_3, & s_4, A_1 & \geq & 0
\end{array}$$

d) 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_j	1000	1200	0	0	0	0	-M		
C_i	Base	X1	X2	S1	S2	S3	S4	A1	R.H.S	λ_i/λ_{ij}
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_j-Z_j	M+1000	1200	0	0	0	-M	0		

	C_j	1000	1200	0	0	0	0	-M		
C_i	Base	X1	X2	S1	S2	S3	S4	A1	R.H.S	λ_i/λ_{ij}
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_j-Z_j	0	-0.33M + 866.67	0	-0.08M- 83.33	0	-M	0		

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.



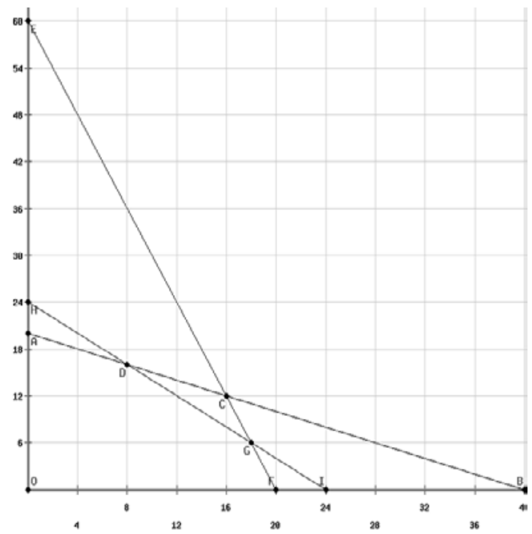
7. En el problema original modifique el sentido de las restricciones, haciéndolas todas de $\geq$.

a) Posicionado en la página del aplicativo, modifique el parámetro correspondiente en el cuadro de diálogo de carga del modelo y presione “Find”.

b) 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	λ_i/λ_{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		

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.



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) Max 5 x1 + 2 x2

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) Max 4 x1 + 2 x2 + 5 x3

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:

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:

	Máquinas			
Productos	**N º 1**	**N º 2**	**N º 3**	**N º 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:

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 riego 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 debe 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:
    - Xj: Número de títulos de la alternativa j a comprar.
    - Xj: Pesos a invertir en el título j.
    - Xj: 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:

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 (PC2)

Un municipio desea instrumentar un programa de educación igualitaria en sus dos escuelas de nivel secundario. La escuela Nº1 tiene una capacidad de 660 estudiantes y la N º2 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 º1	1.5	1.8	2.2	2.5	2.9	2.8
Escuela N º2	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 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.

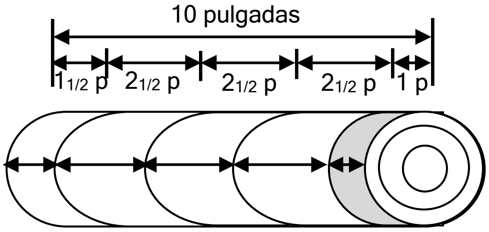
Problema 12 (PC3)

Papelera Córdoba produce rollos de papel de 240 pulgadas de largo y un ancho estándar de 10 pulgadas. Los pedidos especiales de los clientes, de diferentes anchos, se producen recortando los rollos estándar. El pedido típico consiste en 1.000, 2.000 y 4.000 rollos como mínimo de 1½, 2½ y 3½ pulgadas, respectivamente.
En la práctica, un pedido se prepara fijando las cuchillas de corte en el ancho deseado. Existen diferentes formas en las que un rollo estándar puede ser cortado. En la siguiente tabla se presentan

siete alternativas, indicando para cada una, el número de rollos de los distintos anchos que se pueden obtener con el corte y la cantidad de desperdicio generado:

Alternativa de corte	Número de rollos obtenidos			Desperdicio (pulgadas lineales)
	1½ pulgadas	2½ pulgadas	3½ pulgadas	
1	6	0	0	1
2	0	4	0	0
3	2	0	2	0
4	0	1	2	½
5	1	3	0	1
6	1	2	1	0
7	4	0	1	½

A modo de ejemplo, en la figura se muestra la ubicación de las cuchillas para la alternativa de corte 5.



1. Si la empresa quiere minimizar el número de rollos de 10 pulgadas que deben fabricarse, ¿cuántos rollos de 10 pulgadas se procesarán en cada alternativa de corte? ¿Cuántos rollos se requieren y cuál es el desperdicio total (pulgadas)?
2. Si la empresa quiere minimizar el desperdicio generado, ¿cuántos rollos de 10 pulgadas se procesarán en cada alternativa de corte? ¿Cuántos rollos se requieren y cuál es el desperdicio total (pulgadas)?
3. ¿Cuáles son las diferencias entre los modelos formulados en los incisos 1 y 2 para este problema? ¿Qué objetivo prefiere usted? Explique por qué.

Problema 13 (PC3)

Una empresa dedicada a la elaboración de bebidas gaseosas y saborizadas está analizado 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:

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 4 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	**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	0	<=	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?

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

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	

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^3 de jugo de naranja, 80 cm^3 de jugo de ananá, 80 cm^3 de jugo de frutilla y 740 cm^3 de leche de soja. Un litro de Multifrutal se produce mezclando 50 cm^3 de jugo de naranja, 120 cm^3 de jugo de ananá, 150 cm^3 de jugo de papaya y 680 cm^3 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:

Max 36 FT + 40 M – 4.000 P

S.A.:

$0.10\ FT + 0.05\ M \leq 800$

$0.08FT + 0.12\ M \leq 800$

$0.08\ FT \leq 500$

$0.15\ M \leq 500$

$FT + M - 600\ P \leq 4000$

$FT \geq 1000$

$4.000\ P \leq 30.000$

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:

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^3 de jugo de naranja, 50 cm^3 de jugo de ananá, 40 cm^3 de jugo de frutilla, 30 cm^3 de jugo de papaya, 780 cm^3 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

	Max Z =	36	40	-4.000	0	0	0	0	0	0	0	-M	
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	S5	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 5 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	760	690	660	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	1285000

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	Coeficiente 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:

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

Sujeto a :

$12\ x_1 + 10\ x_2 + 8\ x_3 \leq 18000$ Restricción de horas de corte y teñido

$15\ x_1 + 15\ x_2 + 12\ x_3 \leq 18000$ Restricción de horas de costura

$3\ x_1 + 4\ x_2 + 3\ x_3 \leq 9000$ Restricción de horas de inspección y empaque

