PROBLEMA #1 Un herrero con 80 kgs. de acero y 120 kgs. de aluminio quiere hacer bicicletas de paseo y de montaña que quiere vender, respectivamente a 3000 y 2500 Pesos cada una para sacar el máximo beneficio. Para la de paseo empleará 1 kg. De acero y 3 kgs de aluminio, y para la de montaña 2 kgs. de ambos metales. ¿Cuántas bicicletas de paseo y de montaña venderá?

PROBLEMA #2 Un autobús cuya ruta es Tepic-Guadalajara ofrece plazas para fumadores al precio de 200 Pesos y a no fumadores al precio de 150 Pesos. Al no fumador se le deja llevar 50 kgs. de peso y al fumador 20 kgs. Si el autobús tiene 50 plazas y admite un equipaje de hasta 1,500 kg. ¿Cuál ha de ser la oferta de plazas de la compañía para cada tipo de pasajeros, con la finalidad de optimizara el beneficio?

PROBLEMA #3 A una persona le tocan 10 millones de pesos en una lotería y le aconsejan que las invierta en dos tipos de acciones, A y B. Las de tipo A tienen más riesgo pero producen un beneficio del 10 %. Las de tipo B son más seguras, pero producen sólo el 7% anual. Después de varias deliberaciones decide invertir como máximo 6 millones en la compra de acciones A y por lo menos, 2 millones en la compra de acciones B. Además, decide que lo invertido en A sea, por lo menos, igual a lo invertido en B. ¿Cómo deberá invertir 10 millones para que le beneficio anual sea máximo?

PROBLEMA #4 En unos grandes almacenes necesitan entre 6 y 15 vigilantes cuando están abiertos al público y entre 4 y 7 vigilantes nocturnos. Por razones de seguridad, debe haber más vigilantes cuando están abiertos. Si el salario nocturno es un 60% más alto que el diurno, ¿cómo debe organizarse el servicio para que resulte lo más económico posible?

PROBLEMA #5 Un estudiante dedica parte de su tiempo al reparto de propaganda publicitaria. La empresa A le paga 5 Pesos. por cada impreso repartido y la empresa B, con folletos más grandes, le paga 7 Pesos. por impreso. El estudiante lleva dos bolsas: una para los impresos A, en la que caben 120 y otra para los impresos B, en la que caben 100. Ha calculado que cada día es capaz de repartir 150 impresos como máximo. Lo que se pregunta el estudiante es: ¿Cuántos impresos habrá que repartir de cada clase para que su beneficio diario sea máximo?

PROBLEMA #6 Un comerciante acude al mercado popular a comprar naranjas con 500 Pesos. Le ofrecen dos tipos de naranjas: las de tipo A a 5 Pesos el kg. y las de tipo B a 8 Pesos el kg. Sabiendo que sólo dispone de su camioneta con espacio para transportar 700 kg. de naranjas como máximo y que piensa vender el kg. de naranjas tipo A a 8 Pesos y el kg. de tipo B a 10 Pesos. Formule este problema como uno de Programación Lineal

PROBLEMA #7 Un sastre tiene 80 m^2 de tela de algodón y 120 m^2 de tela de lana. Un traje requiere 1 m^2 de algodón y 3 m^2 de lana, y un vestido de mujer requiere 2 m^2 de cada una de las dos telas. Calcular el número de trajes y vestidos que debe confeccionar el sastre para maximizar los beneficios si un traje y un vestido se venden al mismo precio.

PROBLEMA #8 Un constructor va a edificar dos tipos de viviendas A y B. Dispone de 60 millones de Pesos y el costo de una casa de tipo A es de 1 millón y 0.8 millones una de tipo B. El número de casas de tipo A ha de ser, al menos, del 40 % del total y el de tipo B, el 20 % por lo menos. Si cada casa de tipo A se vende a 16 millones y cada una de tipo B en 9. ¿Cuántas casas de cada tipo debe construir para obtener el beneficio máximo?

PROBLEMA #10 Una refinería de petróleo tiene dos fuentes de petróleo crudo: crudo ligero, que cuesta 35 dólares por barril y crudo pesado a 30 dólares el barril. Con cada barril de crudo ligero, la refinería produce 0,3 barriles de gasolina (G), 0,2 barriles de combustible para calefacción (C) y 0,3 barriles de combustible para turbinas (T), mientras que con cada barril de crudo pesado produce 0,3 barriles de G, 0,4 barriles de C y 0,2 barriles de T. La refinería ha contratado el suministro de 900000 barriles de G, 800000 barriles de C y 500000 barriles de T. Hallar las cantidades de crudo ligero y pesado que debe comprar para poder cubrir sus necesidades al costo mínimo.

PROBLEMA #11 La fábrica LA MUNDIAL S.A., construye mesas y sillas de madera. El precio de venta al público de una mesa es de 270 Pesos y el de una silla 210 Pesos. LA MUNDIAL S.A. estima que fabricar una mesa supone un gasto de 100 Pesos de materias primas y de 140 Pesos de costos laborales. Fabricar una silla exige 90 Pesos de materias primas y 100 Pesos de costos laborales. La construcción de ambos tipos de muebles requiere un trabajo previo de carpintería y un proceso final de acabado (pintura, revisión de las piezas fabricadas, empaquetado, etc.). Para fabricar una mesa se necesita 1 hora de carpintería y 2 horas de proceso final de acabado. Una silla necesita 1 hora de carpintería y 1 hora para el proceso de acabado. LA MUNDIAL S.A. no tiene problemas de abastecimiento de materias primas, pero sólo puede contar semanalmente con un máximo de 80 horas de carpintería y un máximo de 100 horas para los trabajos de acabado. Por exigencias del marcado, LA MUNDIAL S.A. fabrica, como máximo, 40 mesas a la semana. No ocurre así con las sillas, para los que no hay ningún tipo de restricción en cuanto al número de unidades fabricadas.

