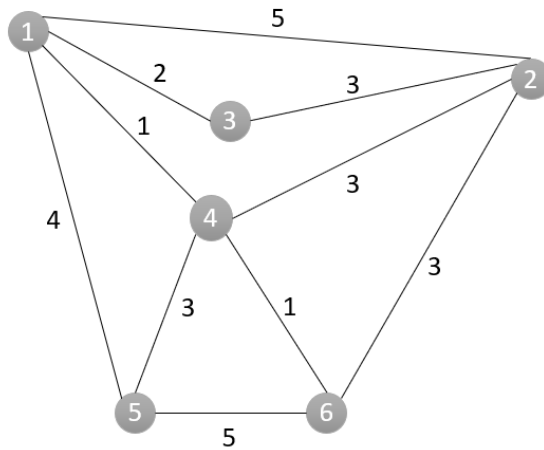


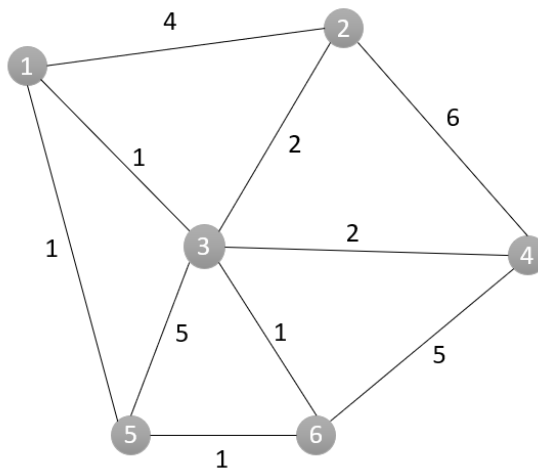
Tema 1 - Introducció a la gestió de la cadena de subministrament

1. Troba l'emparellament perfecte de cost mínim per als grafs següents:

a)



b)



2. Una empresa disposa de 4 màquines per a fer un total de 10 tasques. Cadascuna de les màquines té un total de 60, 50, 70 i 30 hores de treball disponibles a la setmana. La taula següent mostra les hores que requereix cada tasca per a ser completada en cada màquina:

| Tasca | Màquina 1 | Màquina2 | Màquina 3 | Màquina 4 |
|-------|-----------|----------|-----------|-----------|
| 1 | 25 | 30 | 22 | 28 |
| 2 | 10 | 12 | 11 | 15 |
| 3 | 30 | 31 | 30 | 28 |
| 4 | 10 | 20 | 10 | 20 |
| 5 | 20 | 10 | 20 | 10 |
| 6 | 15 | 18 | 20 | 21 |
| 7 | 40 | 35 | 35 | 45 |
| 8 | 4 | 9 | 8 | 7 |
| 9 | 29 | 20 | 15 | 22 |
| 10 | 13 | 19 | 10 | 5 |

A més a més, fer cadascuna de les tasques comporta un cost que és diferent per a cada màquina. Els costos d'execució de les tasques es poden observar en la taula següent:

| Tasca | Màquina 1 | Màquina2 | Màquina 3 | Màquina 4 |
|-------|-----------|----------|-----------|-----------|
| 1 | 20 | 30 | 13 | 36 |
| 2 | 9 | 16 | 13 | 23 |
| 3 | 42 | 34 | 42 | 39 |
| 4 | 9 | 22 | 7 | 20 |
| 5 | 20 | 12 | 28 | 13 |
| 6 | 23 | 11 | 14 | 17 |
| 7 | 56 | 49 | 32 | 54 |
| 8 | 6 | 5 | 8 | 9 |
| 9 | 26 | 30 | 21 | 33 |
| 10 | 17 | 13 | 10 | 4 |

Resol un problema d'assignació generalitzada per tal de decidir quina màquina durà a terme cada tasca sense sobrepassar el nombre total d'hores disponibles de cada màquina i minimitzant el cost total de l'assignació.