$x_1 \geq 1000$ Restricción de la producción mínima de bolsas tipo1

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

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. En base a 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	X_1	X_2	X_3	S_1	S_2	S_3	S_4	A_1	R.H.S
0	S_1	0	0	0	1	- 0.67	0	2	- 2	4000
60	X_3	0	1.25	1	0	0.08	0	1.25	- 1.25	250
0	S_3	0	0.25	0	0	- 0.25	1	- 0.75	0.75	5250
60	X_1	1	0	0	0	0	0	-1	1	1000
	Z	60	75	60	0	5	0	15	-15	75.000
	C_i-Z_i	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 tn 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 tn de azúcar blanca produce 0,95 tn de azúcar impalpable). Las utilidades por tn 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:

Max (z) = 1.400 M + 6.000 ANV + 8.000 ABV + 9.200 AI
Sa:
Restricciones de disponibilidad de recursos
$J \leq 4000$ Tn de jarabe
Restricciones de demanda
$ANV \geq 25$ Tn azúcar negra a vender
$ABV \geq 25$ Tn azúcar blanca a vender
$AI \geq 25$ Tn azúcar impalpable a vender
Restricciones de proceso
M = 0.10 J Tn de melaza
ANV + ANP = 0.30 J Tn de azúcar negra
ABV + ABM = 0.80 ANP Tn de azúcar blanca
AI = 0.95 ABM Tn de azúcar impalpable
Todas las variables no negativas

Donde:
J: tn de jarabe a comprar
M: tn de melaza a producir
ANV: tn de azúcar negra a producir para vender
ANP: tn de azúcar negra a producir para procesar

ABV: tn de azúcar blanca a producir para vender

ABM: tn de azúcar blanca a producir para moler

AI: tn de azúcar impalpable a producir

Se pide:

1. Defina las variables de holgura.
2. Resuelva el problema empleando el software que desee.
3. Sobre la base de la salida de máquina obtenida, responda las siguientes preguntas:

   a) ¿Cuánto deberá producir Suca Sweet de cada tipo de azúcar (negra, blanca e impalpable) y de melaza? ¿Cuál será la utilidad máxima?

   b) ¿Qué modificaciones se producirían en la base óptima y en la utilidad, si Suca Sweet acuerda vender 15 tn de azúcar blanca por semana a otro distribuidor?

   c) Teniendo en cuenta que la empresa determina la utilidad como un 40% del precio de venta, ¿cuánto podrá aumentar el precio del azúcar negra sin que cambie la solución actual?

   d) El proveedor del jarabe le ofrece una partida de 500 tn a $1.200 por tn sobre el precio que paga actualmente. ¿Le conviene aceptar la propuesta? Justifique.

   e) ¿Qué modificaciones se producirían en la base óptima y en la utilidad total, si se reduce en $1.600 el precio de la tn de azúcar impalpable? (Tenga en cuenta la aclaración que se realizó en el inciso c).

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

Tabla simplex final del problema

	Max Z =	0	1400	6000	0	8000	0	9200	0	0	0	0	-M	-M	-M	-M	-M	-M	-M	
Coef	Base	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	S1	S2	S3	S4	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	R.H.S
0	S4	0	0	0	0	0	0	0	0,228	0,76	0,95	1	-0,76	-0,95	-1	0	0,76	0,95	1	844,25
0	x1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000
8000	x5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	25
0	x4	0	0	0	1	0	0	0	0,3	1	0	0	-1	0	0	0	1	0	0	1175
1400	x2	0	1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	400
6000	x3	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	25
0	x6	0	0	0	0	0	1	0	0,24	0,8	1	0	-0,8	-1	0	0	0,8	1	0	915
9200	x7	0	0	0	0	0	0	1	0,228	0,76	0,95	0	-0,76	-0,95	0	0	0,76	0,95	1	869,25
	Z_J	0	1400	6000	0	8000	0	9200	2237,6	992	740	0	-992	-740	0	1400	6992	8740	9200	8.907.100
	C_J-Z_J	0	0	0	0	0	0	0	-2237.6	-992	-740	0	-M+992	-M +740	-M	-M -1400	-M -6992	-M -8740	-M -9200	

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:

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 la finalización de las mismas. 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:

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 δ_1 y δ_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) $\delta_1 + \delta_2 = 1$ c) $\delta_1 - \delta_2 <= 0$

b) $\delta_1 + \delta_2 = 2$ d) $\delta_1 - \delta_2 >= 0$

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

Sean δ_1 y δ_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.

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:		
Desde:	Región I	Región II	Región III
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$S156.000, y que cada casa proporcionará ingresos con un valor actual neto de U$S152.000. El costo de construcción de cada casa (o departamento) es de U$S120.000. 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 pérdidas 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^2 de espacio para alquila 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^2 de cada tipo de negocio.

Tipo de Negocio	Superficie (m^2)	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 dependerá, 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 a la cantidad de negocios del mismo tipo instalados se presenta en la siguiente tabla:

Ganancia Anual	Número de	Negocios	
Tipo de Negocio	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	Requerimiento de Capital			
	Neto Estimado	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:

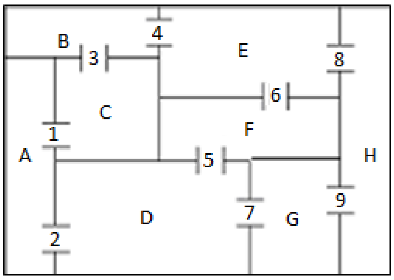
1. Formule un modelo que le permita a los administradores maximizar el Valor Presente Neto.
2. ¿Qué modificaciones se producirían en el modelo formulado en 1. si: o bien se expande la planta o se amplía el almacén?
3. ¿Qué modificaciones habría que realizar en el modelo formulado en 2. para considerar 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 trasporte 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 trasporte 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 (hs./unidad)	5	3	6	4
Máquina B (hs./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 la 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 (PC3)

Una Aerolínea de Bandera ha asignado un presupuesto de 75.000 millones de pesos para ampliar su flota de aviones y está analizando la compra de tres diferentes tipos de aeronaves: Airbus 310 (**A**), Boeing 767 (**B**) y Embraer (**E**). Los costos por aeronave son de 3.000, 4.200 y 2.750 millones de pesos para cada Airbus, Boing y Mc Duglas respectivamente. Se estima que cada avión aportará beneficios anuales netos de 280, 350 y 280 millones de pesos para los tipos A, B y E, respectivamente.

Por razones de diversificación y de especialización de la flota, en el caso de que se adquiera un tipo de avión, la cantidad mínima que se compre debe ser de 2 unidades.

Las necesidades de personal para el mantenimiento de los aviones suponen un presupuesto anual de 18 millones de pesos para cada avión tipo A, 20 millones para cada tipo B y 19 millones para cada tipo E. Por otra parte, cada Airbus requiere para su mantenimiento, 38 días en el año. La necesidad de mantenimiento para los aviones Boeing es de 45 días al año y de los Embraer, de 42.