PROBLEMA #12 Una campaña para promocionar una marca de productos lácteos se basa en el reparto gratuito de yogures con sabor a limón o a fresa. Se decide repartir al menos 30.000 yogures. Cada yogurt de limón necesita para su elaboración 0,5 gr. de un producto de fermentación y cada yogurt de fresa necesita 0,2 gr. de ese mismo producto. Se dispone de 9 kgs. de ese producto para fermentación. El coste de producción de un yogurt de fresa es doble que el de un yogurt de limón. ¿Cuántos yogures de cada tipo se deben producir para que el costo de la campaña sea mínimo?

PROBLEMA #13 Una fábrica de carrocerías de automóviles y camiones tiene 2 naves. En la nave A, para hacer la carrocería de un camión, se invierten 7 días-operario, para fabricar la de un auto se precisan 2 días-operario. En la nave B se invierten 3 días-operario tanto en carrocerías de camión como de auto. Por limitaciones de mano de obra y maquinaria, la nave A dispone de 300 días-operario, y la nave B de 270 días-operario. Si los beneficios que se obtienen por cada camión son de 0.6 millones de Pesos y de 0.3 millones por cada auto. ¿Cuántas unidades de cada clase se deben producir para maximizar las ganancias?

PROBLEMA #15 Una fábrica produce chaquetas y pantalones. Tres máquinas (de cortar, coser y teñir) se emplean en la producción. Fabricar una chaqueta representa emplear la máquina de cortar una hora, la de coser tres horas y la de teñir una hora; fabricar unos pantalones representa usar la máquina de cortar una hora, la de coser una hora y la de teñir ninguna. La máquina de teñir se puede usara durante tres horas, la de coser doce y la de cortar 7. Todo lo que se fabrica es vendido y se obtiene un beneficio de ocho euros por cada chaqueta y de cinco por cada pantalón. ?Cómo emplearíamos las máquinas para conseguir el beneficio máximo?

PROBLEMA #16 Un supermercado quiere promocionar una marca desconocida D de aceites utilizando una marca conocida C. Para ello hace la siguiente oferta: "Pague sólo a 25 Pesos el litro de aceite C y a 12.5 Pesos el litro de aceite D siempre y cuando: 1) Compre en total 6 litros o más, y 2) La cantidad comprada de aceite C esté comprendida entre la mitad y el doble de la cantidad comprada de aceite D". Si disponemos de un máximo de 312.5 Pesos. Plantee este como un problema de programación lineal.

PROBLEMA #17 La empresa FORD lanza una oferta especial en dos de sus modelos, ofreciendo el modelo A a un precio de 0.15 millones de Pesos, y el modelo B en 0.2 millones. La oferta está limitada por las existencias, que son 20 autos del modelo A y 10 del B, queriendo vender, al menos, tantas unidades de A como de B. Por otra parte, para cubrir gastos de esa campaña, los ingresos obtenidos en ella deben ser, al menos de 0.6 millones de Pesos ¿Cuántos automóviles de cada modelo deberá vender para maximizar sus ingresos?

PROBLEMA #20 Las restricciones pesqueras impuestas por la CEE obligan a cierta empresa a pescar como máximo 2.000 toneladas de merluza y 2.000 toneladas de rape, además, en total, las capturas de estas dos especies no pueden pasar de las 3.000 toneladas. Si el precio de la merluza es de 100 Pesos/kg y el precio del rape es de 1.500 Pesos/kg, ¿qué cantidades debe pescar para obtener el máximo beneficio?

PROBLEMA #21 Dos pinturas A y B tienen ambas dos tipos de pigmentos p y q; A está compuesto de un 30% de p y un 40% de q, B está compuesto de un 50% de p y un 20% de q, siendo el resto incoloro. Se mezclan A y B con las siguientes restricciones:
La cantidad de A es mayor que la de B. Su diferencia no es menor que 10 gramos y no supera los 30 gramos.

B no puede superar los 30 gramos ni ser inferior a 10 gramos. Plantee como un problema de Programación Lineal.

PROBLEMA #22 Problema de la dieta
En una granja de pollos se da una dieta "para engordar" con una composición mínima de 15 unidades de una sustancia A y otras 15 de una sustancia B. En el mercado sólo se encuentran dos clases de compuestos: el tipo X con una composición de una unidad de A y cinco de B, y el tipo Y, con una composición de cinco unidades de A y una de B. El precio del tipo X es de 10 Pesos y el del tipo Y es de 30 Pesos. Se pregunta:
¿Qué cantidades se han de comprar de cada tipo para cubrir las necesidades con un coste mínimo ?

Podemos organizar la información mediante una tabla:

	Unidades	Sustancia A	Sustancia B	Costo
Compuesto X	x	x	$5x$	$10x$
Compuesto Y	y	$5y$	y	$30y$
Total		≥ 15	≥ 15	$10x + 30y$

La función objetivo del costo total, f, si se emplean x kg del compuesto X e y kg del compuesto Y, es

PROBLEMA #23 La empresa McDonald's vende hamburguesas de un cuarto de libra y hamburguesas con queso. La hamburguesa de un cuarto de libra obviamente utiliza ¼ de libra de carne y la hamburguesa con queso sólo utiliza 0,2 libras. El restaurante empieza cada día con 200 libras de carne. La utilidad neta es la siguiente: $2.0 por cada hamburguesa de cuarto de libra y $1.5 por cada hamburguesa con queso. El gerente estima además que no venderá más de 900 hamburguesas en total, se desea obtener la máxima utilidad que obtiene McDonald's. Plantee este problema como uno de Programación Lineal.