3. Una empresa de càtering es dedica a preparar el dinar per a una sèrie d'escoles. L'empresa té contracte amb 10 escoles i disposa de tres locals on preparar els dinars que després seran repartits als centres. La taula següent mostra les racions que han de servir cada dia a cada escola:

| Escola | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Racions | 200 | 250 | 400 | 350 | 120 | 100 | 180 | 210 | 300 | 310 |

El primer local té capacitat per a cuinar 1000 racions diàries, el segon 800 i el tercer 1100. Per tal que el menjar arribe tan ràpid com es puga als centres i, al mateix temps, estalviar en despeses de transport, es vol assignar a cada local les escoles per a les quals cuinarà minimitzant la distància total recorreguda per al repartiment de les racions (totes les racions d'una mateixa escola han de ser cuinades al mateix local). La taula següent mostra les distàncies, en quilòmetres, entre els locals i cada escola:

| | Escola | | | | | | | | | |
|-------|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Local | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 10 | 2 | 23 | 12 | 6 | 2 | 4 | 15 | 28 | 31 |
| 2 | 6 | 12 | 10 | 4 | 17 | 21 | 6 | 14 | 15 | 3 |
| 3 | 24 | 7 | 11 | 15 | 20 | 4 | 15 | 9 | 17 | 10 |

Resol un problema d'assignació generalitzada per a determinar per a quines escoles ha de cuinar cada local.

4. Una empresa té 20 tasques que assignar entre els seus treballadors. Cada empleat treballa 8 hores al dia. En la taula següent es pot veure la duració diària, en minuts, de cada tasca:

| Tasca | Duració | Tasca | Duració |
|-------|---------|-------|---------|
| A | 85 | K | 60 |
| B | 125 | L | 75 |
| C | 165 | M | 110 |
| D | 105 | N | 120 |
| E | 45 | O | 80 |
| F | 135 | P | 25 |
| G | 185 | Q | 40 |
| H | 45 | R | 115 |
| I | 90 | S | 100 |
| J | 70 | T | 145 |

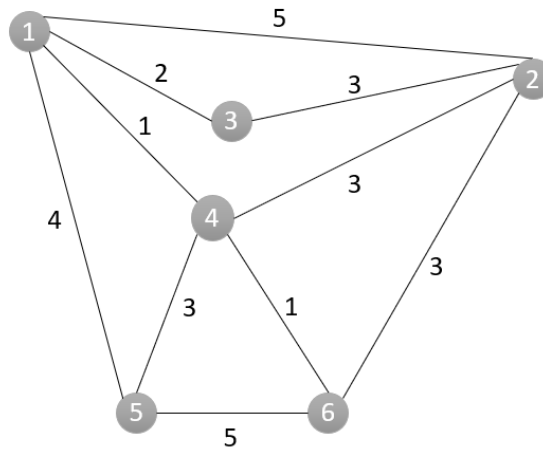
Determina quin és el nombre mínim de treballadors que fan falta per a dur a terme totes les tasques i quina tasca hauria de fer cadascun.

5. Una empresa de transport disposa de camions que poden carregar fins a un màxim de 9 tones de pes. La taula següent mostra totes les comandes que ha de transportar avui agrupades per pes (en tones).

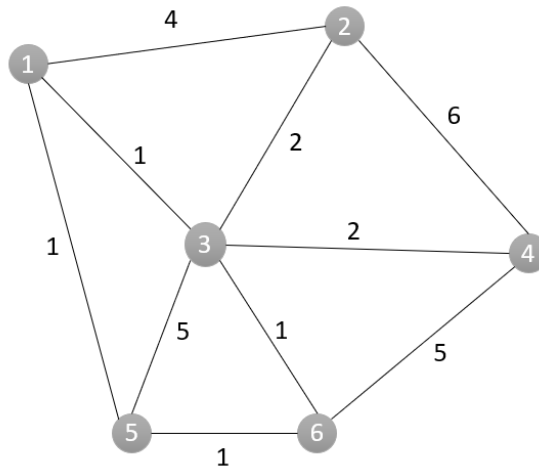
| Pes | Nombre de comandes |
|-----|--------------------|
| 2 | 4 |
| 3 | 2 |
| 4 | 6 |
| 5 | 6 |
| 6 | 2 |
| 7 | 2 |
| 8 | 8 |

Troba el nombre mínim de camions necessari per a repartir totes les comandes i la distribució de les comandes en els camions.