La empresa ha asignado 1.000 millones de pesos anuales de presupuesto para mantenimiento (independiente del asignado a la adquisición de aviones) y las instalaciones actuales tienen una capacidad de mantenimiento para los nuevos aviones de 800 días en el año. Esta capacidad podría ampliarse hasta un total de 1.250 días si se realizara una inversión adicional de 900 millones, que debería detraerse de los 75.000 millones destinados a la adquisición de los nuevos aviones.

Se pide:

1. Construya un modelo matemático que permita determinar la recomendación sobre qué aviones comprar para ampliar la flota si se pretende maximizar el beneficio anual neto que aportarán los aviones adquiridos.
2. ¿Qué modificaciones deberían incorporarse en el modelo construido en 1) si para facilitar el mantenimiento de los aviones uno de los tipos de avión deberá ser dominante, lo que implica adquirir al menos 10 unidades del mismo?
3. Resuelva ambos modelos y redacte un pequeño informe con la recomendación que realizaría para el modelo 2).

Problema 34 (PC1)

Andrés ha recibido en herencia un campo de 2 hectáreas (20.000 m^2) 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^2 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^2 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^2 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:

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 neto de $30.000, 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:

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**
Total	14.000	6.000
Altos ingresos	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 las mismas:

- 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: 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
Contribución a la utilidad $/unidad	4	2
Departamento A hs/unidad	1	1
Departamento B hs/unidad	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:
a) 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.
b) 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:
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:

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

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 cuanto 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:

a) Formule un modelo de programación por metas para el problema.

b) Resuelva el problema aplicando software de PL.

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:

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)

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:

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 42 (PC1)

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

- **Rendimiento:** 7 puntos
- **Período de recupero:** 3 puntos
- **VAN:** 5 puntos

Se pide:

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 43[3] (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 1.5 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 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 a la importancia que asignaba a cada uno de ellos, según la siguiente escala:

[3] Basado en Anderson, Sweeney y Willams (2004). Métodos Cuantitativos para los Negocios (Cap.17, pp.744).

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 a 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

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

Problema 44 (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 (CD, MP3, con puerto USB) y la recepción de AM/FM.

Estableció las siguientes matrices de comparación en pares:

CRITERIOS			
	Precio	**Reproducción**	**Recepción**
Precio	1	3	4
Reproducción		1	3
Recepción			1

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

REPRODUCCIÓN			
	I	II	III
I	1		
II	2	1	
III	4	3	1

RECEPCIÓN AM/FM			
	I	II	III
I	1	4	2
II		1	1
III			1

Se pide:

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?

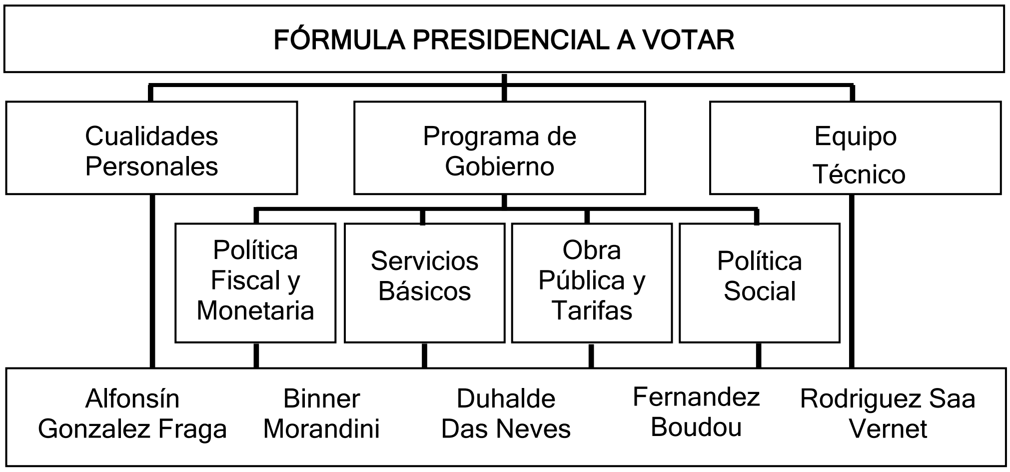
Problema 45 (PC2)

Con motivo de las elecciones presidenciales del año 2011, un grupo de estudiantes de Ampliaciones de I.O., 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 subciterios 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 respeto de cada subcriterio y criterio, y de los subcriterios y criterios entre si, obtenidas por los tres estudiantes.

Estudiante 1

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

Comparación de Subcriterios				
	Politica Fiscal y Monetaria	Servicios Básicos	Obras Pública y Tarifas	Desarrollo Social
Politica 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	Alfonsín	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 Tecnico
Cualidades			2
Programa	2		3
Equipo Tecnico			

Comparación de Subcriterios				
	Politica Fiscal y Monetaria	Servicios Básicos	Obras Pública y Tarifas	Desarrollo Social
Politica 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	Alfonsín	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 Tecnico
Cualidades		3	5
Programa			2
Equipo Tecnico			

Comparación de Subcriterios				
	Politica Fiscal y Monetaria	Servicios Básicos	Obras Pública y Tarifas	Desarrollo Social
Politica 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	Alfonsín	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:

Empleando el método AHP establezca el ranking de las fórmulas para cada estudiante e indiqué 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 46 (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
wj	5	8	7	3	23
wj normalizado	0,2174	0,3878	0,3043	0,1303	1

Se pide:

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 47 (PC1)

Considerando la información sobre las estadísticas de los integrantes del equipo de básquet del Problema 26:

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:

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 48 (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 la clasificación de los mismos 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_2) 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_2) 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:

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

Problema 49 (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 las mismas.

	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:

1. Sabiendo que a mayor valor del Índice de satisfacción al cliente, mejor es la valoración de la sucursal, identifique el sentido de los restantes criterios es un criterio de máximo Identifique el sentido de los diferentes ratios (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.