PROBLEMA #24 Un expendio de carnes acostumbra a preparar la carne para hamburguesas con una combinación de carne molida de res y carne molida de cerdo. La carne de res contiene 80% de carne y 20% de grasa, y le cuesta a la tienda 50 Pesos por kilo. La carne de cerdo contiene 68% de carne y 32% de grasa, y le cuesta 35 Pesos el kilo. El expendio no desea que el contenido de grasa de un kilo de hamburguesa preparada sea superior al 25%. ¿Qué cantidad de cada tipo de carne debe emplear la tienda para preparar un kilo de hamburguesas a fin de minimizar los costos?.

PROBLEMA #25 La empresa MADERAS C,.A. es un fabricante de muebles independiente. Hace tres estilos diferentes de mesas, A, B, C. Cada modelo de mesa requiere de una cierta cantidad de tiempo para el corte de las piezas, su montaje y pintura. MADERAS C.A., puede vender todas las unidades que fabrica. Es más, el modelo B se puede vender sin pintar. Utilizando los datos indicados, aplicando SOLVER de Excel, determine la máxima utilidad mensual que puede obtener la Empresa.

		Requerimiento de Horas Hombre por mesa		
Modelo	Utilidad por mesa	Corte	Ensamblado	Pintura
A	$ 17.500	1	2	4
B	$ 20.000	2	4	4
B sin pintar	$ 10.000	2	4	0
C	$ 25.000	3	7	5
	Disponibilidad mensual de HH	200	298	148

Problemas para plantear:

1. La Corporación MS produce dos productos químicos **A** y **B** que requieren, ambos, de dos operaciones. Durante la producción de B resulta un subproducto **C**, que en buena parte hasta un máximo de 12 unidades, puede ser vendido en el mercado; el resto de tiene que ser destruido por carencia de demanda. Las utilidades unitarias para los productos **A** y **B** son $4 y $9 respectivamente, mientras que **C** se vende con una utilidad de $2 por unidad. Si **C** no se puede vender, el costo de destrucción es de $1. El proceso aporta 3,1 unidades de **C** por cada unidad de **B** producida. Los tiempos de proceso unitarios son **A**: 2,6 horas en la operación 1 y 3,3 horas en la operación 2; **B** , 4,7 horas en la operación 1 y 4,6 horas en la operación 2. Tiempos disponibles: 60 horas para la operación 1 y 65 para la operación 2.
Suponga que los productos son divisibles, es decir que se aceptan fracciones de unidades. Escriba la formulación del modelo de PL

2. Un colono dispone de 5 Ha. de tierra cultivable y tiene la posibilidad de sembrar maíz y papas. Se dispone también de cierta cantidad limitada de fuerza de trabajo entre familiares y empleados fijos de 6000 horas-hombre. Por supuesto también tiene limitaciones de gastos, de Bs. 200.000. Los cultivos de papas y maíz requieren de: 1.000 hrs/Ha y 1500 hrs/Ha y se incurren en gastos asociados de 50.000 Bs./Ha y 10000 Bs./Ha respectivamente. La ganancia neta por Ha alcanza a Bs. 500.000 para papas y Bs. 400.000 para maíz.
Asesore al colono sobre la siembra óptima

3. La compañía QUIMICAS UNIDAS debe producir 1.000 Kg. de una mezcla especial compuesta por los elementos A, B, y C los cuales tienen el costo siguiente:

A : Bs. 80 por Kg. , B : Bs. 100 por Kg., C : Bs. 110 por Kg.

Se desean hallar las cantidades requeridas de cada ingrediente para que el costo sea mínimo conociendo los hechos :
1.- No se pueden usar más de 300 Kg. de A
2.- Deben usarse por lo menos 150 Kg. de B
3.- Se requieren por lo menos 200 Kg. de C

4. La firma "Venta alegre" promociona sus productos en la radio o la televisión. El presupuesto para anuncios esta limitado a $ 10.000 mensuales. Cada minuto de anuncios por radio cuesta $ 15 y por TV $ 300. La firma prefiere emitir anuncios radiales al menos el doble de los avisos por TV. Pero no parece práctico utilizar más de 400 minutos de anuncios por radio. La experiencia pasada indica que los anuncios por TV son 25 veces más efectivos que los avisos radiales. Determine la asignación óptima del presupuesto para las promociones radiales y televisivas.

5. Un importador de whisky importa el licor en tres distintas graduaciones A, B y C Mediante la mezcla de estos, de acuerdo a sus fórmulas, se obtienen tres tipos comercializables de whisky : Escocés, Kilt y Tartan. La mezcla de whisky Escocés contiene no menos del 60 % del licor A y no más del 20% del licor C. El Kilt por su parte no tiene más 60% de C y por lo menos 15% de A. Por último el whisky Tartan contiene como máximo 50 % de C.
Se dispone de 2.000 litros del licor A, 2.500 de B y 1.200 de C. Por otro lado se sabe que el precio de costo del licor A es de Bs. 7.000 /litro; B cuesta Bs. 5.000 /litro y C tiene un precio de Bs. 4.000/litro. El whisky Escocés puede venderse a Bs. 6.800/litro, el whisky Kilt a Bs. 5.700/litro mientras que el Tartan podría venderse a Bs. 4.500/litro Se desea definir la composición de cada marca para maximizar el beneficio total.

