GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

MODELOS Y SIMULACIÓN

ING. SERGIO ROSA

ING. JUDITH DISDERI

UCC | FACULTAD DE INGENIERÍA

ÍNDICE

ENCUADRAMIENTO DE LA FORMACIÓN PRÁCTICA

La formación práctica que se desarrolla en esta GTP incluye actividades correspondientes a:

- **Resolución de problemas tipo o rutinarios** de las asignaturas de ciencias básicas y tecnologías básicas o aplicadas.
- **Resolución de problemas abiertos de ingeniería**, correspondientes a aquellas situaciones reales o hipotéticas cuya solución requiera la aplicación de los conocimientos de las ciencias básicas y de las tecnologías. Estas actividades constituyen la base formativa para que el alumno adquiera las habilidades para encarar diseños y proyectos.

Estas actividades se ajustan a los criterios de intensidad de la formación práctica establecidos en el Anexo III de las siguientes Resoluciones del Ministerio de Educación:

- RME 1232/01: Ing. Civil, Ing. Mecánica e Ing. Electrónica
- RME 1054/02: Ing. Industrial e Ing. en Agrimensura
- RME 786/09: Ing. de Sistemas e Ing. en Computación

La asignatura forma parte de los Planes de Estudios 2016 de la carrera Ingeniería de Sistemas, siendo electiva del resto de las carreras de la Facultad.

La asignatura trata sobre los distintos modelos cuantitativos que permiten a las organizaciones optimizar sus recursos tanto en la maximización de sus beneficios, no sólo económicos, como en la minimización de sus costos y de otras variables que hacen al proceso administrativo y productivo.

1. CONSIGNAS GENERALES

- Los problemas pueden ser resueltos en forma individual o grupal.
- De acuerdo a la complejidad creciente que esta asignatura presenta, el planteo o formulación de los problemas debe ser realizado basándose en lo desarrollado en las clases teóricas referidas a cada unidad y a todas las unidades anteriores ya desarrolladas, como también de aquellas asignaturas que son correlativas de esta.
- Las herramientas utilizadas para la resolución de los ejercicios son las siguientes:
  - LINDO 6.1 (Linear, INteractive, and Discrete Optimizer)
  - WinQSB 2.0 (Disponible en carpeta compartida en Drive)
  - MS-Project 2010
  - Herramienta Solver de MS-Excel 2010

2. PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS PRÁCTICOS

La resolución de los trabajos prácticos se corrobora durante el desarrollo de las clases prácticas. Además, algunos trabajos prácticos seleccionados deben presentarse resueltos antes de cada uno de los dos parciales prácticos. El formato de presentación dependerá de la técnica utilizada de resolución.

I. TRABAJO PRACTICO Nº 1: PROGRAMACIÓN LINEAL

Métodos Gráfico, Algebraico, Computacional

1) Objetivos de Aprendizaje

a) Aplicar el método gráfico y algebraico manual.
b) Aplicar el método computacional con LINDO, WinQSB y Solver de MS-Excel.
c) Acotar la solución para que la misma sea entera o mixta.
d) Interpretar el significado de las variables de decisión.
e) Reconocer los diferentes tipos de solución de un PL.
f) Interpretar los reportes de las herramientas computacionales referidos al análisis de sensibilidad de las restricciones y de la función objetivo.

2) Unidad temática que incluye este trabajo práctico

Este trabajo práctico corresponde a la unidad Nº 2 de la programación de la asignatura. Se incluyen ejercicios de programación lineal a partir del modelo matemático y ejercicios referidos a problemas de mezcla, horarios, inversiones, producción, etc. con posibles restricciones de valores enteros.

3) Consignas a desarrollar en el trabajo práctico:

- Todos los ejercicios de este trabajo práctico son problemas tipo o rutinarios.
- La resolución con Método Gráfico y Algebraico deben ser realizadas por escrito, pudiendo luego corroborar la gráfica de las funciones y resolver los sistemas de ecuaciones con una herramienta informática como MatLab.
- El resto de los ejercicios se resolverán con las herramientas informáticas, comprendiendo la forma que cada una tiene para capturar el modelo de programación lineal y realizando interpretación de sus reportes.

4) Desarrollo:

1. <u>Método gráfico, algebraico, computacional</u>:
a. Representar gráficamente las restricciones de modelo y la función objetivo a fin de determinar la región o polígono factible de solución, luego indicar la solución óptima.
b. Determinar qué restricciones no condicionan la solución óptima.
c. Identificar el tipo de solución de cada uno de los problemas.

a. MAX Z = x1 + 3 x2 Sujeto a: x1 + x2 <= 14 2 x1 - x2 <= 12 -2 x1 + 3 x2 <= 12 x1, x2 >= 0 *Rta: x1=6, x2=8, z=30*	**b.** MIN Z = x2- x1 Sujeto a: 2 x1 - x2 >= -2 x1 + x2 <= 5 x1 - x2 <= 0 x1, x2 >= 0 *Rta: segmento ((0,0);(2.5,2.5))*
c. MAX Z = 5 x1 + 7 x2 Sujeto a: x1 + x2 >= 6 x1 >= 4	**d.** MIN Z = x2 – x1 Sujeto a: 2 x1 - x2 >= -2 x1 - 2 x2 <= 4

x2 <= 3 x1, x2 >= 0 *Rta: x1>=4, 0<=x2<=3*	x1 + x2 <= 5 x1, x2 >= 0 *Rta: x1=14/3, x2=1/3, z=-13/3*
e. Dos recursos pueden asignarse diariamente a dos actividades distintas. La formulación del problema lineal es la siguiente: MAX Z = 40 x1 + 5 x2 Sujeto a: 2 x1 + x2 <= 8 x1 + 2 x2 <= 4 x1 >= 0 x2 >= 0 *Rta: x1=4, x2=0, z=160*	**f.** Para producir dos productos se utilizan dos trabajadores. La expresión de la asignación semanal es la siguiente: MAX Z = 4 x1 + 5 x2 Sujeto a: 5 x1 + 4 x2 <= 40 4 x1 + 6 x2 <= 48 x1,x2 >= 0 *Rta: x1=24/7, x2=40/7, z=296/7*
g. !Ejemplo e**n LINDO** MAX 4 x1 + 5 x2 !maximizar utilidades s.t. a) x1 + 2 x2 <= 20 b) 2 x1 + x2 <= 24 end *Rta: x1=28/3, x2=16/3, z=64*	**h.** !Ejemplo **en LINDO** MIN 6x1 + 4x2 !minimizar costos S.T. MP) 3x1+ 2x2 <= 24 !restriccion MP MO) x1 + 2x2 >= 30 !restriccion MO end *Rta: z no encontrado*

2. Mezcla. En un taller metalúrgico se fabrican dos tipos de piezas, A y B, que deben seguir los siguientes procesos: estampado en hojas metálicas, soldado y pintado. La operación de estampado consiste en preparar partes idénticas en forma simultánea que luego serán soldadas de a pares, formando la pieza A. El mismo proceso se realiza para la pieza B. Los insumos de equipos son los siguientes, para la realización de cada una de las operaciones (expresados en segundos por pieza):

Operación	Pieza A	Pieza B	Tiempo disponible (seg/semana)
Estampado de cada parte	3	8	48000
Soldado	12	6	42000
Pintado	9	9	36000

La utilidad unitaria es de $4 para la pieza A y de $3 para la pieza B. Se desea establecer el programa semanal de producción que maximice la utilidad del taller con respecto a las piezas consideradas.

Rta: x1=3000, x2=1000, z=15000

3. Mezcla. Una compañía prepara pinturas para exteriores e interiores y sus directivos han pedido asesoramiento acerca del plan de producción diario Además, de la información del cuadro, la historia de los productos enseña que la venta diaria de pintura para interiores nunca supera en más de 1 tonelada a la venta de la otra y a su vez tampoco se espera que sea superior a las 2 toneladas por día. Si completando los datos Ud. averigua que las utilidades son $3000 por cada tonelada de pintura para exteriores y de $2000 para la otra, ¿qué sugeriría?

Compuestos	Exteriores	Interiores	Disponibilidad
A	2	1	6
B	1	2	8
Utilidades	3000	2000	

Rta: XI=2, XE=2, z=10000

4. Mezcla. Un fabricante de equipo de pruebas tiene tres departamentos principales para la manufactura de sus modelos S-1000 y S-2000. Las capacidades mensuales son:

	Requerimientos de tiempo (hs.)		Horas disponibles en el mes
	Modelo S-1000	Modelo S-2000	
Dpto. de Estructura Principal	4.0	2.0	1600
Dpto. de Alambrado Eléctrico	2.5	1.0	1200
Dpto. de Ensamble	4.5	1.5	1600

La contribución del modelo S-1000 es de 40 u$s por unidad, y la del modelo S-2000 es de 10 u$s por unidad. Suponiendo que la compañía pueda vender cualquier cantidad de cada uno de esos productos, debido a condiciones favorables de mercado, determinar la salida óptima para cada modelo, la contribución mas alta posible para el presente mes, y el tiempo sobrante en los tres departamentos.