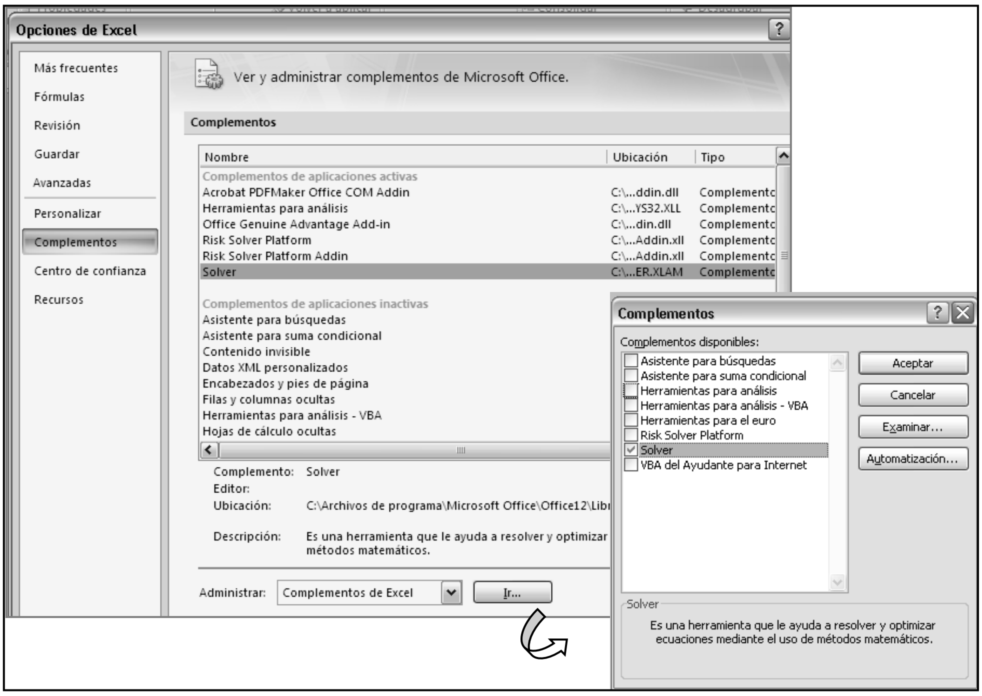
6. Eleve un informe al Gerente de Recursos Humanos con su análisis y recomendación.

Instructivo del complemento Solver de la planilla de cálculo Excel para resolver problemas de Programación Lineal y Entera

Las planillas de cálculo constituyen un instrumento de gran utilidad para la construcción y resolución de modelos de Investigación Operativa. En particular, SOLVER es un complemento de la planilla de cálculo EXCEL que optimiza numéricamente modelos, tanto lineales como no lineales.

Para verificar si la planilla EXCEL (2010) contiene SOLVER, cuando ingrese al aplicativo, verifique si lo encuentra en el menú **"Datos"**. Si el complemento no estuviera instalado, para activarlo ingrese al menú **"Archivo"** y seleccione "**Opciones de Excel**". Del listado de opciones que se presentan en el lado izquierdo de la ventana, seleccione el menú **"Complementos"** y se desplegará la ventana de la Figura 1. Posiciónese sobre **"Solver"** y cliquee **"Ir"**. De esta manera accederá a la ventana Complementos, en la que deberá tildar "**Solver**" y "**Aceptar**". Cuando acceda nuevamente a la planilla, verifique que el complemento está habilitado en el menú **"Datos"**. En el caso que no se haya habilitado cierre el programa y repita el procedimiento.

Figura 1: Activación de Complemento Solver de Excel



Si Usted cuenta con la versión EXCEL (2003), el complemento deberá estar instalado en el menú "**Herramientas**". En caso de que no esté disponible, deberá activarlo. Para ello, dentro de **"Herramientas"** ingrese a "**Complementos",** marque **"Solver"** y luego **Aceptar**. Desde ese momento, este complemento quedará activado dentro del menú **"Herramientas"**. Si al intentar agregar este complemento apareciera el mensaje "Microsoft Excel no puede ejecutar este complemento. Esta función no está instalada ¿Desea instalarla ahora?", en este caso será necesario el CD-ROM de instalación de Microsoft Office para instalarla.

Para explicar el uso de esta herramienta para resolver problemas de programación lineal, emplearemos el Problema 3 de este material, cuyo modelo matemático presentamos a continuación:

Problema 3 del Material de Trabajos Prácticos

Max (z) =100 E + 120 M

Sujeto a:

$2\ E + 4\ M \leq 80$ (Pies de Madera)

$12\ E + 4\ M \leq 240$ (Horas de Carpintería)

$6\ E + 6\ M \leq 144$ (Horas de terminación de producto)

$E, M \geq 0$

Donde:

E: número de escritorios a producir la semana siguiente

1. Preparación del problema en la hoja de cálculo

Para que Solver pueda optimizar un modelo, se debe preparar el mismo en una hoja de cálculo **de manera adecuada** para que el software realice un procesamiento correcto del problema.

En la Figura 2 presentamos un diseño de hoja de cálculo para el problema modelo que permite visualizar:

- **celdas que contienen rótulos**, cuya finalidad es aclarar otras entradas de la hoja de cálculo.
- **celdas que contienen los parámetros del modelo** (coeficientes de contribución a las utilidades o costos, tasas físicas de sustitución, términos independientes)
- **celdas que contienen fórmulas**, las que sirven para representar la función objetivo y las funciones de restricción
- **celdas con el cálculo de la holgura**. Estas celdas son opcionales, se calculan como la diferencia entre la función de restricción y el lado derecho, calculada de modo que no sea negativa.

Figura 2: Diseño de hoja de cálculo del Problema 3

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3	Productos	E	M				
4	Cantidad			$ de Contribución a las Utilidades			
5	Contrib. Marginal	100	120	0			
6							
7	Restricciones	a_{ij}		Total LI		LD	Holgura
8	Pies de Madera	2	4	0	≤	80	80
9	Hs. de Carpinteria	12	4	0	≤	240	240
10	Hs. de terminación	6	6	0	≤	144	144

Preste atención a la Figura 2:

- Las filas 3 a 5 corresponden a la función objetivo.

- Las celdas B3 a C3 contienen rótulos de las variables, asignando una columna a cada variable.
- Las celdas B4 a C4 rotuladas "cantidad a Producir" aparecen en blanco, ya que éstas serán las celdas de referencia para las variables a calcular. Los coeficientes de contribución unitaria (ingresos, utilidades o costos) deberán estar contenidos en una fila independiente, arriba o debajo de las respectivas variables de decisión, en este caso en la fila 5.
- La celda D4 contiene el rótulo "$ de Contribución a las Utilidades".
- En la celda D5, incorporaremos la fórmula de la función objetivo.

▪ Las filas 7 a 10 contienen toda la información referida a las restricciones.