6. Un fabricante de dulces confecciona dos tipos de cajas A y B respectivamente :
La caja **A** contiene 300 grs. de dulces de licor, 500 grs. de dulces de nuez, y200 grs. de dulces de fruta.
La caja **B** contiene 400 grs. de dulces de licor, 200 grs. de dulces de nuez, y 200 grs. de dulces de fruta.
Las disponibilidades son : 100 Kgs. de dulces de licor, 120 Kgs. de dulces de nuez, y 100 Kgs. de dulces de fruta.
Cada caja tipo A aporta un beneficio neto de $ 120 y cada caja tipo B aporta $ 100
Cuántas cajas de A y B deberán fabricarse para obtener un beneficio máximo? Si por razones comerciales, por cada caja tipo A deben fabricarse dos cajas tipo B cual sería el nuevo esquema de fabricación de cajas A y B para, también, maximizar el beneficio.

7. La compañía azucarera "TAN DULCE" produce azúcar morena, azúcar procesada (blanca), azúcar pulverizada y melazas con el jarabe de la caña de azúcar. La compañía compra 4000 tn. de jarabe de caña por semana y, según contrato, debe entregar un mínimo de 25 tn. semanales de cada tipo de azúcar.

8. El proceso de producción se inicia con fabricando azúcar morena y melazas a partir del jarabe. Conuna tonelada de éste se consiguen 0,3 tn. de azúcar morena y 0,1 tn. de melazas. Luego, el azúcar blanca se obtiene a partir del azúcar morena, requiriéndose una tn. para producir 0,8 de azúcar blanca. Por último, el azúcar pulverizada se consigue del azúcar blanca por un proceso de molienda especial que tiene 95% de eficiencia de conversión.
Las utilidades por tonelada de azúcar morena, blanca, pulverizada y melazas son de 150, 200 230 y 35 dólares respectivamente.

9. La compañía "Maquinarias del Sur" fabrica dos clases de máquinas, estándar y lujo, con técnicas diferentes de fabricación. Una máquina de lujo requiere de 18 horas de mano de obra y 9 horas de prueba mientras que una máquina estándar necesita 3 horas de mano de obra y 4 de prueba. Se dispone de 800 horas para mano de obra y 600 para prueba por mes. Según estudios de pronóstico, la demandas mensuales de máquinas de lujo y estándar no superarán las 80 y 150 unidades respectivamente.
Por otro lado la compañía recibe utilidades de $400 por cada equipo de lujo y $ 200 por el equipo estándar. La gerencia desea saber el programa de producción de máquinas de cada modelo a fin de maximizar la utilidad total.

10. Una empresa planifica su estrategia de publicidad para lanzar un nuevo producto a la calle, utilizando dos medios diferentes, la TV y los periódicos. Diversos estudios de mercadeo concluyen que: Cada comercial de TV tiene una captación del 2% de las familias de ingresos altos y del 3% de las de ingresos medios Un anuncio en el periódico llega al 3% de las familias de ingresos altos y al 6% de las de ingresos medios. Mientras que un anuncio cuesta $ 500, un comercial vale $2000
La meta que se propone la empresa es una estrategia de publicidad que alcance al menos al 36% de las familias de ingresos altos y al menos al 60% de las de ingresos medios, pensando en la inversión mas baja posible.

11. Suponga que la empresa contratista del manejo de peajes en la autopista del centro tiene el siguiente requerimiento mínimo diario de personal asignado a las casetas de cobro, y de acuerdo a los siguientes turnos de trabajo:

Turno	Horario	Número mínimo personal
1	6 am – 10 am	8
2	10 am – 2 pm	6
3	2 pm - 6 pm	8
4	6 pm - 10 pm	7
h)	10 pm – 2 am	5
i)	2 am – 6 am	3

El personal se presenta a su sitio de trabajo al comienzo de cada turno para trabajar 8 horas consecutivas. La empresa desea determinar el número de empleados que necesita en cada turno. Formule el modelo de programación lineal correspondiente.

12. La empresa "DEPORTES 2001" fabrica y vende tres tipos de raquetas de tenis: tipo estándar A, tipo profesional junior B y profesional C. Se requieren dos operaciones principales de producción: cada raqueta necesita 3 horas en la operación 1 pero en la operación 2 la raqueta tipo A necesita 3 horas, la B 4, horas y la C, 5 horas. Hay disponibles 50 y 80 horas semanales para ambas operaciones respectivamente. Estudios de mercado expresan que la demanda de la raqueta A no superará las 25 semanales, mientras que la demanda combinada de B y C se encontrará entre 10 y 30. Cual será el esquema de producción para maximizar las utilidades sabiendo que las raquetas A, B y C proporcionan utilidades de $ 7, 8 y 8.5 respectivamente. Por otro lado, el departamento de producción exige que la producción de raquetas tipo B sea al menos el 30% de la producción de raquetas tipo A y tipo C juntas.
Formular el modelo de PL

13. Una firma cosmética produce el perfume "Muy rico" que requiere para su elaboración productos químicos y mano de obra. Existen dos procesos de producción: el proceso 1 transforma 1 unidad de mano de obra y 2 unidades de productos químicos en 3 onzas (oz.) de perfume mientras que el proceso 2 transforma 2 unidades de mano de obra y 3 de productos químicos en 5 oz de perfume. Una unidad de mano de obra cuesta $3 y comprar una unidad de productos químicos $2.
Anualmente, se puede disponer hasta 20.000 unidades de mano de obra y hasta 35.000 unidades de productos químicos. La firma cree que puede colocar en el mercado 1.000 oz del perfume sin mayores esfuerzos de publicidad. Para estimular la demanda, la firma puede contratar una chica modelo a un costo de $100/hora, estimándose que por cada hora de su trabajo las ventas aumentan en 200 oz. Una oz del perfume se vende a $5. Formule un modelo de PL para maximizar las ganancias de la firma.