Rta: XS1=355.55, XS2=0, z=14222.22

5. Mezcla. Un fabricante de mecanismos civiles y militares produce actualmente una línea de armas para civiles, con una producción actual diaria de 30 unidades del modelo Z-1200 y de 120 unidades del modelo Z-1500. El vicepresidente de manufactura quiere saber si podrían aumentarse las ganancias cambiando la mezcla de productos entre los dos modelos. Se recopiló la siguiente información sobre las horas requeridas para la fabricación de cada modelo y las capacidades de los departamentos de la fábrica.

	Horas hombre requeridas		Capacidad departamental (horas diarias)
	Modelo Z-1200	Modelo Z-1500	
Departamento 1	2	0	300
Departamento 2	0	3	540
Departamento 3	2	2	440
Departamento 4	1.2	1.5	300
Contribución por c/u	$ 50	$ 40	

a. Determinar la mezcla óptima de productos suponiendo que pueden venderse todas las unidades.

Rta: XZ12=150, XZ15=70, z=10300

b. Indicar en cuánto aumentarían los ingresos de la fábrica.

Rta: 4000

c. La empresa está considerando un tercer producto, el modelo Z-1800, que utilizará las mismas instalaciones de los otros modelos para el mercado militar, Las capacidades departamentales seguirán siendo las mismas. Los requerimientos del modelos Z-1800 son los siguientes: 0.1, horas, 3.6 horas, 2.2 horas y 1.2 horas para cada departamento respectivamente. La contribución del nuevo modelo es de 55 u$s por unidad. Suponiendo que la empresa puede vender cualquier combinación de productos, ¿cuál es la mezcla óptima y la mayor contribución?

Rta: XZ12=55, XZ15=0, XZ18=150, z=11000

d. ¿Es única la última respuesta?

6. Mezcla. De los muchos productos que fabrica la Arco Company, solo los productos C, D, E y F pasan por las siguientes secciones: cepillado, fresado, taladro y ensamble. Los pequeños requerimientos por unidad de producto en horas y contribuciones son:

	Horas hombre requeridas				Contribución por unidad	Requerimientos Mínimos
	Cepillado	Fresado	Taladrado	Ensamble		

Producto C	0.5	2.0	0.5	3.0	$8	100
Producto D	1.0	1.0	0.5	1.0	$9	600
Producto E	1.0	1.0	1.0	2.0	$7	500
Producto F	0.5	1.0	1.0	3.0	$6	400
Capacidad (hs)	1500	2800	3000	6000		

a. Determinar la cantidad de cada producto a fabricar para maximizar la contribució

b. Determinar el tiempo sobrante en cada uno de los departamentos.

Rta: XC=400, XD=600, XE=500, XF=400 z=14500

7. Dieta. Es necesario alimentar racionalmente un rebaño de cabezas de ganado. La alimentación debe contener imprescindiblemente 4 componentes nutritivos: A, B, C y D. Se encuentran disponibles en el comercio 2 alimentos, M y N, cuyas propiedades son:

- un Kg. de M contiene 100 gr. de A, 100 gr. de C y 200 gr. de D
- un Kg. de N contiene 200 gr. de B, 200 gr. de C y 100 gr. de D

Cada animal debe consumir como mínimo por días 400 gr. de A, 600 gr. de B, 2000 gr. de C y 1700 gr. de D. El alimento M cuesta $10 el kilogramo y el N $4 el kilogramo. ¿Qué cantidad de alimentos M y N debe suministrarse a cada animal diariamente para que la ración sea la más económica?

Rta: XM=4, XN=9, z=76

8. Dieta: Establecimiento “El Tala” produce dos tipos de alimentos para ganado. Ambos alimentos están hechos completamente de trigo y alfalfa. El alimento 1 debe contener cuando menos el 80% de trigo y el alimento 2 como máximo el 70% de alfalfa. El alimento 1 se vende a $3.00 por kg y el alimento 2 se vende a $2.60 por kg. “El Tala” dispone en el almacén de 1.600 kg de trigo que lo quiere utilizar en su totalidad (el costo para reponer el trigo es de $1.10) y puede comprar hasta 1.800 kg a $0.80 de alfalfa por semana. La demanda de ambos alimentos no tiene límite. Formular PL que permita maximizar las ganancias de “El Tala”.

9. Mezcla. Un fabricante de bombones entrega sus productos en cajas de un kilogramo, en 2 variedades, A y B. La caja tipo A, contiene 300 gramos de bombones de licor, 500 gramos de bombones de nuez, y 200 gramos de bombones de fruta. La caja tipo B contiene 400 gramos, 200 gramos y 400 gramos de cada tipo de bombón, respectivamente. La utilidad por cada caja de tipo A es de $12, y para la caja tipo B es de $9. El fabricante dispone de 100 kg de bombones de licor, 120 kg de bombones de nuez y 100 kg de bombones de fruta. Se pide definir la cantidad de cajas de cada tipo que debe armar en esta situación para que su beneficio sea máximo.

Rta: x1=200, x2=100, z=3300

10. Horarios. Una tienda de autoservicio que funciona las 24 hs. tiene los requerimientos mínimos de cajeros indicados en la tabla. El período 1 sigue inmediatamente a continuación del período 6. Un cajero trabaja ocho horas consecutivas, empezando al inicio de uno de los seis períodos. Determinar el grupo diario de empleados satisface las necesidades con el mínimo de personal.

Período	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Hora del día (24 hs)	3-7	7-11	11-15	15-19	19-23	23-3
Número mínimo	7	20	14	20	10	5

Rta: X1=6, X2=14, X3=0, X4=20, X5=4, X6=1, z=45

11. Horarios. Durante cada periodo de 4 horas, la policía de la ciudad de Morteros necesita el siguiente número de oficiales en servicio: de medianoche a 4 AM, 8; de 4 a 8 AM, 7; de 8 a mediodía, 6; de mediodía a 4 PM, 6; de 4 a 8 PM, 5; de 8 a medianoche, 4. Cada oficial trabaja durante dos turnos seguidos de 4 horas. Formular un PL que se pueda utilizar para minimizar el número de oficiales que se necesitan para cumplir con los requerimientos diarios de Morteros.

12. Horarios. El BNA abre de lunes a viernes de 9 am a 5 pm. Por la experiencia previa el Banco sabe que necesita el número de cajeros que se muestra en la tabla. El Banco contrata a dos tipos de cajeros. Los cajeros full-time trabajan 9 horas por día, excepto por 1 hora que tienen para almorzar. (El Banco determina cuándo un empleado full-time toma su hora para el almuerzo, pero debe ser entre las 12 pm y la 1 pm, o entre la 1 pm y las 2 pm). Los empleados full-time cobran $8 por hora (incluyendo la hora del almuerzo). El Banco también puede contratar empleados part-time, quienes trabajan 3 horas consecutivas por día. Un cajero part-time cobra $5 por hora. Para mantener la calidad del servicio, el Banco decide no contratar más de 5 cajeros part-time. Formular un problema de PL que satisfaga los requerimientos del Banco para determinar unA política de empleos próxima a minimizar los costos laborales.

Período de tiempo	Cajeros requeridos
9 am a 10 am	4
10 am a 11 am	3
11 am a 12 pm	4
12 pm a 1 pm	6
1 pm a 2 pm	5
2 pm a 3 pm	6
3 pm a 4 pm	8
4 pm a 5 pm	8

Rta: z=121

13. Inversión. Una AFJP debe determinar cómo invertirá sus activos en el año en curso. Actualmente dispone de 1,4 millones de dólares y analiza invertirlos en bonos, préstamos hipotecarios, préstamos para automóviles y préstamos personales. La tasa de rendimiento anual para cada inversión del 0.08 para bonos, 0.12 para préstamos hipotecarios, 0.15 para préstamos para compra de automóviles y 0.18 para préstamos personales. Para asegurar que la cartera no sea demasiado riesgosa, el gerente ha propuesto las siguientes restricciones:

- La cantidad invertida en préstamos personales no puede superar la cantidad invertida en bonos.
- No puede invertirse en préstamos personales más del 22% de la inversión total.
- La cantidad invertida en préstamos hipotecarios no puede ser mayor que la cantidad invertida en préstamos para automóviles.

Formular un modelo de PL que permita a AFIP maximizar el rendimiento anual de su cartera.

14. Inversión. Una institución financiera se encuentra en el proceso de formular su política de préstamo para el próximo trimestre, para ese fin se asigna un total de $12.000.000. Siendo una institución de servicios integrales está obligada a otorgar préstamos a diversos clientes. La tabla señala los tipos de préstamos, tasa de interés que cobra el banco y la posibilidad de que un cliente no cubra sus pagos (irrecuperables o no cobrables según se estima por experiencia).