6. Planteja i resol el model de programació matemàtica necessari per a calcular el camí més curt del vèrtex 1 al vèrtex 2 del graf següent:



7. Aplica l'algorisme de Dijkstra per a calcular el camí més curt des del vèrtex 4 a tota la resta de vèrtexs del graf següent:



8. Una companyia vol desenvolupar un pla de planificació agregada per als pròxims 3 mesos. Han decidit seguir una estratègia de persecució de la demanda. Cada treballador produeix 20 unitats al mes, i el cost de producció d'una unitat és de 80 €. Contractar un nou treballador costa 200 €, i acomiadar-lo 150 €. Els costos de manteniment d'inventari són de 5 € per unitat i mes. A l'inici de la planificació, l'empresa compta amb 3 treballadors i cap unitat en magatzem. Les demandes dels tres mesos són 60, 180 i 120 unitats, respectivament. No es permeten hores extres, desproveïment ni subcontractació. Resol el corresponent problema de planificació agregada.
9. Una empresa fabricant de materials per a teulades ha establert les següents previsions mensuals de teules per al període entre els mesos de gener a juny:

| Mes | Demanda esperada | Dies de producció | Demanda diària |
|--------|------------------|-------------------|----------------|
| Gener | 900 | 22 | 41 |
| Febrer | 700 | 18 | 29 |
| Març | 800 | 21 | 28 |
| Abril | 1200 | 21 | 57 |
| Maig | 1500 | 22 | 68 |
| Juny | 1100 | 20 | 55 |

Per a fer front a aquesta demanda, l'empresa es planteja tres possibles estratègies:

- Mantenir una força de treball constant durant els sis mesos que siga suficient per a cobrir tota la demanda (sense utilitzar hores extres).
- Seguir una estratègia de persecució de la demanda, contractant i acomiadant cada mes els treballadors que calga, produint sempre les quantitats exactes demanades.
- Mantenir una força de treball constant de 8 treballadors i utilitzar hores extres quan siga necessari (amb un màxim de 3 hores extres al dia per treballador).

La taula següent conté tota la informació dels costos associats a les estratègies anteriors (cada empleat treballa 8 hores al dia, per damunt d'això es consideren hores extres):

| | |
|--|---------------------|
| Cost d'emmagatzematge | 5 u.m./mes/unitat |
| Cost d'una hora normal de treball | 5 u.m./hora |
| Cost d'una hora extra de treball | 7 u.m./hora |
| Hores de treball per a produir una unitat | 1.6 hores/unitat |
| Cost de contractar un treballador | 10 u.m./treballador |
| Cost d'acomiadar un treballador | 15 u.m./treballador |

Resol els corresponents problemes de planificació agregada i compara les tres estratègies per a decidir quina és la millor per a l'empresa.

Tema 2 - Gestió d'inventaris

1. Calcula la grandària de lot òptima d'un article que té una demanda anual de 5000 unitats. Assumeix que el cost d'emmagatzematge està basat en un interès anual del 20%, el cost de compra de l'article és 10 € i el cost de llançament és 25,20 € per cada ordre. No hi ha temps d'aprovisionament, i l'empresa segueix un sistema (s,Q). Calcula també cada quants dies s'ha de llançar una ordre d'aprovisionament.
2. Sun Corporation és un venedor minorista de llibretes. Compren les llibretes a un majorista al preu de 50 cèntims per unitat, i les venen a 85 cèntims cadascuna. La demanda de llibretes s'estima que és de 9000 per trimestre. Si el cost de llançament de cada ordre és de 4 € i el cost de emmagatzematge és del 15% anual, calcula la grandària del lot econòmic.
3. Quina seria la grandària òptima del lot econòmic d'un article amb la informació següent?
 - Demanda anual de 2000 unitats
 - Cost d'adquisició del producte de 2 € per unitat
 - Cost d'emmagatzematge del 25% anual
 - Cost de llançament de cada ordre de 5 €
4. Sabem que la grandària òptima del lot econòmic d'un article és de 150 unitats, i la demanda anual és de 2400 unitats. Si el cost de llançament és de 20 €, calcula quin és el cost d'emmagatzematge d'una unitat del producte.
5. Cada any, PECAJU Consulting Group necessita formar 27 programadors per al seu departament de desenvolupament. Independentment de quants estudiants es formen, cada programa de formació li suposa un cost a l'empresa de 12000 €. Com que els programadors guanyen 1500 € mensuals, PCG no desitja formar-los abans de que siguin necessaris. Cada sessió de formació necessita un mes. Calcula quants estudiants hi ha d'haver en cada curs de formació i quants programes de formació s'han d'organitzar cada any.
6. Tenim les següents dades corresponents a un producte:
 - Demanda anual: 3650 unitats
 - Preu d'adquisició: 25 € per unitat
 - Cost de llançament: 35 € per ordre
 - Cost d'emmagatzematge: 25% anual