14. La empresa "EL SOMBRERO TEJANO" produce tres tipos de sombreros vaqueros. Cada sombrero del primer tipo requiere el triple del tiempo de fabricación que el sombrero del tercer tipo, mientras que el sombrero del segundo tipo solo utiliza dos tercios del tiempo del tercero. Si todos los sombreros a producir fueran del tipo 3, el nivel de producción alcanzaría los 600 sombreros. La demanda máxima mensual de cada tipo de sombreros es de 350 unidades; por razones comerciales se debe producir al menos 120 unidades del sombrero tipo 2.
Se dispone de un capital de trabajo de $120.000 para la producción de este mes. Los sombreros tipo 1 y 2 utilizan $100 por unidad producida. Factores de calidad y diseño hacen que producir un sombrero tipo 3 necesite el doble del dinero utilizado por los sombreros tipo 1 y 2 conjuntamente.
Cada sombrero deja una ganancia de $25 para el tipo 1, $18, el tipo 2 y $30, el tipo 3 Formular el modelo de PL que maximice la ganancia de la producción.

15. Una familia de granjeros posee 100 acres de tierra y tiene $ 30.000 en fondos disponibles para inversión. Sus miembros pueden un total de 3500 horas–hombre disponibles durante los meses de invierno (de medidos de septiembre a mediados de mayo) y 4000 horas-hombre durante el verano. Si no se necesitan cualesquiera de estas horas-hombre, los miembros más jóvenes de la familia las usarán para trabajar en una granja vecina por $ 4.00/hora, durante los meses de invierno y $ 4,50/hora, durante el verano.
El ingreso en efectivo puede obtenerse a partir de tres cultivos y dos tipos de animales: vacas lecheras y gallinas ponedoras. Si bien no se necesita invertir para los cultivos, cada vaca requerirá un desembolso de $900 y cada gallina de $7 Cada vaca necesita 1,5 acres de tierra, 100 horas-hombre de trabajo durante los meses de invierno y otras 50 durante el verano. Cada vaca producirá un ingreso anual neto de $ 800. En cuanto a las gallinas, no utilizan tierra, usan 0,6 horas-hombre en el invierno, 0,3 horas-hombre durante el verano y generan un ingreso anual de $ 5 cada una. El gallinero puede acomodar un máximo de 3000 gallinas y el tamaño del granero limita el rebaño a un máximo de 32 vacas.
Las horas–hombre y los ingresos estimados por acre plantado para los tres cultivos es la siguiente:

	Soya	Maiz	Avena
Horas-hombre invierno	20	35	10
Horas-hombre verano	50	75	40
Ingreso anual neto	375	550	250

La familia desea saber cuantos acres de cada cultivo deben plantarse y cuantas vacas y gallinas se deben tener para maximizar el ingreso neto.

16. Un fabricante de una línea de productos para el cabello planea la producción de dos tipos de artículos **A** y **B** . Se dispone de suficientes ingredientes para 60000 botellas para cada tipo de producto, pero solo hay 60000 botellas para ambos tipos. Se requiere 4 horas para elaborar suficiente producto que permita llenar 1000 botellas del tipo **A** y 3 horas para elaborar suficiente material para llenar 1000 botellas tipo **B**. Se dispone asimismo de 200 horas para la preparación. La utilidad es de 9 centavos dólar por botella tipo **A** y de 7 centavos dólar por botella tipo **B** ¿ Como debe programarse la producción para maximizar las utilidades?
Una compañía desea mezclar una nueva aleación de 40% de plomo, 35 % de zinc y 25% de estaño a partir de varias aleaciones disponibles que tienen estas propiedades:

Propiedad \ Aleación	1	2	3	4	5
% de plomo	60	25	45	20	50
% de zinc	10	15	45	50	40
% de estaño	30	60	10	30	10
costo ($/Kg)	12	11	14	13	15

El objetivo del problema es determinar las proporciones de estas aleaciones que deben mezclarse para producir la nueva aleación a un costo mínimo.

17. Un fabricante tendrá que atender cuatro pedidos de producción A, B, C, D para el corriente mes. Cada trabajo puede ser llevado a cabo en cualquiera de los tres talleres. La tabla siguiente provee información sobre el tiempo necesario para completar cada trabajo o pedido en cada uno de los talleres, el costo horario y la disponibilidad de horas de cada taller en el mes. Cada trabajo puede ser dividido entre los distintos talleres en cualquier proporción que se desee. El fabricante desea determinar la cantidad de horas de cada trabajo que deberá realizarse en cada taller (o la proporción de subdivisión del trabajo) a fin de minimizar el costo total de producción de todos los trabajos. Formule el modelo de PL.

Taller	Tiempo requerido A	B	C	D	Costo por hora de taller	Tiempo de taller disponible en el mes (Hs)
1	32	151	72	118	89	160
2	39	147	61	126	81	160
3	46	155	57	121	84	160

18. La demanda de un artículo perecedero a lo largo de los próximos cuatro meses es de 400, 300, 420 y 380 Ton. Las capacidades de oferta, para los mismos meses, son 500, 600, 200 y 300 Ton. El precio de compra por Ton. varía de mes a mes y se calcula que será de $ 100, 140, 120 y 150 respectivamente. La oferta del mes actual debe consumirse dentro de los tres meses (incluyendo el mes actual) . El costo mensual de almacenamiento por Ton. es de $ 3. La naturaleza del producto no permite tener pedidos pendientes. Calcule el programa de entrega óptimo para el artículo durante los próximos cuatro meses.