Prestamos	Tasa(ti)	Probabilidad Incobrable(pi)

Personal	0.14	0.1
Automóvil	0.13	0.07
Casa	0.12	0.03
Agrícola	0.125	0.05
Comercial	0.1	0.02

La competencia con otras instituciones financieras requiere que el banco asigne el 40% de los fondos totales disponibles a prestamos agrícolas y comerciales. Para dar consistencia a la industria de la habitación en la región los préstamos para casa habitación deben ser cuando menos el 50% de los préstamos personales, para automóvil y para casa habitación; es además política del banco que la relación global de pagos irrecuperables no supere el 4%. ¿Qué sugeriría a los directivos?

15. Programación Lineal Entera y Mixta

a. max $z = 5x_1 + 2x_2$ s.a. $3x_1 + x_2 \le 12$ $x_1 + x_2 \le 5$ **x_1, x_2** ≥ 0 y **enteros** *Rta: z=20*	**b.** max $z = 2x_1 + 3x_2$ s.a. $x_1 + 2x_2 \le 10$ $3x_1 + 4x_2 \le 25$ **x_1, x_2** ≥ 0 y **enteros** *Rta: z=17*
c. max $z = 4x_1 + 3x_2$ s.a. $4x_1 + 9x_2 \le 26$ $8x_1 + 5x_2 \le 17$ **x_1, x_2** ≥ 0 y **enteros** *Rta: z=8*	**d.** min $z = 4x_1 + 5x_2$ s.a. $x_1 + 4x_2 \ge 5$ $3x_1 + 2x_2 \ge 7$ **x_1, x_2** ≥ 0 y **enteros** *Rta: z=13*
e. max $z = 3x_1 + x_2$ s.a. $5x_1 + 2x_2 \le 10$ $4x_1 + x_2 \le 7$ $x_i \ge 0$ y **x_2 entero** *Rta: z=5.6*	**f.** max $z = 4x_1 + 3x_2 + x_3$ s.a. $3x_1 + 2x_2 + x_3 \le 7$ $2x_1 + x_2 + 2x_3 \le 11$ $x_i \ge 0$ y **x_2, x_3 enteros** *Rta: z=10.33*

II. TRABAJO PRACTICO Nº 2: PROGRAMACIÓN LINEAL

Asignación y Transporte

1) **Objetivos de Aprendizaje**

a) Aplicar el método computacional con LINDO, WinQSB y Solver de MS-Excel.
b) Interpretar los reportes de las herramientas computacionales referidos al análisis de sensibilidad de las restricciones y de la función objetivo.

2) **Unidad temática que incluye este trabajo práctico**

Este trabajo práctico corresponde a la unidad Nº 2 de la programación de la asignatura. Se incluyen ejercicios de programación lineal para resolver problemas de asignación y de transporte.

3) **Consignas a desarrollar en el trabajo práctico:**

▪ Todos los ejercicios de este trabajo práctico son problemas tipo o rutinarios.
▪ Los ejercicios se resolverán con las herramientas informáticas, comprendiendo la forma que cada una tiene para capturar el modelo de programación lineal y realizando interpretación de sus reportes.

4) **Desarrollo:**

1. Transporte. Una empresa tiene 3 fábricas: A, B y C que abastecen a 5 localidades. Los costos de envío de una tonelada de producto de cada fábrica a cada localidad, las capacidades de producción de las fábricas y las cantidades demandadas, son:

FABRICA / LOCALIDAD	**A**	**B**	**C**	**Cantidad demandada**
1	10	20	30	25
2	15	40	35	115
3	20	15	40	60
4	20	30	55	30
5	40	30	25	70
Capacidad	50	100	150	

Los costos están dados en $/ton y las demandas y capacidades en ton.
Definir el programa de envíos que haga mínimo el costo total de la operación.

Rta: z=7225

2. Transporte. Cuatro fábricas envían sus productos a igual número de almacenes. Las capacidades de las fábricas y los costos de producción por unidad en cada una son:

Fabrica	**Capacidad**	**Costo ($/unidad)**
1	140	60
2	260	72
3	360	48
4	220	60

Los costos de transporte de cada fábrica a cada almacén se tienen en la siguiente tabla, dados en $/u. Además se indican, las cantidades requeridas por cada almacén, dadas en ton. Establecer el programa de distribución que minimice el costo total:

	A1	**A2**	**A3**	**A4**
F1	28	40	36	38
F2	18	28	24	30
F3	42	54	52	54
F4	36	48	40	46
Requerimientos	180	280	150	200

Rta: z=78880

3. Transporte. Una compañía panificadora puede producir un pan especial en cualquiera de sus 2 plantas, en la siguiente forma:

Planta	**Capacidad de producción (kg)**	**Costo de producción ($/kg)**
A	2500	0.23
B	2100	0.25

Cuatro cadenas de restaurantes desean adquirir este pan; sus demandas y los precios que desean pagar son los siguientes:

Cadena	**Demanda máxima (kg)**	**Precio ofrecido ($/kg)**
1	1800	0.39
2	2300	0.37
3	550	0.40
4	1750	0.36

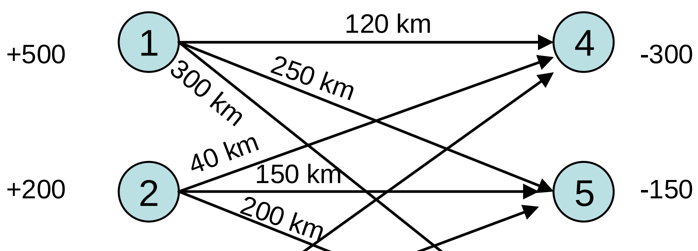
El costo de embarcar un kilo de una planta a un restaurante se da en la siguiente tabla:

	Cadena 1	**Cadena 2**	**Cadena 3**	**Cadena 4**
Planta A	0.06 $	0.08 $	0.11 $	0.09 $
Planta B	0.12 $	0.06 $	0.08 $	0.05 $

Determinar el programa de entregas para la compañía panificadora, maximizando su ganancia total en este tipo de pan.

Rta: z=353.50

4. Transporte. Una organización dedicada a la fabricación de cemento debe aprovisionarse desde tres canteras a distintas plantas productoras como se muestra en la figura. Los nodos 1, 2 y 3 son las canteras, con sus respectivas capacidades en toneladas por día y los nodos 4, 5 y 6 representan las plantas productoras de cementos con las demandas diaria en toneladas por día. Los costos de almacenamiento, si quisiéramos almacenar, en las canteras 1 y 3 son de $25, $20 x toneladas respectivamente y en el origen 2 no hay posibilidad de almacenamiento. Se paga una tarifa de $0.1/km*Un. Por otro lado en el caso de haber faltante, hay costo de penalización de $45, $50 y $60 para los destinos 1, 2 y 3 respectivamente.



a) Describir correctamente las variables del problema y el objetivo.
b) Plantear el problema como un modelo de programación lineal.
c) Resolver aplicando el método de transporte, ¿Cuántas variables deberían ser igual a cero y cuantas deben ser positivas?

5. Asignación. Existen 4 cargos para cubrir y 4 candidatos para los mismo. Es posible asignar un cierto puntaje a cada candidato en cada cargo, de acuerdo con las aptitudes que el individuo posea para el mismo. Se desea asignar un candidato a cada cargo, de manera que la suma total de los puntajes de aptitud de los candidatos en los puestos asignados sea máxima. La tabla de puntajes es la siguiente:

	Cargo 1	**Cargo 2**	**Cargo 3**	**Cargo 4**
Candidato 1	7	9	5	9
Candidato 2	3	6	8	7
Candidato 3	2	2	5	8
Candidato 4	2	2	5	8

Rta: x12=x23=x34=x41=1,z=27

6. Asignación. Una competencia de relevos de 400 metros incluye a 4 diferentes nadadores, quienes nadan sucesivamente 100 metros de espalda, mariposa, pecho y libre. Un entrenador tiene 6 nadadores muy veloces, cuyos tiempos esperados (en segundos) en los eventos individuales se dan en la siguiente tabla:

	Espalda	**Mariposa**	**Pecho**	**Libre**
Nadador 1	65	63	73	57
Nadador 2	67	65	70	58
Nadador 3	68	69	72	55
Nadador 4	67	70	75	59
Nadador 5	71	75	69	57
Nadador 6	69	66	71	59

¿Cómo deberá el entrenador asignar los nadadores a los relevos a fin de minimizar la suma de sus tiempos?

Rta: x11=x23=x34=x52=1, z=254

7. Asignación. Un propietario de caballos de carrera tiene 4 caballos: Canario, Mateo, Ricardo y Lucero, y se propone inscribirlos en 4 carreras. Si no puede inscribir a ninguno de ellos en más de una carrera, ¿cómo deberá inscribirlos para maximizar sus ganancias conociendo las probabilidades de ganar de cada uno?