Disposem de dues opcions per a l'aprovisionament:

- Opció 1: l'empresa determina les ordres i la quantitat demanada, i el proveïdor envia cada comanda en un únic enviament.

- Opció 2: el proveïdor envia 15 unitats al dia.

Compara les dues opcions i decideix quina és la millor per a l'empresa.

7. Una empresa comercialitza un producte amb demanda anual de 15000 unitats, cost per unitat de 2,5 €, cost de llançament de 300 € i cost d'emmagatzematge del 15%. Tenint en compte que segueix una política d'inventari amb revisió periòdica (T,S), calcula el temps entre revisions. Quin serà el nivell màxim d'inventari?
8. La demanda anual d'un article és de 2000 unitats, el cost unitari és de 5 €, el cost de llançament és 25 € i el cost d'emmagatzematge és del 30% anual. Determina el temps òptim entre revisions per a un sistema de revisió periòdica.
9. El gestor de l'inventari d'una empresa té la informació següent per a un article:
 - Demanda anual: 30000 unitats
 - Cost unitari: 5 €
 - Cost de llançament: 100 €

Si l'empresa segueix un sistema de revisió periòdica i se sap que el període de revisió òptim és de 30 dies, quin serà el cost anual d'emmagatzematge de l'article per unitat?

10. Una ferreteria atén les necessitats dels fabricants locals. Un dels productes que ven la tenda és un cinturó de niló. La demanda mensual del cinturó és de 8000 unitats. Les comandes al proveïdor suposen un cost de 35 € cadascuna. Si el cost d'emmagatzematge és de 2 € per unitat i any, i assumint que les comandes es reben instantàniament i completes, calcula:
 - a) La grandària del lot econòmic que minimitze els costos d'inventari totals
 - b) Els costos de llançament anuals
 - c) El cost d'emmagatzematge anual
 - d) El cost d'inventari total (sense incloure el cost d'adquisició)
 - e) El temps entre comandes
 - f) El nombre total de comandes anuals
11. Un magatzem emmagatzema un sol tipus d'article. La demanda anual d'aquest article és de 1.200 unitats. El cap de magatzem utilitza una grandària de lot fixa de 100 unitats, equivalent a 1 mes d'ús, cada vegada que fa una comanda. El cost d'emmagatzematge és del 25% anual, i el cost de l'article és de 300 € per unitat. Si el cost de llançament és de 35 € per comanda, calcula quina seria la grandària de lot econòmic òptima i quins serien els estalvis que obtindria el magatzem si l'aplicara.
12. Una empresa ven un article amb demanda anual de 5000 unitats. El temps d'aprovisionament és (constant) de 8 dies. Calcula el punt de comanda òptim.

13. El comptable d'una empresa ha obtingut les següents dades d'inventari relatives a un article fràgil que costa 50 € gestionat al magatzem de la seua empresa. Si la demanda anual de l'article és de 2400, calcula l'EOQ i el cost d'inventari (sense incloure el cost d'adquisició) per a aquest article.

| | |
|--|------------------|
| Cost d'oportunitat d'inversió | 8,5% anual |
| Cost de llançament | 35 € per comanda |
| Cost d'inspecció dels articles rebuts | 5 € per comanda |
| Costos per trencament o deterioració | 6,5% anual |
| Lloguer del magatzem | 3% anual |
| Cost de l'assegurança | 1% anual |