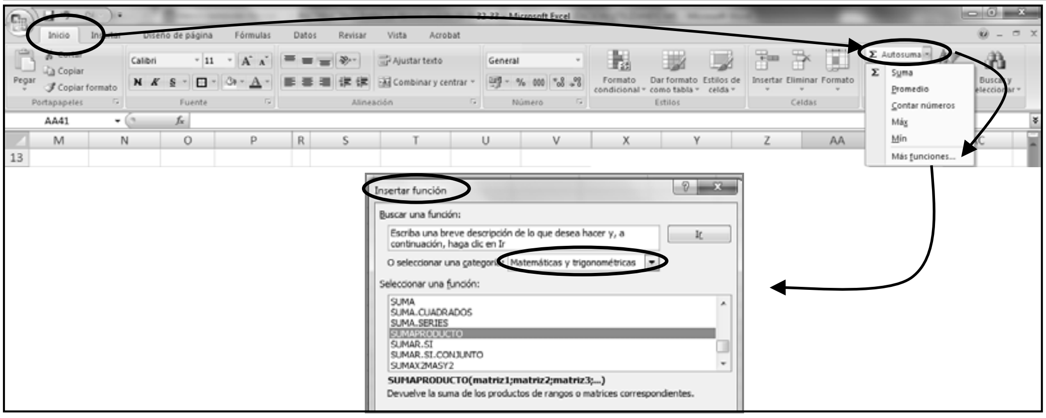
- En la columna A, aparecen los rótulos para cada restricción, considerando una fila para cada una.
- Desde la columna B en adelante, se introducen los valores de las tasas de sustitución. Cada coeficiente se ingresa en la celda que corresponde a la intersección de la fila de la restricción, y la columna de la variable correspondiente.
- A continuación de los coeficientes de las restricciones (tasas físicas de sustitución), deberá incluirse una columna con la fórmula que calcula el total del lado izquierdo de cada restricción, es decir, la utilización de los recursos. Para este ejemplo, esa columna corresponde a las celdas D8 a D10, cuyo rótulo "Total LI" (Total Lado Izquierdo), se encuentra en la celda D7.
- La columna E, contiene rótulos que indican la dirección de la desigualdad para cada restricción. Es importante, en el caso de problemas con distintos tipos de desigualdades, colocar en filas consecutivas las desigualdades del mismo signo; esto permite un manejo más simple de las restricciones.
- La columna F, cuyo rótulo es "LD" (Lado Derecho), contendrá los términos independientes o lados derechos de cada restricción.
- Opcionalmente, se puede incluir la celda de holgura para reflejar en la planilla la diferencia entre el lado izquierdo (LI) y lado derecho (LD) de la restricción.
- Las restricciones de no negatividad pueden obviarse en la planilla de cálculo, ya que deben especificarse posteriormente en el cuadro de diálogo de Solver.

A continuación completaremos las celdas con fórmulas: la función objetivo (Z), el lado izquierdo de las restricciones del modelo y las celdas de holgura.

▪ Para la función objetivo y las restricciones usaremos la función matemática SUMAPRODUCTO que resuelve el producto interno de vectores.

- Para aplicar esta función se puede escribir la sintaxis de la misma luego del signo "=" o "+", o buscarla por orden alfabético en la ventana **Insertar función** (seleccionando la categoría Matemáticas y trigonométricas), a la que se accede a través de la pestaña **Inicio → Autosuma → Más funciones** (Ver Figura 3).

Figura 3: Activar la función SUMAPRODUCTO en Excel



- Para reflejar la función objetivo: 100 E + 120 M, en la celda D5 se calcula el producto del vector (E, M) por el vector (100, 120) como: =SUMAPRODUCTO($B$4:$C$4,B5:C5) (Ver Figura 4). El primer vector está representado por ($B$4:$C$4) que corresponde a las celdas de las variables de decisión, y el segundo vector (B5:C5), corresponde a las celdas donde ubicamos las contribuciones a las utilidades. En el primer vector se utiliza el signo "$", para fijar las celdas con la intención de copiar esta fórmula para las restricciones.
- Para la restricción 1, igual a 2 E + 4 M (a la que se le asignó la fila 8), calculamos el LI en la celda D8, como el producto de los vectores (E, M) y (2, 4), empleando: =SUMAPRODUCTO($B$4:$C$4,B8:C8). El primer vector ($B$4:$D$4), es el mismo que su utilizó en el cálculo de la función objetivo y, como habíamos fijado las celdas con el signo $, podemos copiar la fórmula de la celda D4 en la celda D8. Lo mismo se hace para el LI de las otras restricciones, a las que le corresponden las celdas D9 y D10.

▪ Para la celda de la **Holgura**, el cálculo es LD-LI cuando la restricción es <= y LI-LD cuando la restricción es >=. Como en nuestro ejemplo todas las restricciones son de menor o igual, ésta será la diferencia entre la celda que corresponde al LD y la que corresponde al LI para cada restricción (Ver Figura 4).

Figura 4: Hoja de cálculo con las fórmulas del problema modelo

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3	Productos	E	M				
4	Cantidad	8	16	$ de Contribución a las Utilidades			
5	Contrib. Marginal	100	120	=+SUMAPRODUCTO($B$4:$C$4;B5:C5)			
6							
7	Restricciones	a_{ij}		Total LI		LD	Holgura
8	Pies de Madera	2	4	=+SUMAPRODUCTO($B$4:$C$4;B8:C8)	≤	80	=+F8-D8
9	Hs. de Carpinteria	12	4	=+SUMAPRODUCTO($B$4:$C$4;B9:C9)	≤	240	=+F9-D9
10	Hs. de terminación	6	6	=+SUMAPRODUCTO($B$4:$C$4;B10:C10)	≤	144	=+F10-D10

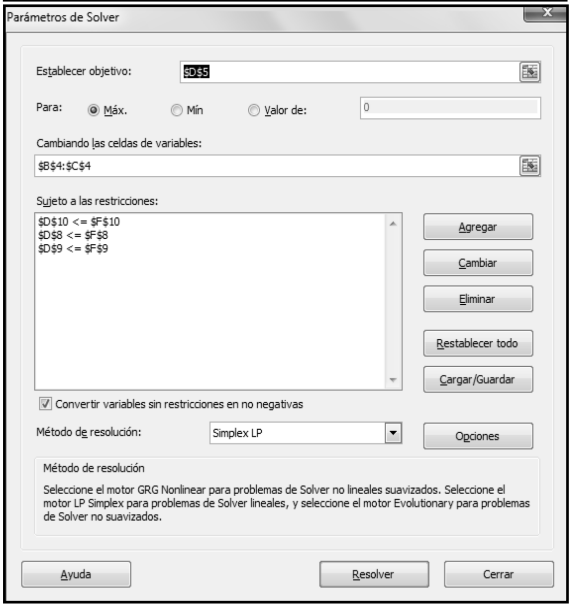
Recordemos que hasta que el problema se resuelva, las celdas B4 a C4 estarán vacías, ya que representan los valores a obtener que optimizarán la función objetivo. Es por eso que las celdas con fórmulas aparecerán con valor cero para la función objetivo y el LI de las restricciones; y la holgura será igual al LD, con signo positivo o negativo, en el caso que las restricciones sean de menor o igual o mayor o igual, respectivamente.