Caballo	**Carrera 1**	**Carrera 2**	**Carrera 3**	**Carrera 4**
Canario	0.40	0.30	0.20	0.60
Mateo	0.20	0.20	0.15	0.30

Ricardo	0.15	0.10	0.00	0.20
Lucero	0.10	0.00	0.00	0.20
Premios ($)	1000	1500	2000	1000

Rta: xl1=xr2=xm3=xc4=1, z=1150

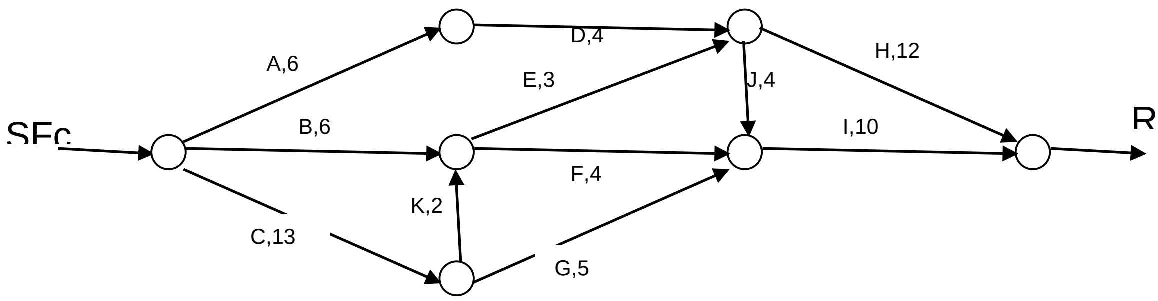
8. Viajante de comercio. Un viajante debe recorrer 5 ciudades para ofrecer sus productos. Se conocen los gastos de movilidad entre cada par de ciudades:

	A 1	**A 2**	**A 3**	**A 4**	**A 5**
De 1	-	2	5	7	1
De 2	6	-	3	8	2
De 3	8	7	-	4	7
De 4	12	4	6	-	5
De 5	1	3	2	8	-

Se desea establecer la ruta que haga mínimo el gasto total de movilidad. Es condición del problema que el viajante visite las 5 ciudades sin pasar 2 veces por la misma ciudad.

Rta: x12=x23=x34=x45=x51=1, z=15

9. Flujo máximo. Los siguientes nodos representan ciudades unidas por rutas de cañería de agua. Los valores indicados muestran la cantidad de miles de litros de agua que pueden circular por la ruta por hora. Calcular ¿cuántos miles de litros pueden llegar a la ciudad de San Francisco y ser enviados a la ciudad de Río IV?



Rta: z=16

III. TRABAJO PRACTICO Nº 3: PROGRAMACIÓN DINÁMICA

1) **Objetivos de Aprendizaje**

a) Aplicar el método computacional con LINDO, WinQSB y Solver de MS-Excel.
b) Interpretar los reportes de las herramientas computacionales referidos al análisis de sensibilidad de las restricciones y de la función objetivo.

2) **Unidad temática que incluye este trabajo práctico**

Este trabajo práctico corresponde a la unidad Nº 3 de la programación de la asignatura. Se incluyen ejercicios de programación lineal dinámica.

3) **Consignas a desarrollar en el trabajo práctico:**

- Todos los ejercicios de este trabajo práctico son problemas tipo o rutinarios.
- Los ejercicios se resolverán con las herramientas informáticas, comprendiendo la forma que cada una tiene para capturar el modelo de programación lineal y realizando interpretación de sus reportes.

4) **Desarrollo:**

1. Problema de la mochila. Un excursionista planea salir de campamento. Hay 5 artículos que desea llevar consigo, pero entre todos sobrepasan los 60 kg que puede cargar. Ha asignado un valor a cada artículo en orden de importancia. ¿Qué artículos deberá llevar para maximizar el valor total, sin sobrepasar la restricción de peso?

Artículo	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Peso en Kg.	52	23	35	15	7
Valor	100	60	70	15	15

Rta: X2=X3=1, X1=X4=X5=0,z=130

2. Problema de la mochila. Un camionero que trabaja por su cuenta tiene 8 metros cúbicos de espacio disponible en un camión que saldrá para la ciudad de Buenos Aires. Un distribuidor que tiene grandes cantidades de 3 artículos diferentes, todos destinados para esta ciudad, ha ofrecido al camionero los siguientes pagos por transportar tantos artículos como quepan en el camión.

Artículo	**Pago ($ /articulo)**	**Volumen (m3/art.)**
I	11	1
II	32	3
III	58	5

¿Cuántas cantidades de cada artículo deberá aceptar el camionero a fin de maximizar los pagos de embarque, sin exceder la capacidad disponible del camión?

3. Programa de producción. La empresa ELECTRO SA produce motores eléctricos. Sabe que la demanda de su producto durante cada uno de los siguientes 4 meses será como sigue:

mes 1, 1 unidad; mes 2, 3 unidades; mes 3, 2 unidades; mes 4, 4 unidades. Al principio de cada mes la empresa debe determinar cuántas unidades se deben producir durante ese mes.

Durante un mes en el que se produce cualquier número de unidades, se incurre en un costo de preparación de \$3. Además hay un costo variable de \$1 por cada unidad producida. Al final de cada mes se incurre en un costo de \$0,50 por unidad en inventario. Las limitaciones de capacidad permite la producción de un máximo de 5 unidades cada mes. El tamaño del almacén de la empresa restringe el inventario final de cada mes a 4 unidades cuando mucho.

La empresa desea determinar un calendario de producción para cada mes que cumpla a tiempo con las demandas y que reduzca al mínimo la suma de los costos de producción y de almacenamiento durante los cuatro meses. Suponer que hay 0 (cero) unidades disponibles a principio del mes.

4. <u>Programa de producción.</u> La PC Company, siempre programa la producción 3 meses antes. La planta tiene una capacidad de producción de 1300 cajas en tiempo normal de trabajo. Los costos de producción en tiempo normal son de \$4 por caja. Usando tiempo extra, pueden ser producidas 500 cajas adicionales cada mes a un costo de \$6 de aumento sobre el costo unitario de producción en tiempo normal. El costo de mantenimiento de una caja por mes es de \$3. las ventas mensuales serán de 1000, 1200 y 1800 durante los próximos 3 meses. La penalización es de \$5 por caja no vendida al finalizar el tercer mes. Determinar el programa de producción óptimo.

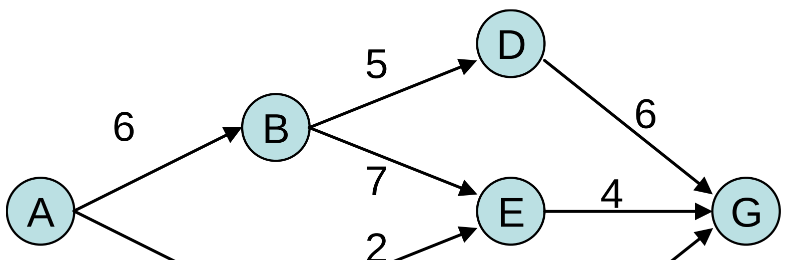
Rta: z=44200

5. <u>Programa de producción.</u> Una empresa que produce generadores eléctricos que son demandados con varios meses de anticipación por empresas eléctricas, tiene una orden de fabricación por 9 generadores. Estos, van a ser entregados en los siguientes tres meses a tres unidades por mes. Los datos de producción se dan en la siguiente tabla:

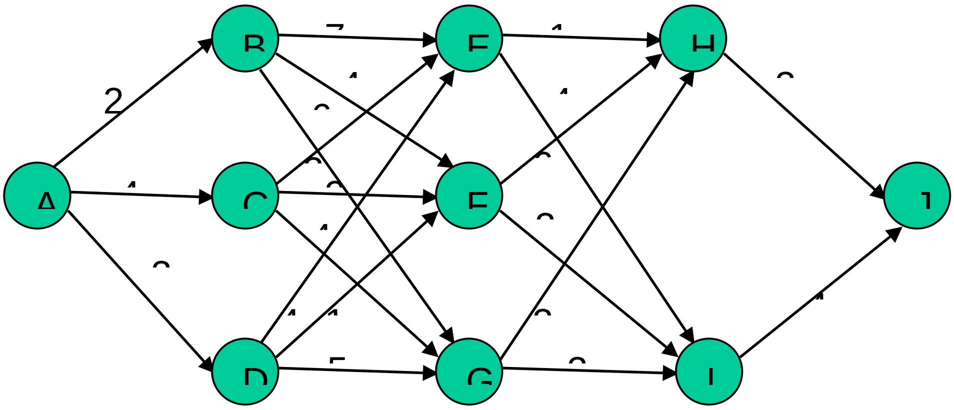
	Mes 1	**Mes 2**	**Mes 3**
Capacidad producción (Tpo. normal)	2	2	4
Capacidad producción (Tpo. extra)	3	5	4
Costo por generador (Tpo. normal)	\$35.000	\$37.000	\$39.000
Costo por generador (Tpo. extra)	\$38.000	\$40.000	\$43.000

Los generadores pueden entregarse al final de del mismo mes o bien almacenarlos a un costo de \$3.000,00 (por generador) con una capacidad máxima de almacenaje de tres unidades. Por lo general el fabricante no mantiene stock, sin embargo previendo un incremento en la demanda futura, desea al final del tercer mes quedarse con dos generadores en stock. Determinar el programa de producción que cubra todos los requisitos a un costo total mínimo, definiendo el objetivo y las variables del problema.