19. Tres huertos de naranjos suministran cajas de naranjas a cuatro detallistas. La cantidad de demanda diaria de los cuatro detallistas es de 150, 150, 400 y 100 cajas respectivamente. La oferta en los tres huertos está dictada por la mano de obra regular disponible y se calcula en 150, 200 y 250 cajas al día. Sin embargo los huertos 1 y 2 han indicado que podrían abastecer más cajas, de ser necesario, utilizando mano de obra por hora extra. El huerto tres no ofrece esta opción. El costo de transporte por caja desde los hueros hasta los detallistas se proporciona en la tabla siguiente:

Detallista		1	2	3	4
Huertos	1	1	2	3	2
	2	2	4	1	2
	3	1	3	5	3

20. El entrenador de un equipo de natación debe asignar competidores para la prueba de 200 metros de la próxima competencia universitaria. Como muchos de sus mejores nadadores son rápidos en más de un estilo, no es fácil decidir que nadador asignar a cada uno de los cuatro estilos. Los cinco mejores nadadores y sus mejores tiempos (en segundos) en cada estilo son los siguientes:

Tipo de nado	Carlos	Cristina	David	Antonio	José
Crawl	37.7	32.9	33.8	37.0	35.4
Pecho	43.4	33.1	42.2	34.7	41.8
Mariposa	33.3	28.5	38.9	30.4	33.6
Libre	29.2	26.4	29.6	28.5	31.1

El entrenador desea asignar los nadadores a los cuatro estilos de nado, de modo que sea mínima la suma de sus mejores tiempos. En caso de que Antonio no pueda nadar estilo libre y Cristina tampoco pueda nadar estilo mariposa, cual sería la asignación óptima y en cuanto se perjudicaría el tiempo total de nado?

EJEMPLO 1 :
Una fábrica de artículos para el hogar manufactura dos artefactos A y B que necesitan tres procesos, en tres departamentos distintos. Las disponibilidades diarias de cada proceso son :
Maquinado 480 minutos, Armado 600 minutos, y Montaje 540 minutos
Cada artefacto A necesita (minutos) 4 en maquinado, 5 en armado, y 12 en montaje
Cada artefacto B necesita (minutos) 8 en maquinado, 6 en armado, y 8 en montaje

El artefacto A deja un beneficio de Bs 100 por unidad mientras que el artefacto B, da un beneficio de Bs 120 por unidad. Como sería la **producción óptima**, es decir las **cantidades óptimas** a producir de **cada producto**, a fin de **maximizar los beneficios**.

Formulamos el modelo :
Identificamos las **Variables de decisión:**
x1 : cantidad a producir de artefactos tipo A
x2 : cantidad a producir de artefactos tipo B
Cada producto aporta un beneficio unitario. La **suma total total de los beneficios** constituye la **función objetivo que debe ser maximizada.**
Max Z : 100 x1 + 120 x2
Pero esta maximización (u optimización) **no es libre** sino que está restringida por los recursos disponibles.
Entonces, por cada recurso tenemos una restricción, de tipo lineal

Recurso maquinado:
4 [min/unidad A] **x1** [unidad A] + **8** [min/unidad B] **x2** [unidad B] = **480** [minutos]

Para los otros recursos, **armado y montaje**, se obtiene restricciones similares. Las restricciones son **inecuaciones** porque no significa que se utiliza toda la disponibilidad máxima.
Condición adicional : dada la naturaleza física del problema las variables de decisión son **no negativas**. No restringimos a valores enteros así que las variables son continuas (valores reales).

La formulación completa del modelo es la siguiente
Max Z : 100 x1 + 120 x2
s.a. 4 x1 + 8 x2 = 480
5 x1 + 6 x2 = 600
12 x1 + 8 x2 = 540
x1, x2 = 0

Ejemplo 2 : Una firma industrial elabora dos productos con 4 componentes cada uno. hay disponibilidad limitada de c/componente . Se desea hallar la cantidad de cada artículo que debe fabricarse, a fin de maximizar los beneficios.

		P1 Kg	P2 Kg	Disponibilidad De recursos
	A	1	3	15000
Competencia	B	2	1	10000
De	C	2	2	12000
recursos	D	1	1	10000
Beneficios ß Bs/Kg		4	3	

Formulamos el modelo :
Identificamos las **Variables de decisión:**

Variables x1 : cantidad a producir de P1, x2 : cantidad a producir de P2
El objetivo del problema es **maximizar el beneficio**:
Max Z = 4 x1 +3 x2
Por cada recurso tenemos una restricción, de tipo lineal
Recurso A: 1 [Kg de A/ kg P1] x1 [kg P1] + 3 [Kg de A / Kg P2] x2 [kg P2] = 15000
Recurso B : **2 x1 + x2 = 10000**
Recurso C : **2 x1 + 2x2 = 12000**
Recurso D : x1 + x2 = 10000
La formulación completa del modelo es la siguiente :

Max Z : 4 x1 + 3 x2
s.a. x1 + 3 x2 = 15000
2 x1 + x2 = 10000
2 x1 + 2 x2 = 12000
x1 + x2 = 10000
x1, x2 = 0

EJEMPLO 2:
Una empresa fabrica los productos A, B y C y puede vender todo lo que produzca a los siguientes precios: A, Bolívares 700, cada unidad; B, Bolívares 3.500; C, Bolívares 7.000. Producir cada unidad de A necesita 1 hora de trabajo, 2 horas de acabado y 3 unidades de materia prima. Producir una unidad de B necesita 2 horas de trabajo, 3 horas de acabado y 2.5 unidades de materia prima.
Producir una unidad de C necesita 3 horas de trabajo, 1 hora de acabado y 4 unidades de materia prima. Para este período de planificación están disponibles 100 horas de trabajo, 200 horas de acabado y 600 unidades de materia prima.
Con base en la teoría señalada en el aparte 5, sección A; para formular y construir el modelo, se tiene lo siguiente:
a) Debe definirse claramente a las variables de decisión y expresarlas simbólicamente. En la computadora y dependiendo del programa que utilice, dispondrá de un mayor espacio diseñado para escritura que puede utilizar para nombrarlas convencionalmente.
X1: unidades a producir de producto A
X2: unidades a producir de producto B Estos son insumos controlables
X3: unidades a producir de producto C

b)Debe Definirse claramente el objetivo y expresarse como función lineal.
Objetivo: Maximizar ingresos de venta
Max 700 Bs. X1 Unid de A + 3.500 X2 + 7.000 X3
Unidad de A
Escribir el objetivo de esta forma es expresar en unidades físicas uno de sus términos. Este término presenta la información específica de lo que contiene y permite confirmar la esencia física de lo que se está sumando y también que ello es consecuente con lo que se está obteniendo en el total de la ecuación; en este caso, ingreso en Bolívares.