2. Solución a través de Solver

Para encontrar la solución en **Excel 2010**, desde el menú **Datos,** deberá seleccionar **Solver** y se abrirá el cuadro de diálogo **Parámetros del Solver** (Ver Figura 5):

1. En **Establecer objetivo** deberá especificar la celda de la hoja que corresponde a la función que se quiere optimizar. Para nuestro ejemplo, la celda **E5**.
2. En **Para**, debe indicar si se quiere maximizar o minimizar la celda objetivo. En este ejemplo corresponde **Máx**.
3. **Cambiando las celdas de variables** permite indicar las celdas que contienen los valores de las variables a calcular, ubicados en las celdas **B4 a C4**.
4. En el cuadro **Sujeto a las restricciones**, seleccionando **Agregar**, se despliega una nueva ventana para la carga de las mismas (Ver Figura 6) en la que debe especificar:

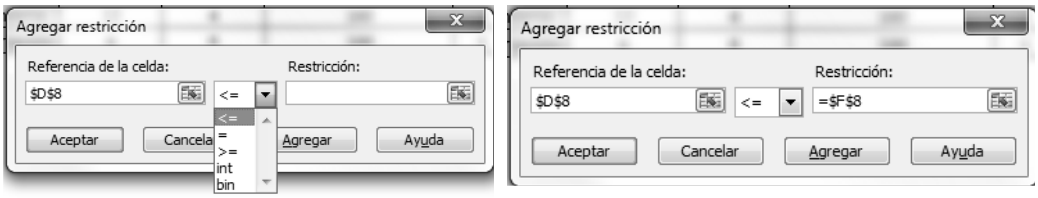
Figura 5: Cuadro Parámetros de Solver



- En **Referencia de celda:** la celda que corresponda a la función de restricción o LI
- En **Restricción**: la disponibilidad o LD
- En el cuadro ubicado en medio de los dos anteriores: el tipo de restricción.

Podemos ingresar las restricciones una a una, como se muestra en la Figura 6 (a), o agrupar las restricciones que tienen el mismo sentido de desigualdad, como se observa en la Figura 6 (b).

Figura 6: Ingreso de restricciones en el cuadro de diálogo



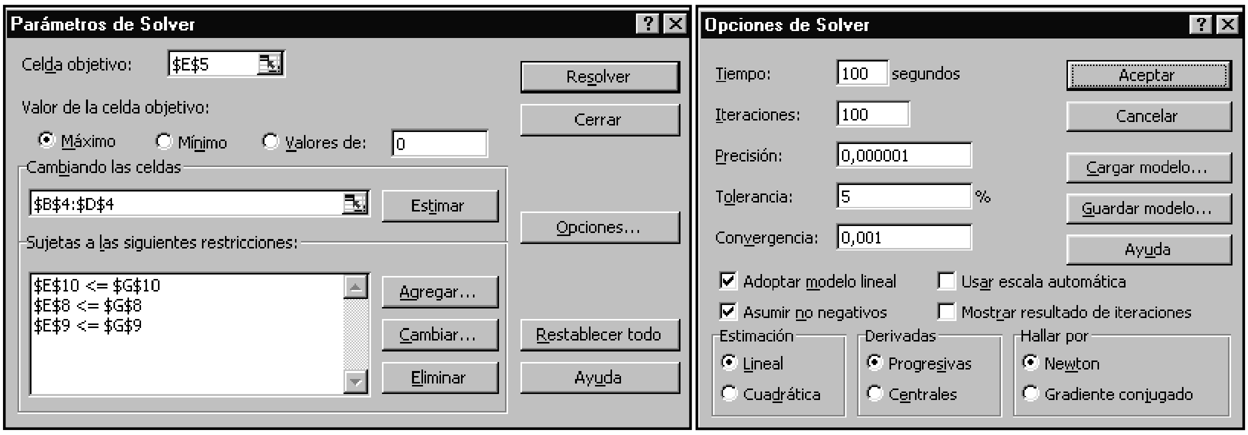
(a) **(b)**

5. Deberá seleccionar la opción **Convertir variables sin restricciones en no negativas** para especificar las restricciones de no negatividad.
6. En **Método de resolución** indicar **Simplex LP**

Para encontrar la solución en **Excel 2003**, desde el menú **Herramientas,** deberá seleccionar **Solver** y se abrirá el cuadro de diálogo **Parámetros del Solver** (Ver Figura 7(a)):

1. En **Celda objetivo** deberá especificar la celda de la hoja que corresponde a la función que se quiere optimizar. Para nuestro ejemplo, la celda **E5**.
2. En **Valor de la celda objetivo** indicar si se quiere maximizar o minimizar la celda objetivo. En este ejemplo corresponde Máximo.
3. **Cambiando las celdas** son los valores de las variables que se van a calcular, los que estaban

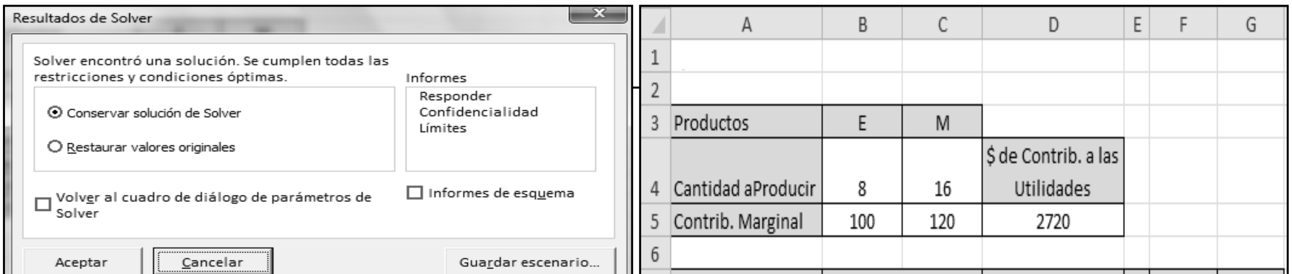
Figura 7: Cuadros de diálogo para resolver PL en Solver 2003



Haciendo clic en **Resolver:**

- Cuando el problema tiene solución, se despliega la ventana **Resultados de Solver** (ver Figura 8(a)) indicando que ha encontrado una solución con la leyenda **"Solver encontró una solución. Se cumplen todas las restricciones y condiciones óptimas"**, y habilita a solicitar una serie de informes de resultados que se seleccionan haciendo clic sobre cada uno de ellos. Por cada informe que se solicita se genera una nueva hoja de cálculo, que según el caso se nomina: "Responder", "Confidencialidad" o "Límites". Si se selecciona la opción **Conservar solución de Solver**, en las celdas B4:C4 de la hoja de cálculo donde se cargó el modelo, aparecen los valores de las variables en el óptimo, E = 8 y M = 16, a partir de los cuales quedan calculados los valores de la función objetivo, el lado izquierdo de las restricciones y la holgura, según las formulas establecidas (ver Figura 8(b)).