6. <u>Ruta más corta.</u> Dada la siguiente red, encontrar la distancia más corta entre los nodos A y H. Los números sobre los arcos indican distancias en cientos de kilómetros. Resolver el problema utilizando Programación Dinámica.



7. <u>Ruta más corta.</u> Un viajero se encuentra actualmente en la ciudad A y requiere llegar a la ciudad J. Existen varias ciudades intermedias (B, C, D, E, F, G, H e I) entre A y J, las que se conectan mediante ciertos caminos, como se muestra en la figura siguiente:



Las distancias de los distintos caminos (en cientos de kilómetros) se indican sobre los arcos de la figura. El viajero desea encontrar la ruta que minimice la distancia a recorrer entre las ciudades A y J. Resolver mediante Programación Dinámica.

IV. TRABAJO PRACTICO Nº 4: TEORÍA DE INVENTARIOS

Modelos de Compra y de Fabricación
Escala de Descuento

1) **Objetivos de Aprendizaje**

a) Resolver los ejercicios con WinQSB.
b) Aplicar el algoritmo en forma manual para la resolución de los ejercicios.
c) Desarrollar una aplicación que resuelva los modelos de escala de descuento.

2) **Unidad temática que incluye este trabajo práctico**

Este trabajo práctico corresponde a la unidad Nº 4 de la programación de la asignatura. Se incluyen ejercicios de modelos de compra y fabricación con y sin deficit.

3) **Consignas a desarrollar en el trabajo práctico:**

▪ Todos los ejercicios de este trabajo práctico son problemas tipo o rutinarios.
▪ La resolución de algunos ejercicios se realizará manual para entender el algoritmo de escala de descuento analítica y gráficamente.
▪ Los ejercicios se resolverán con las herramientas informáticas, comprendiendo la forma que cada una tiene para capturar el modelo y realizando interpretación de sus reportes.

4) **Desarrollo:**

1. La empresa ABC ha determinado, mediante un análisis de sus datos de contabilidad y de producción para la pieza número A625, que su costo de compra es de u$s 35 por pedido y de u$s 2,20 por pieza. Su cargo al inventario es de 18 % del inventario promedio. Actualmente, la empresa compra u$s 22000 de esa pieza al año.
a) ¿Cuál debe ser la cantidad económica de pedido?
b) ¿Cuál es la cantidad óptima de suministro diario por pedido óptimo?
c) ¿Cuál es la cantidad óptima de pedidos al año que puede disminuir los costos de la empresa?

2. Metalúrgica INMET S. A. desea controlar eficientemente un artículo clasificado como A el cual es esencial para el funcionamiento de la compañía. El costo estimado de pedir un lote es de $250 y el costo de mantener un artículo es del 10% del precio de compra. Se cuenta con los siguientes datos:

Dato	Varilla
Demanda promedio anual en unidades	26.000
Tiempo de trámite de un pedido en días	3
Plazo entrega del proveedor en días	9
Inventario de seguridad en unidades	100
Precio unitario	$140

a) Analizar los datos y calcule el lote económico a pedido.
b) Determinar el costo de pedir la cantidad del lote económico.
c) Determinar el tiempo entre pedidos y la cantidad de pedidos anuales.
d) Determinar el punto de reorden.

3. Un laboratorio produce anestesia para consultorios odontológicos. La empresa quiere determinar la cantidad de dosis de anestesia a producir, el costo total asociado, la cantidad máxima almacenada y el nivel de reorden. Cada vez que se realiza el lanzamiento de la producción se incurre en un costo $5.500. La tasa de demanda diaria es de 300, el costo unitario de mantener es de $4,50 por mes. La tasa de producción mensual es de 15.000 unidades. El tiempo desde que se realiza la preparación de la producción hasta que se comienza la misma es L = 4 días.

4. Una compañía compra 12000 artículos por año para emplearlos en su proceso de producción. Si el costo unitario es de $5 por unidad, el costo de tenencia de una unidad es de 80 centavos por mes y el costo de hacer una compra es de $100, determinar los siguientes puntos si no se permite déficit:
a) La cantidad óptima pedida
b) El costo anual óptimo
c) El número de pedidos por año
d) El tiempo entre pedidos

5. Suponer que la compañía del problema anterior puede manufacturar los artículos a una tasa de 48000 unidades por año. Si todos los costos son iguales a los anteriores (costo de organizar una tanda de producción = costo de ordenar una compra), determinar:
a) La cantidad óptima que debe manufacturarse
b) El costo anual óptimo
c) El inventario máximo
d) El tiempo de producción
e) El tiempo entre tandas de producción
f) El número de tandas de producción
g) Suponer que la tasa de manufacturación y la tasa de la demanda son exactamente iguales, ¿qué implica ésto?

6. La demanda de un artículo adquirido es de 1000 unidades/mes, y se permite déficit. SI el costo unitario es de $1.50, el costo de hacer una compra es de $600, el costo de tenencia de una unidad es de $2 por año, y el costo de déficit de una unidad es $10 por año, determinar:
a) La cantidad óptima que debe comprarse
b) El número óptimo de unidades agotadas (déficit)
c) El costo anual óptimo
d) El número de pedidos por año
e) El tiempo entre pedidos
f) La duración de los déficit
g) El inventario máximo

7. Suponer que en el problema anterior el artículo puede manufacturarse a una tasa de 4000 unidades/mes. Si todos los costos son iguales a los del problema anterior, determinar:
a) La cantidad óptima que debe producirse
b) El número óptimo de unidades agotadas (déficit)
c) El costo anual óptimo
d) El número de tandas de producción
e) El tiempo entre tandas de producción
f) El tiempo necesario para fabricar la cantidad óptima
g) La duración de los déficit
h) El inventario máximo

8. Calcular la categoría de cada ítems aplicando el algoritmo de clasificación ABC

IdItems	Q= QtyStock (u)	Cu= UnitCost ($)	Cp=OrderCost ($/pedido)	Cm=HoldCost ($/mes)	D=Demand (u/año)
1	100	200	75	10	10000
2	150	100	10	8	10000
3	10	50	60	6	5000
4	20	50	10	2	2500
5	50	10	2	2	5000
6	100	10	15	4	2500
7	50	10	40	4	15000
8	50	50	15	2	7500
9	150	100	10	8	7500
10	20	200	20	10	5000
TOTALES	700				

a) ¿Qué tipo de políticas aplicaría según el tipo de producto?
b) Tomar 2 productos de clase B y calcular el lote óptimo, la cantidad máxima almacenada, el tiempo del periodo, la cantidad de periodos al año y el costo de la política recomendada.
c) Tomar 2 productos clase A y calcular la cantidad a pedir, para el producto 1 considerando un periodo de reposición de días 30 y para el producto 2, de 45 días.
d) Tomar 2 productos clase C y calcular la cantidad a pedir, para el producto 1 considerando un costo de escasez de 40 y para el producto 2, de 20 días.

9. Una compañía adquiere una determinada sustancia química para usarla en su proceso. No se permite déficit. La demanda de sustancia química es de 1000 libras/mes, el costo de una compra es de $800 y el costo de almacenamiento de 1 unidad es de $10 por mes. Determinar la cantidad óptima que debe adquirirse, siendo que el costo unitario depende de la cantidad adquirida, a saber:

Cantidad (en libras)	Costo por libra (en $)
0 – 249	8
250 – 449	7.5
450 – 649	7
650 y más	6.75

Sugerencia: la cantidad óptima implica costo mínimo

10. Un restaurante usa 150.000 botellas de 3/4 litro de vino espumante importado al año con una demanda regular. El precio del vino espumoso varía según la cantidad pedida como se muestra en la siguiente tabla. Solo se vende por botella porque pierde su efervescencia muy pronto. El restaurante trabaja 52 semanas al año y seis días por semana. El administrador calcula cada vez que colocar una orden le cuesta $80,00 y que los costos por mantener inventario representan el 40% del precio de compra.

a) Determinar la cantidad óptima de pedido y el costo total.
b) Determinar cada cuanto se debe realizar un pedido y el nivel de reorden, sabiendo que el pedido le demora 10 días.