c) Deben definirse las restricciones y expresarlas como funciones lineales.
Restricción 1: Disponibilidad limitada de horas de trabajo.
1 hora de trabajo X1(unid. de producto A) + 2 X2 + 3 X3 ≤ 100 horas de trabajo
Unidad de A
Restricción 2: Horas de acabado disponibles en este período:
2X1 + 3 hora de acabado X2 (unid. de producto B) + 1 X3 ≤ 200 horas de acabado
Unidad de B
Restricción 3: Disponibilidad limitada de unidades de materia prima:

3X1 + 2.5 X2 + 4 unid. de Materia prima X3 (unid. de producto B) $\leq$ 600 Unidades de Materia prima
Unidad de B

De esta forma las restricciones están expresadas en unidades físicas. Se destaca en cada una de ellas alguno de sus términos, con indicación de lo que representa. Esto confirma que lo que se está sumando es consecuente con lo que se está obteniendo del lado derecho de la ecuación.
Finalmente, incorporando la restricción de no-negatividad de las variables de decisión, se resume así el modelo:
Max 700 X1 + 3.500 X2 + 7.000 X3
Sujeto a:

$1X_1 + 2 X_2 + 3 X_3 \leq 100$
$2X_1 + 3 X_2 + 1 X_3 \leq 200$
$3X_1 + 2.5 X_2 + 4 X_3 \leq 600$
$X_1, X_2, X_3 \geq 0$

EJEMPLO 3 :
La Cámara de Industriales de la región periódicamente promueve servicios públicos, seminarios y programas. Actualmente los planes de promoción para este año están en marcha. Los medios alternativos para realizar la publicidad así como los costos y la audiencia estimados por unidad de publicidad, además de la cantidad máxima de unidades de publicidad en que puede ser usado cada medio se muestran a continuación.

Restricciones Televisión Radio Prensa
Audiencia por unidad de publicidad 100.000 18.000 40.000
Costo por unidad de publicidad \$ 2.000 \$ 300 \$ 600
Uso máximo del medio 10 20 10

Para lograr un uso balanceado de los medios, la publicidad en radio no debe exceder el 50% del total de unidades de publicidad autorizados. Además la cantidad de unidades solicitadas en televisión debe ser al menos 10% del total autorizado. El presupuesto total para promociones se ha limitado a \$18.500.
Utilizando el mismo proceso teórico del ejemplo 1, se tiene lo siguiente:
Variables de decisión:
X1: unidades de publicidad a contratar en televisión.
X2: unidades de publicidad a contratar en radio.
X3: unidades de publicidad a contratar en prensa.

Objetivo: Maximizar la audiencia total o cantidad de personas que ven la publicidad
Max 100.000 personas X1 Unid en t.v + 18.000 X2 + 40.000 X3
Unides en t.v
Restricción 1: Disponibilidad limitada de presupuesto para la publicidad:
2.000 \$ X1 (unidades de publicidad a contratar en t.v) + 300 X2 + 600 X3 $\leq$18.500 \$
unid. public. a contratar en t.v.

Restricciones 2, 3 y 4: Uso máximo de medios para la publicidad:
X1 (unidades de publicidad a contratar en t.v) $\leq$ 10 unidades de publicidad a contratar en t.v
X2 (unidades de publicidad a contratar en radio) $\leq$20 unidades de publicidad a contratar en radio
X3 (unidades de publicidad a contratar en prensa) $\leq$10 unidades de publicidad a contratar en prensa

Restricción 5: Publicidad limitada a un máximo de 50% en radio, con relación al total de unidades a contratar:
X2 (unidades de publicidad a contratar en radio) $\leq$0.5 (X1+ X2+ X3)
Finalmente quedará expresada así: - 0.5 X1 + 0.5 X2 - 0.5 X3 $\leq$0

Restricción 6: La cantidad de unidades solicitadas en televisión debe ser al menos 10% del total autorizado
X1 (unidades de publicidad a contratar en t.v) $\geq$0.10 (X1+ X2+ X3)
Finalmente quedará expresada así: 0.9 X1 – 0.1 X2 - 0.1 X3 $\geq$0
Posteriormente puede resumir el modelo agregándole la restricción de no-negatividad de las variables

EJEMPLO 4:
El Banco Internacional abre de Lunes a Viernes de 8 a.m. a 4p.m. De experiencias pasadas sabe que va a necesitar la cantidad de cajeros señalados en la tabla dada. Hay dos tipos de cajeros: los que trabajan tiempo completo de 8 am a 4 pm, los cinco días, excepto la hora que utilizan para almorzar. El Banco determina cuándo debe almorzar cada cajero, pero debe ser entre las 12m y la 1 p.m. o entre la 1 p.m. y las 2 p.m. A los empleados a tiempo completo se les paga Bs.1.800 la hora (incluida la hora de almorzar). También hay trabajadores a tiempo parcial que deben trabajar exactamente 3 horas consecutivas cada día y se le paga Bs. 1.100 la hora, sin ningún otro pago. A fin de mantener la calidad del servicio el Banco desea tener un máximo de 5 cajeros contratados a tiempo parcial. Se desea minimizar los costos de empleados contratados.