Figura 8: Resultados del problema del ejemplo y solicitud de informes

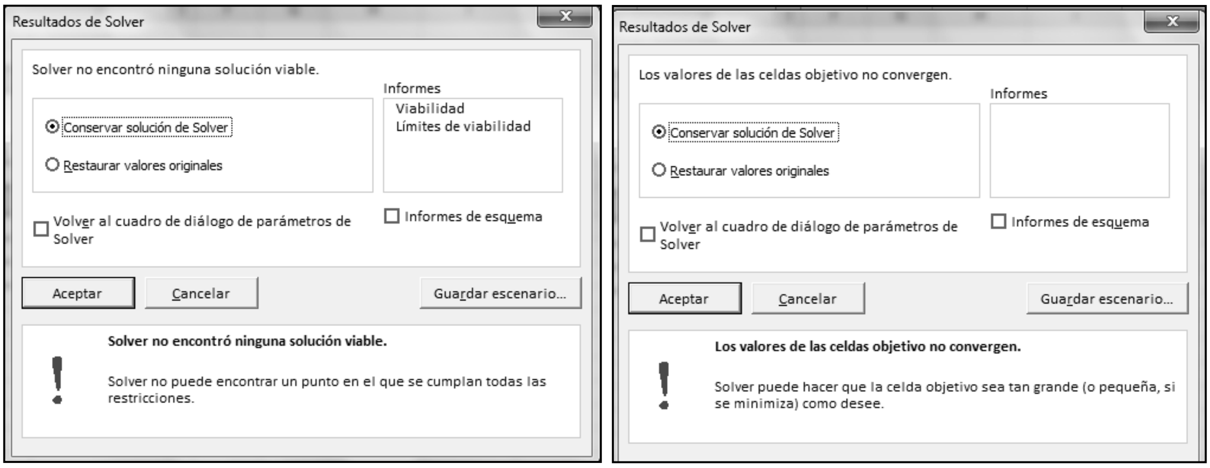


	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3	Productos	E	M				
4	Cantidad aProducir	8	16	$ de Contrib. a las Utilidades			
5	Contrib. Marginal	100	120	2720			
6							

- Cuando el problema no tiene solución, en el cuadro de diálogo **Resultados de Solver**, aparece la leyenda **"Solver no ha encontrado una solución viable"** (ver Figura 9 (a)).
- Cuando el problema tiene un funcional no acotado, la leyenda es **"Los valores de las celdas objetivo no convergen"** (Ver Figura 9 (b)).

En ambos casos, en la hoja de cálculo en la que se realizó la carga del problema, se presentan valores para las variables que no pueden ser considerados como solución.

Figura 9: Resultados de Solver para casos particulares



(a) **(b)**

3. Análisis de los informes de Solver

3.1. Informe de respuestas

Este informe detalla la solución en el óptimo: los valores de la función objetivo, de las variables de decisión, y de las variables de holgura. Para la función objetivo y las variables de decisión, indica los valores originales y finales. Los valores originales corresponden a la solución de partida, y los finales a la solución óptima.

En todos los casos indica las celdas donde están ubicados los valores en la hoja de cálculo donde se cargó el problema, y los nombres según los rótulos que hemos definido en la misma. La columna de Estado identifica con "Vinculante" las restricciones limitantes y con "No vinculante" las restricciones no limitantes.

En la Figura 10 se presenta el informe de respuestas del Problema 3.

Figura 10: Informe de respuestas del Problema 3

Valor del funcional en el óptimo

Celda objetivo (Máx.)

Celda	Nombre	Valor original	Valor final
$D$5	Contrib. Marginal $ de Contrib. a las Utilidades	0	2720

Valor de las variables de decisión en el óptimo

Celdas de variables

Celda	Nombre	Valor original	Valor final	Entero
$B$4	Cantidad aProducir E	0	8	Continuar
$C$4	Cantidad aProducir M	0	16	Continuar

Lado Izquierdo de las restricciones

Valor de las variables de holgura

Restricciones

Celda	Nombre	Valor de la celda	Fórmula	Estado	Demora
$D$8	Pies de Madera Total LI	80	$D$8<=$F$8	Vinculante	0
$D$9	Hs de Carpintería Total LI	160	$D$9<=$F$9	No vinculante	80
$D$10	Hs de Terminación Total LI	144	$D$10<=$F$10	Vinculante	0

3.2. Informe de Confidencialidad

Este informe contiene el análisis de sensibilidad de los coeficientes de la función objetivo y del lado derecho de las restricciones.

El primer reporte bajo el título “Celdas Cambiantes” comprende el análisis de sensibilidad para los coeficientes de la función objetivo e informa en cada columna:

- **Celda**: indica la ubicación en la hoja de cálculo de las celdas cambiantes, es decir, de las variables de decisión
- **Nombre**: los rótulos de las variables de decisión según la hoja de cálculo donde se cargó el problema.
- **Final Valor**: contiene el valor de las variables de decisión en el óptimo.
- **Reducido Coste**: es el valor Cj - Zj que corresponde a las variables de decisión en el óptimo.
- **Objetivo Coeficiente**: el coeficiente en la función objetivo de las variables de decisión.
- **Permisible Aumentar y Permisible Reducir**: indica en cuánto puede aumentar o disminuir el coeficiente de cada variable en la función objetivo para que la solución actual siga siendo óptima.

El segundo reporte titulado “Restricciones” contiene el análisis de sensibilidad del lado derecho de las restricciones. Cada columna informa:

- **Celda:** la ubicación de la fórmula del lado izquierdo de las restricciones en la hoja de cálculo donde se cargó el problema.
- **Nombre:** el rótulo de cada restricción dado en la hoja de cálculo.
- **Final Valor:** valor que asume el lado izquierdo de cada restricción en el óptimo.
- **Sombra precio:** es el valor de la variable dual.

- **Restricción Lado derecho:** valor del lado derecho de cada restricción.
- **Permisible Aumentar y Permisible Reducir:** cuánto puede aumentar o disminuir el lado derecho de cada restricción para que no cambie la base óptima.

En la Figura 11 se presenta el informe de confidencialidad del Problema 3.