Cantidad comprada	Precio por botella
1 a 499	$30,00
500 a 999	$28,00
1000 o más	$24,00

11. La Coca-Cola Company compra anualmente un gran número de cajones que utiliza para el almacenamiento de sus productos embotellados. Un proveedor le ha ofrecido la siguiente escala de descuento para los cajones:

Cantidad pedida	Precio Unitario (en $)
1 – 500	10
501 – 1000	9.50
1001 – 1500	9.15
1501 o más	9

El promedio anual de reemplazo en los últimos 2 años ha sido de 1650 cajones, y posiblemente será el de este año. El costo por pedido es de $12.50 y su costo de mantenimiento de inventario es de $2 por unidad. ¿Qué cantidad debe pedirse?

12. Una empresa compra anualmente un determinado número de un producto que utiliza como materia prima para la fabricación de una sustancia química. Existen 2 proveedores que le pueden suministrar dicho producto y cada uno de ellos ha ofrecido distintos descuentos dependiendo de la cantidad comprada.

Proveedor 1			Proveedor 2	
1-500	$10		1-600	$10.50
501-1000	$9.70		601-1200	$9
1001-1500	$9.20		1201-1600	$8.50
1501 o más	$8.35		1601 o más	$8.25

El promedio anual de reemplazo es de 1650 productos, el costo por pedido es de $12.50 y su costo de almacenamiento es de 19.5% del inventario promedio. ¿Con cuál proveedor se deberá negociar y qué cantidad deberemos comprarle?

V. TRABAJO PRACTICO Nº 5: TEORÍA DE GRAFOS

1) Objetivos de Aprendizaje

a) Establecer la ruta crítica diagramando la red de un proyecto.
b) Resolver los ejercicios con WinQSB y MS-Project.

2) Unidad temática que incluye este trabajo práctico

Este trabajo práctico corresponde a la unidad Nº 5 de la programación de la asignatura. Se incluyen ejercicios de grafos con actividades ficticias y ejercicios para PERT/CPM.

3) Consignas a desarrollar en el trabajo práctico:

- Todos los ejercicios de este trabajo práctico son problemas tipo o rutinarios.
- La resolución de algunos ejercicios se realizará manual para recorrer la red en ambos sentidos y determinar la ruta crítica.
- Los ejercicios se resolverán con las herramientas informáticas, comprendiendo la forma que cada una tiene para capturar el modelo de programación lineal y realizando interpretación de sus reportes.

4) Desarrollo:

1. Una empresa mediana de construcción y mantenimiento se dedica a sistemas de bombeo y de ductos. La principal área en la que la empresa opera es la reparación y el mantenimiento de sistemas existentes. A continuación se presentan las actividades implicadas en un proyecto de mantenimiento de unos ductos de vapor.

a. Trasladar al lugar el material y el equipo que se requiere.
b. Armar un andamio y retirar los tubos y válvulas viejos.
c. El nuevo tubo puede fabricarse mientras se realizan las actividades mencionadas en b.
d. Después de que se han quitado los tubos y válvulas viejos, y de que se ha fabricarse el tubo nuevo, se puede colocar éste.
e. Sin embargo, las válvulas nuevas deben colocarse inmediatamente después de que se ha retirado el ducto antiguo.
f. Por último, cuando todo está en su lugar, se puede soldar y aislar el tubo.

Construir una red PERT/CPM para el proyecto.

2. Suponga que se tiene un proyecto que consiste en construir una base para lámpara de mesa que consta de dos partes, a partir de dos diferentes tipos de madera. La parte 1 se fabrica de nogal y la parte 2 de pino blanco. La madera para cada parte se ordena y se obtiene de proveedores diferentes. Después de que se recibe la madera para ambas partes, cada una de ellas se corta al diámetro apropiado en un torno. El torno A se utiliza para moldear el nogal y el torno B para el pino blanco, después de lo cual se unen con pegamento ambas partes. Esto completa la base.

Los datos de las actividades se muestran en la siguiente tabla:

Actividad		**Duración estimada**
A	Tiempo de pedido y de transporte para el nogal	3
B	Tiempo de pedido y de transporte para el pino blanco	4
C	Tiempo trabajado en el turno para el nogal	3
D	Tiempo trabajado en el turno para el pino blanco	2
E	Tiempo de perforación para el nogal	2
F	Tiempo requerido para pegar las partes	1

Dibujar el diagrama de red asociado PERT/CPM.

3. Un proyecto pequeño está compuesto por siete actividades, cuyas estimaciones de tiempo se listan en la siguiente tabla, donde las relaciones de precedencia entre las actividades se identifican comenzando con los números de nodo (i) y terminando con (j):

At	**Nodo**		**Duración estimada (semanas)**		
	i	**j**	**Optimista**	**Más Probable**	**Pesimista**
A	1	2	1	1	7
B	1	3	1	4	7
C	1	4	2	2	8
D	2	5	1	1	1
E	3	5	2	5	14
F	4	6	2	5	8
G	5	6	3	6	15

a. Dibujar la red de proyecto PERT/CPM apropiada.
b. Calcular los tiempos de ocurrencia próximos y lejanos para cada nodo, ¿Cuál es la duración esperada del proyecto?
c. Calcular la holgura para cada actividad.

4. Construir el diagrama de PERT/CPM que incluya las actividades A, B, C, ..., P para las siguientes relaciones de precedencia:
a. A, B, C, las primeras actividades del proyecto, pueden empezar en forma simultánea.
b. Las actividades D, E y F pueden comenzar inmediatamente después de que se termine A.
c. Las actividades I y G pueden comenzar después de que se han terminado B y D.
d. La actividades H comienza después de que se terminan C y G.
e. Las actividades K y L van después de la actividad I.
f. La actividad J va después de E y H.
g. Las actividades M y N van después de F, pero no pueden comenzar sino hasta que E y H hayan terminado.
h. La actividad O va después de M y de I.
i. La actividad P va después de J, L y O.
j. Las actividades K, N y P son los trabajos finales del proyecto.

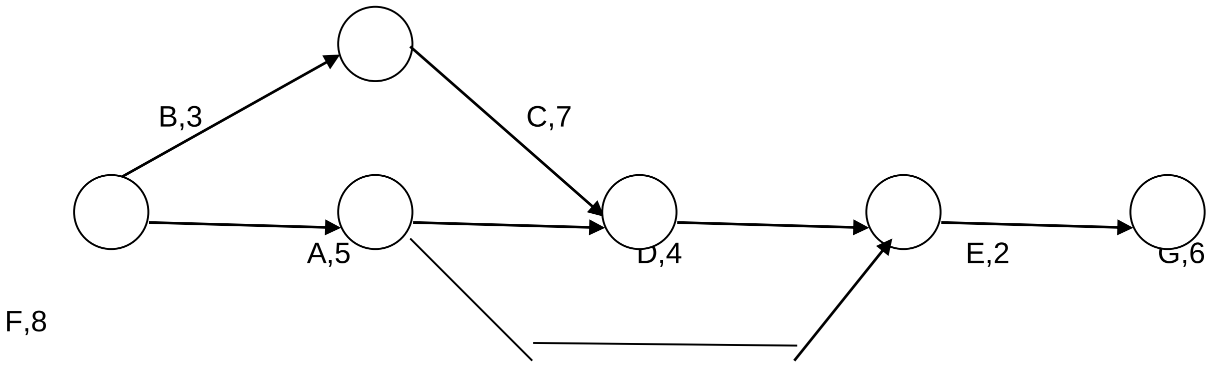
5. Una compañía arma motores que se utilizan en la fabricación de automóviles. La fábrica adquiere con proveedores externos todos los componentes que utiliza para fabricar los motores. Las actividades y los tiempos asociados con el proceso de fabricación se muestran en la siguiente tabla:

Nº actividad	Actividad	Tiempo (semanas)
1	Comprar el molde	4
2	Comprar acero	2
3	Comprar el motor	10
4	Maquinar el molde	3
5	Fabricar las estructuras	2
6	Fabricar las carcasas	4
7	Ensamblar molde, estructura y carcasa	3
8	Inspeccionar la unidad	1
9	Empacar la unidad	1
10	Enviar la unidad	1

- Las primeras 3 actividades pueden ejecutarse en forma simultánea.
- Después de recibir el molde se hace la actividad 4.
- Después de recibir el acero se hace la actividad 5 y luego la 6.
- Terminadas las actividades 3, 4 y 6, se realiza la actividad 7.
- Las últimas 3 actividades se realizan en forma serial luego de la actividad 7.

a. Trazar la red PERT/CPM para el proyecto de fabricación.
b. Determinar el tiempo más próximo de iniciación y el tiempo más próximo de terminación para cada actividad.
c. Identificar la ruta crítica para el proyecto.
d. El proyecto debe terminarse en 16 semanas, ¿existen dificultades para cumplir con esa fecha límite? Describir la situación en detalle.