Período de tiempo 8-9 a.m. 9- 10a.m. 10- 11a.m. 11a.m.- 12m. 12m-1p.m. 1- 2p.m 2-3p.m 3-4p.
Cajeros requeridos 4, 3, 4, 6, 5, 6, 8, y 8 respectivamente.

a) Variables de decisión:
X1:Empleados a tiempo completo que toman su almuerzo de 12m- 1pm
X2: Empleados a tiempo completo que toman su almuerzo de 1pm-2pm
X3 Empleados a tiempo parcial que empiezan a trabajar a la 8am
X4 Empleados a tiempo parcial que empiezan a trabajar a la 9am
X5 Empleados a tiempo parcial que empiezan a trabajar a la 10am
X6 Empleados a tiempo parcial que empiezan a trabajar a la 11am
X7 Empleados a tiempo parcial que empiezan a trabajar a la 12m
X8 Empleados a tiempo parcial que empiezan a trabajar a la 1pm
Empleados a tiempo parcial que empiezan a trabajar a la 1pm trabajarán hasta que cierre y por lo tanto no se necesitan empleados a tiempo parcial que empiecen a las 2 pm o las 3 p.m.
b) Objetivo: Minimizar Costos de contratación
Min 14.400 (X1+ X2) + 3.300(X3+ X4 + X5 + X6 + X7 + X8)
c) Restricciones de requerimientos de empleados totales en los ocho horarios señalados (8 restricciones)
Restricción de empleados en el horario de 8 am - 9 a..m.
X1 + X2 + X3 $\geq$4
Restricción de empleados en el horario de 9 a.m. - 10 a..m.
X1 + X2 + X3 + X4 $\geq$3
Restricción de empleados en el horario de 10 a.m. - 11 a..m.
X1 + X2 + X3 + X4 + X5 $\geq$4
Restricción de empleados en el horario de 11 a.m. - 12 a..m.
X1 + X2 + X4 + X5 + X6 $\geq$6
Restricción de empleados en el horario de 12m - 1 p..m.

$X2 + X5 + X6 + X7 \geq 5$
Restricción de empleados en el horario de 1 p.m. - 2 p.m.
$X1 + X6 + X7 + X8 \geq 6$
Restricción de empleados en el horario de 2 p.m - 3 p.m.
$X1 + X2 + X7 + X8 \geq 8$
Restricción de empleados en el horario de 3 p.m. - 4 p.m.
$X1 + X2 + X8 \geq 8$
Restricción de cantidad máxima de 5 cajeros contratados a tiempo parcial:
$X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 \geq 5$
Restricción de no negatividad de las variables: Todas las variables no negativas
NOTA: Para obtener las restricciones puede elaborar un cuadro de doble entrada: Una entrada conteniendo cada Tipo de trabajador y la otra con las horas durante las cuales existen requerimientos específicos; esta última se dividirá en 8 columnas de 8 horarios, al final de las cuales está el total de empleados requeridos en cada uno de ellos.

Definición o Tipo de Empleado	Requerimiento de trabajadores (Cantidad)							
	8-9a.m	9-10a.m.	10-11a.m	11-12a.m	12-1a.m	1-2p.m	2-3p.m	3-4p.m
Almuerzo 12 –1	X1	X1	X1	X1		X1	X1	X1
Almuerzo 1-2	X2	X2	X2	X2	X2		X2	X2
Parcial desde las 8	X3	X3	X3					
Parcial desde las 9		X4	X4	X4				
Parcial desde las 10			X5	X5	X5			
Parcial desde las 11				X6	X6	X6		
Parcial desde las 12					X7	X7	X7	
Parcial desde las 1						X8	X8	X8
	4	3	4	6	5	6	8	8

Se ha encarado la tarea de determinar programas óptimos de producción mensual de una fábrica de condimentos. Las instalaciones están en condiciones de producir cuatro tipos distintos de condimentos: C1, C2, C3, C4 . La fábrica posee tres secciones principales : Molienda (E1), Tamizado (E2) y Fraccionamiento (E3) cuyos tiempos estandar de proceso para cada condimento en cada equipo y los tiempos útiles de funcionamiento mensual se muestran en la tabla siguiente;

Equipos	Condimentos C1	C2	C3	C4	Tiempo útil min/mes
E1	10	16	4	20	28000
E2	10		10	12	30000
E3	20	4	4	12	40000

Los tiempos disponibles están determinados teniendo en cuenta el número de turnos que actualmente trabaja en cada sección, las paradas estándar por mantenimiento, roturas y cambio de producto.
El mercado puede absorber las siguientes cantidades máximas mensuales (en Kg/mes) :

C1: 1000 , **C2**: 500 , **C3**: 500 y **C4**: 2000
Por razones de política comercial los productos **C1** y **C4** tienen un nivel de producción mínimo:
C1 : 200 y C4: 800

Cada artículo requiere una suma dada de capital inmovilizado en insumos de producción, productos en proceso y producción terminada. Así por ejemplo, la decisión de vender condimento C1 implica el hecho de mantener un cierto inventario de C1 en depósitos, disponer de una cierta cantidad de productos semielaborados, etc. Se ha determinado para cada condimento la inmovilización de capital en $/Kg como sigue: **C1**: 500 , **C2**: 1000 , **C3**: 1000 y **C4**: 500
También la administración dispuso que el máximo capital inmovilizado podrá ser de $ 1.400.000 Se estableció la utilidad aportada por cada condimento [en $/Kg] : **C1**: 200 , **C2**: 300 , **C3**: 650 y **C4** : 500

Establecer el programa óptimo de producción indicando la utilidad del mismo y que capital inmovilizado se requiere.