Figura 11: Informe de confidencialidad del Problema 10

Celdas de variables

Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Coste	Objetivo Coeficiente	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
$B$4	Cantidad aProducir E	8	0	100	20	40
$C$4	Cantidad aProducir M	16	0	120	80	20

Restricciones

Celda	Nombre	Final Valor	Sombra Precio	Restricción Lado derecho	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
$D$8	Pies de Madera Total LI	80	10	80	16	20
$D$9	Hs de Carpintería Total LI	160	0	240	1E+30	80
$D$10	Hs de Terminación Total LI	144	13,33333333	144	24	24

Notación exponencial, significa ∞

3.3. Informe de límites

En la Figura 12 se presenta el informe de límites para el problema del Problema 3.

Figura 12: Informe de límites del Problema 3

Celda	Objetivo Nombre	Valor
$D$5	Contrib. I	2720

Celda	Variable Nombre	Valor	Inferior Límite	Objetivo Resultado	Superior Límite	Objetivo Resultado
$B$4	Cantidad	8	0	1920	8	2720
$C$4	Cantidad	16	0	800	16	2720

4. Solución de Problemas Enteros

Para introducirnos en la programación entera, partiremos del problema modelo presentado en la página 5, considerando que:

- El empresario debe decidir la compra de otros 10 pies de madera a un costo total de $5.
- Como los volúmenes de producción son magnitudes discretas, el número de escritorios y mesas a fabricar debe ser una variable entera.

Para considerar la decisión del empresario deberemos definir la variable binaria:

$$Y = \begin{cases} 1 \text{ si el empresario compra los 10 pies de madera} \\ 0 \text{ de otra manera} \end{cases}$$

El modelo quedará formulado de la siguiente manera:

$$\text{Max } (z) = 100\,E + 120\,M - 5\,Y$$

S.a.:

$$\begin{array}{rcrcrcr} 2\,E & + & 4\,M & - & 10\,Y & \leq & 80 \\ 12\,E & + & 4\,M & & & \leq & 240 \\ 6\,E & + & 6\,M & & & \leq & 144 \end{array}$$

$E\ ,\ M \geq 0$ y Enteras

$Y = \{0\ ,1\}$

4.1. Preparación del problema en la hoja de cálculo

La hoja de cálculo para este modelo se presenta en la Figura 13. Para la confección de la misma se siguieron los pasos detallados en el apartado 1 de este instructivo.

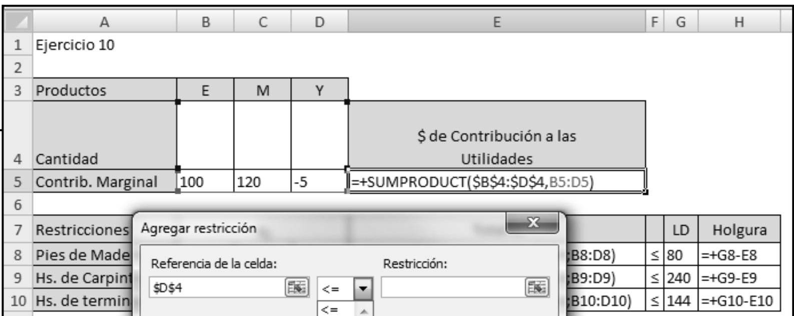
Figura 13: Hoja de Cálculo para el problema modelo de PE

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3	Productos	E	M	Y				
4	Cantidad	3	21	1	$ de Contribución a las Utilidades			
5	Contrib. Marginal	100	120	-5	=+SUMAPRODUCTO($B$4:$D$4;B5:D5)			
6								
7	Restricciones	a_{ij}			Total LI		LD	Holgura
8	Pies de Madera	2	4	-10	=+SUMAPRODUCTO($B$4:$D$4;B8:D8)	≤	80	=+G8-E8
9	Hs. de Carpinteria	12	4		=+SUMAPRODUCTO($B$4:$D$4;B9:D9)	≤	240	=+G9-E9
10	Hs. de terminación	6	6		=+SUMAPRODUCTO($B$4:$D$4;B10:D10)	≤	144	=+G10-E10
11								

Una vez confeccionada la planilla, se procede a especificar los parámetros en el cuadro de diálogo "Parámetros de Solver", incluyendo las restricciones que convierten el problema en uno de programación entera:

- Para indicar que la variable binaria "Y" sólo puede asumir los valores 0 - 1, posicionados en el cuadro de diálogo **"Agregar restricción" - "Referencia de la celda"**, debemos seleccionar la celda que se corresponde con el valor de la variable "Y" (D4), y en el cuadro de diálogo de las desigualdades marcar la opción "bin" (binario). (Ver Figura 14)

Figura 14: Restricción de variable binaria



- Para indicar que las variables deben asumir valores enteros, procediendo de la misma manera que con la variable binaria, se debe seleccionar el rango que corresponde al valor de las variables x_i (B4:C4) en **"Referencia de la celda"**, y marcar la opción "int" (integer) en la lista desplegable de las desigualdades. (Ver Figura 15).

Figura 15: Restricción de variables enteras

- Con los parámetros de Solver completos, deberá seleccionar la opción **Convertir variables sin restricciones en no negativas** para especificar las restricciones de no negatividad y **Método de resolución** indicar **Simplex LP.**

4.2. Solución a través de Solver

Si el problema tiene solución, haciendo clic en "**Resolver**", se accede a la ventana **"Resultados de Solver"**, en la que sólo se puede solicitar el informe de respuestas, ya que para la programación entera no existen informes de sensibilidad, ni límites.

En la Figura 16 se presenta el informe de respuestas para el problema modelo.

Figura 16: Informe de respuestas del problema modelo de PE

Celda objetivo (Máximo)

Celda	Nombre	Valor original	Valor final
$E$5	Contrib. Marginal $ de Contribución a las Utilidades	0	2815

Celdas cambiantes

Celda	Nombre	Valor original	Valor final
$B$4	Cantidad X1	0	3
$C$4	Cantidad X2	0	21
$D$4	Cantidad Y	0	1

Bibliografía

1. ANDERSON, SWENEY y WILLIAMS: "METODOS CUANTITATIVOS PARA LOS NEGOCIOS". Thompson Editores. Méjico, 2004.
2. BARBA ROMERO, S. y POMEROL, J.C.: "DECISIONES MULTICRITERIO: FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y UTILIZACIÓN PRÁCTICA". Universidad de Alcalá, 1997.
3. CARIGNANO C.; FUNES M.; PERETTO C.; y CASTRO S.: "MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA LA TOMA DE DECISIONES. MATERIAL PARA TRABAJOS PRACTICOS". Asociación Cooperadora Facultad de Ciencias Económicas, U.N.C. Argentina, 2016.
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. TAHA, H.A. "INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES. UNA INTRODUCCIÓN". Prentice Hall. Méjico, 1998.
8. WINSTON, W.L. "INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES". Grupo Editorial Iberoamérica. Méjico, 1994.