6. Con la siguiente red de proyecto:



a. Calcular los tiempo próximos y lejanos de iniciación para todas las actividades
b. Identificar la ruta crítica para el proyecto
c. ¿Cuánto tiempo de holgura existe, si es que lo hay, para la actividad E?

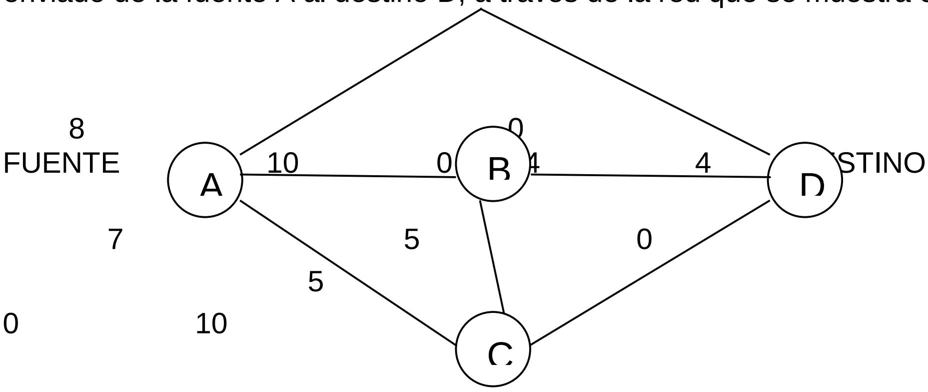
7. Un pequeño proyecto de mantenimiento consta de los siguientes 10 trabajos, cuyas relaciones de precedencia se identifican por su número de nodo:

Tarea	(nodo inicial, nodo final)	Duración estimada (días)
A	(1,2)	2
B	(2,3)	3
C	(2,4)	5
D	(3,5)	4
E	(3,6)	1

F	(4,6)	6
G	(4,7)	2
H	(5,8)	8
I	(6,8)	7
J	(7,8)	4

a. Dibujar el diagrama PERT/CPM que representa el proyecto.
b. Calcular los tiempos próximo y lejano de iniciación, y próximo y lejano de terminación para cada trabajo.
c. ¿Cuánta holgura tienen los trabajos D, F y J?
d. ¿Qué trabajos son críticos?
e. Si el trabajo B tomara 6 días en vez de 3, ¿cómo afectaría esto la fecha de terminación del proyecto?
f. ¿Algunos de los trabajos tienen tiempo de holgura? Si es así, ¿cuál o cuáles lo tienen y cuánto tiempo tienen?

8. <u>Problema de Flujo Máximo.</u> Determinar el flujo máximo de material que puede ser enviado de la fuente A al destino D, a través de la red que se muestra en la siguiente figura:



VI. TRABAJO PRACTICO Nº 6: CADENAS DE MARKOV

1) **Objetivos de Aprendizaje**

a) Identificar aplicaciones de las Cadenas de Markov.
b) Resolver los ejercicios con WinQSB.

2) **Unidad temática que incluye este trabajo práctico**

Este trabajo práctico corresponde a la unidad Nº 6 de la programación de la asignatura.

3) **Consignas a desarrollar en el trabajo práctico:**

- Todos los ejercicios de este trabajo práctico son problemas tipo o rutinarios.
- Los ejercicios se resolverán con las herramientas informáticas, comprendiendo la forma que cada una tiene para capturar el modelo de programación lineal y realizando interpretación de sus reportes.

4) **Desarrollo:**

1. En un pueblo, al 90% de los días soleados le siguen días soleados, y al 80% de los días nublados le siguen días nublados. Con esta información, modelar el clima del pueblo como una Cadena de Markov.

2. La probabilidad de un huelga mañana es de 0.80 si persisten la huelga hoy, mientras que la probabilidad que se trabaje mañana es de 0.85 si se trabaja hoy.
a) Escriba la matriz de transición de la Cadena de Markov.
b) Encuentre las probabilidades de estabilización del sistema.

3. Un cliente puede comprar un Ford, un Chevrolet o un Fiat. Su siguiente compra está determinada por el auto que actualmente tiene. Los fabricantes disponen de los siguientes datos obtenidos por estudios de mercado:

Compra actual	% compra Ford	% compra Chevrolet	% compra Fiat
FORD	40	30	30
CHEVROLET	20	50	30
FIAT	25	25	50

a) Determinar los estados de la cadena
b) Obtener la matriz de transición de estados
c) Graficar el diagrama de estados de la matriz de transición
d) ¿Cuál será la probabilidad de que un cliente que tiene un Ford, compre 2 estados después un Chevrolet?
e) ¿Cuáles son las probabilidades de compras en las 4 compras siguientes disponiendo actualmente de cualquier marca?

4. Un cliente puede adquirir un TV de las siguientes marcas: X, Y y Z. Con respecto al comportamiento de compra se dispone de la siguiente información:

- El 30% que tienen X se mantienen en X en la próxima compra, el 40% adquiere un Y y el 30% un Z.
- De los que poseen Y, el 40% compra un X, el 25% vuelve a comprar Y y el resto un Z.
- El 20% que tienen Z, compran X, el 30% un Y y el resto no cambia de marca.

a) ¿Cuál es la probabilidad que un poseedor de X adquiera un Z al cabo de 2 compras?
b) La probabilidad de que el dueño de un X, vuelva a comprar un X luego de 3 compras.
c) El porcentaje de participación en el mercado a largo plazo.
d) El número esperado de compras que pasarán antes que el actual poseedor de un X adquiera un Z.

5. Suponga que toda la industria de refresco produce 2 colas. Cuando una persona ha comprado cola 1, hay una probabilidad de 90% de que su siguiente compra sea de la cola 1. Si una persona compró cola 2, hay 80% de probabilidad que su compra sea de cola 2.

a) Si actualmente una persona es comprador de cola 2, cuál es la probabilidad de que compre cola 1 pasada 2 compras a partir de hoy?
b) Si en la actualidad una persona es comprador de cola 1, cuál es la probabilidad que compre cola 1 pasada 3 compras a partir de ahora?
c) Supongamos que el 60% de toda la gente toma hoy cola 1 el 40% toma cola 2. A 3 compras a partir de ahora, qué fracción de los compradores estará tomando cola 1?
d) Determinar el estado estable.

6. La cervecería más importante en Alemania (con etiqueta A) ha contratado a un analista de investigación de operaciones para analizar su posición en el mercado. Están preocupados en especial por su mayor competidor (con etiqueta B). El analista piensa que el cambio de marca se puede modelar como una Cadena de Markov incluyendo 3 estados: A y B representan a los clientes que beben cerveza producida por las mencionadas cervecerías y el estado C representa a todas las demás marcas. Los datos se toman cada mes y el analista ha construido la siguiente matriz de transición de los datos históricos:

	A	**B**	**C**
A	0.7	0.2	0.1
B	0.2	0.75	0.05
C	0.1	0.1	0.8

¿Cuáles son los % de mercado en el estado estable para las 2 cervecerías grandes?

7. En una comunicad hay 3 supermercados (S1, S2, S3). Existe la movilidad de un cliente de uno a otro. El 1 de setiembre, ¼ de los clientes va al S1, 1/3 al S2 y 5/12 al S3 de un total de 10000 personas. Cada mes el S1 retiene el 90% de sus clientes y pierde el 10% que se va al S2. Se averiguó que el S2 solo retiene el 5% y pierde el 85% que va al S1 y el resto se va al S3. El S3 retiene solo el 40%, pierde el 50% que se va al S1 y el 10% va al S2.

a) Establecer la matriz de transición.
b) ¿Cuál es la proporción de clientes para los supermercados el 1 de noviembre?
c) Hallar el vector de probabilidad estable.

8. Las familias de cierto país se clasifican según residan en áreas rurales, urbanas o suburbanas. Los estudios de movilidad demográfica estiman que, en promedio, en el curso de un año, el 15% de las familias urbanas cambia de residencia y se traslada a un área suburbana, y el 5% a un área rural; mientras que el 6% de las familias residentes en áreas suburbanas se traslada a áreas urbanas, y el 4% a áreas rurales, y finalmente el 4% de las familias rurales migra a áreas urbanas y el 6% a las suburbanas.

a) ¿cuál es la probabilidad de que una familia que vive ahora en un área urbana siga viviendo en ella dentro de 2 años? ¿y en una suburbana? ¿y en una rural?
b) supongamos que en el presente el 40% de las familias del país viven en áreas urbanas, el 35% en suburbanas y el 25% en rurales, ¿qué % de familias vivirá en áreas urbanas dentro de 2 años?
c) ¿qué distribución de población es de prever en el futuro si las tendencias no cambian?

VII. PROBLEMAS DESAFÍO

1. Objetivos de Aprendizaje

a. Identificar la técnica de IO que se aplique al ejercicio planteado.
b. Aplicar e integrar las técnicas vistas en trabajos prácticos anteriores, pudiendo ser necesario corroborar resultados con la aplicación de técnicas en forma simultánea.

2. Unidad temática que incluye este trabajo práctico

Este trabajo práctico corresponde a las unidades 2, 3, 4, 5 y 6 de la programación de la asignatura.

3. Consignas a desarrollar en el trabajo práctico:

- Todos los ejercicios de este trabajo práctico son problemas abiertos de ingeniería, en cuanto tratan de situaciones reales o hipotéticas.
- Los mismos son la base para encarar casos de estudio reales.
- Los ejercicios se resolverán con las herramientas informáticas vistas en los trabajos prácticos anteriores.

Son requisitos para realizarlos:
- Tener ganas de pensar
- Ser alumno de la cátedra
- Compartir cuanto antes la resolución con la JTP a su mail para controlar la fecha y hora de la respuesta. En el asunto del e-mail se deberá aclarar: *CASO DESAFIO n*.

En todos los casos, los premios son los siguientes:
- 1er. premio: Satisfacción
- 2do. a 3er. premio: Satisfacción (pero menor).

Notas:
- *la cátedra se reserva el derecho de otorgar beneficios adicionales, los cuales solamente se publicarán si el alumno participa.*
- *el ganador es el primero que mande una respuesta correcta, y una síntesis de la metodología empleada. No se recibirán trabajos entregados personalmente.*

4. Desarrollo

1. BANQUETE DE SERVILLETAS

Un hotel debe atender una serie de banquetes diarios, para lo cual debe adquirir servilletas nuevas. El costo de las servilletas es de $40/unidad; las servilletas usadas se envían al lavadero, donde son lavadas y devueltas a los 4 días, a un costo de $5/unidad. Puede optarse también por un sistema de lavado rápido, obteniéndose el reintegro de las servilletas por parte del lavadero a los 2 días, pero a un costo de $8/unidad.

La concurrencia de cada uno de los 6 banquetes que se realizarán está fijada en 130, 70, 60, 100, 90 y 120 personas respectivamente. Se desea averiguar cuántas servilletas deberán comprarse, cuántas se enviarán al lavadero usando el servicio normal, y cuántas usando el servicio rápido, si se tiene como objetivo minimizar el costo de la operación.

2. AEROLINEAS

Una línea aérea vincula las ciudades de Córdoba y Bs. As, mediante vuelos en ambas direcciones. Diariamente salen 3 vuelos de Córdoba hacia Bs. As. Y viceversa. Si reconoce la duración de los vuelos para las tripulaciones, de tal modo de hacer mínimo el tiempo que las mismas permanecen fuera de la ciudad en que se domicilian. Es posible contratar tripulación con residencia en Córdoba ó en Bs. As. Cada tripulación se hace cargo de un aparato, y se dirige de su ciudad de origen hacia la otra, y regresa, permaneciendo hasta el día siguiente en su ciudad de origen. El programa de vuelos es el siguiente:

	SALE	LLEGA
1	De Cba, 10:00 hs	A Bs. As., 16:00 hs
2	De Cba, 17:00 hs	A Bs. As., 23:00 hs
3	De Cba, 01:00 hs	A Bs. As., 07:00 hs
4	De Bs. As., 09:00 hs	A Cba, 15:00 hs
5	De Bs. As., 14:00 hs	A Cba, 20:00 hs
6	De Bs. As., 20:00 hs	A Cba, 02:00 hs

3. JUEGO DE CASINO: Par de Dados

Formular este juego como una Cadena de Markov, a fin de determinar el % de las veces que se puede ganar. En este juego, tiramos un par de dados.
▪ Si el resultado es 7 u 11 en la primera tirada, ganamos de inmediato.
▪ Si sacamos 2, 3 o 12, perdemos de inmediato.
▪ Cualquier otro total, esto es, 4, 5, 6, 8, 9 o 10, nos da una segunda oportunidad. En esta parte del juego, continuamos tirando los dados hasta que obtengamos o un 7 o el total obtenido en la primera tirada.
○ Si obtenemos un 7, perdemos.
○ Si el resultado es el mismo total que en la primera tirada, ganamos.

Sugerencia: Diagrama de flujo disponible en Winston

4. DARDOS SOBRE TRES BLANCOS

Con este ejercicio, te invitamos a competir en una prueba de habilidad e ingenio consistente en el lanzamiento de 10 (diez) dardos sobre tres blancos: Ágata, Esmeralda y Rubí; con la condición de que cada uno de ellos no reciba más de cuatro impactos. Cada blanco es un tablero circular de hardboard, de 120 cm de diámetro, que tiene dibujadas seis circunferencias concéntricas; la menor de ellas es de 10 cm de radio y las restantes tienen radios que son múltiplos sucesivos de 10 expresados en centímetros.

Usted, se ubicará en el centro de gravedad de un triángulo equilátero de diez metros de lado, trazado sobre un suelo horizontal y en cuyos vértices se apoyan las bases que sostienen los blancos, cada uno ubicado en el plano perpendicular a la plomada que pasa por dicho centro de gravedad. Los blancos están instalados a la misma altura y serán igualmente visibles para el tirador. En consecuencia, mediante simples giros de 120 grados sobre si mismo podrá enfrentar, según su deseo, los distintos blancos. Estos tienen en sus anillos las diferentes puntuaciones que se indican en la tabla siguiente:

Blanco	Ágata	Esmeralda	Rubí
Centro	15	20	25

Anillo 1	12	16	20
Anillo 2	9	12	15
Anillo 3	6	8	10
Anillo 4	3	4	5
Anillo 5	0	0	0

Suponemos que el lector es un “certero tirador al blanco”; esto significa que donde pone el ojo pone la bala. La prueba consiste en lograr, mediante los impactos, la máxima suma de puntos posibles que no supere 119, cifra elegida arbitrariamente por el jurado de la competencia, no debiendo presentarse como sumando más de dos veces el mismo valor numérico. Un impacto fuera de los blancos implica descalificación del participante; por su puntería descontamos que usted está excluido de tan lamentable situación.

5. NÚMEROS PARA LAS LETRAS

La revista de la edición dominical de un conocido periódico de la Ciudad de Buenos Aires, ha popularizado un tipo de problema como el que se presenta en el cuadro siguiente:

A	B	C	D	E	F	26
B	C	D	E	F	G	28
A	C	E	A	C	E	22
B	D	G	G	F	F	30
10	24	18	12	23	19	

Es necesario establecer qué número natural representa cada letra sabiendo que sus sumas horizontales y verticales se indican al final de cada fila y columna. A letras iguales corresponden números iguales. Los números son diferentes para letras diferentes.

El desafío de este acertijo consiste no solamente en la asignación de un número a cada letra, sino también en la descripción de la técnica de resolución del mismo. Por ello es esencial la precisión en la descripción del método de la técnica de Investigación Operativa utilizada, para la calificación del mismo.

13. CAJA DE AHORROS

El dinero de mi cuenta de ahorros tiene un interés de 10% anual. Cada vez que voy al banco, me tardo 15 minutos esperando turno. Mi tiempo vale 10 dólares la hora. Durante cada año, necesito retirar 10000 dólares para pagar mis cuentas.

a. ¿Con qué frecuencia debo ir al banco?
b. Cada vez que vaya al banco, ¿cuánto dinero debo retirar?
c. Si aumentan mis pagos, ¿iré al banco con mas o con menos frecuencia?
d. Si las tasas de interés aumentan, ¿debo ir al banco con mas o con menos frecuencia?
e. Si el banco pone mas ventanillas, ¿debo ir con mas o con menos frecuencia?

6. PROYECTO

El gerente tiene la oportunidad de participar en un proyecto que tiene un precio de venta de 90000 u$s, pero que debe completarse en 8 semanas. La carta de oferta se recibió el viernes por la tarde. Tanto el superintendente de producción como el contador de costos trabajaron el sábado y completaron los estudios necesarios de tiempo y costo para el lector, basándose en trabajos anteriores.

Como el presidente necesita una respuesta a las 8:30 am del próximo lunes (principio de las 8 semanas), se ha pedido al lector que determine la costeabilidad del proyecto sobre una base de 8 semanas. La respuesta a las 8:30 am del próximo lunes permitirá que la empresa de la orden de producción a las 10:00 am a fin de quedar dentro de las 8 semanas que exige el cliente.

En condiciones normales y sin considerar de urgencia el proyecto, los tiempos y costos se basan en un período de 11 semanas. ¿Qué respuesta debe dar el presidente al cliente el lunes por la mañana? A continuación se da una tabla de tiempos:

Nodo	**Nodo Precedente**	**Normal**		**Urgencia**	
		Semanas	**Costo**	**Semanas**	**Costo**
4	1	2	8000	1	13000
2	1	3	7000	1	19000
3	1	6	11000	5	13500
4	2	4	6000	3	10000
3	2	2	9000	1	10000
5	2	7	8500	6	11500
5	4	4	10500	3	16000
5	3	3	5000	2	7000