14. Un distribuïdor comercialitza un producte que compra a un proveïdor a un cost de 45 € per unitat. Coneixem les següents dades del producte:

| | |
|---|------------------|
| Demanda anual | 4380 unitats |
| Cost d'oportunitat d'inversió | 12,5% anual |
| Cost de llançament | 22 € per comanda |
| Cost d'inspecció dels productes rebuts | 3 € per comanda |
| Costos per trencament o deterioració | 9,5% anual |
| Lloguer del magatzem | 6,5% anual |
| Cost de l'assegurança | 1,5% anual |

L'empresa té dues opcions:

- Rebre tots els productes de cada comanda a la vegada
- Rebre 15 unitats cada dia

Quina opció és més convenient per a l'empresa?

15. Una empresa rep un producte amb un cost de llançament de 100 € per comanda. La demanda del producte és de 75 unitats setmanals, i el seu cost d'emmagatzemament és de 50 cèntims per setmana i unitat. Quins són el període òptim entre comandes i el nivell màxim d'inventari per a un sistema (T,S)?
16. La demanda anual d'un article és de 1200 unitats. El temps d'aprovisionament és de 10 dies en mitjana, amb una desviació típica de 8 unitats. Calcula l'estoc de seguretat i el punt de comanda si es desitja un nivell de servei del 95%.
17. La demanda diària d'un article es distribueix de forma normal amb una mitjana de 50 unitats i desviació típica de 3. El temps d'aprovisionament és (constant) de 5 dies. Calcula l'estoc de seguretat i el punt de comanda si es desitja un nivell de servei del 95%.
18. La demanda diària d'un article és de 30 unitats. El temps d'aprovisionament segueix una distribució normal amb mitjana de 10 dies i desviació típica de 2. Calcula l'estoc de seguretat i el punt de comanda si es desitja un nivell de servei del 95%.

19. La demanda diària mitjana d'un producte és de 200 unitats, amb una desviació típica de 60. El temps d'aprovisionament és de 15 dies. Amb un punt de comanda de 3200 unitats, quin nivell de servei aconseguiríem?
20. La demanda diària d'un article segueix una distribució normal amb mitjana de 30 unitats i desviació típica de 4. El temps d'aprovisionament també segueix una distribució normal, amb mitjana de 5 dies i desviació típica de 1. Calcula l'estoc de seguretat i el punt de comanda per a un nivell de servei desitjat del 90%.
21. La demanda setmanal d'un producte segueix una distribució normal amb mitjana de 200 unitats i desviació típica de 50. El període òptim de revisió és de 4 setmanes i el temps d'aprovisionament és de 3 setmanes. Es desitja un nivell de servei del 98%, calcula l'estoc de seguretat i el nivell màxim d'inventari.
22. Una empresa ven un producte amb una demanda quinzenal que segueix una distribució normal amb mitjana de 500 unitats i desviació típica de 150 unitats. El cost de llançament és de 2000 € i el cost d'emmagatzemament anual, de 20 € per unitat. El temps d'aprovisionament és de 5 setmanes. Es desitja un nivell de servei del 95%. Per a un model de gestió per punt de comanda, calcula:
- El lot econòmic
 - L'estoc de seguretat
 - El punt de comanda
 - El cost total de gestió de l'inventari
23. La demanda diària d'un article segueix una distribució normal amb mitjana de 30 unitats i desviació típica de 4. El temps d'aprovisionament també segueix una distribució normal, amb mitjana de 5 dies i desviació típica de 1. El cost de llançament és de 20 € per comanda, el cost d'emmagatzemament del producte és de 0,25 € per unitat i any. Per a un sistema de revisió periòdica, calcula el període de revisió, l'estoc de seguretat i el nivell màxim d'inventari per a un nivell de servei desitjat del 90%.
24. Sao Vicente Chemical és una empresa portuguesa que produeix lubricants. S'ha estimat la demanda trimestral per al pròxim any del seu producte estrella, Serrado Oil. El nombre de palets demandats es pot veure en la taula següent:

| Trimestre | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------|-----|------|-----|-----|
| Demanda | 720 | 1410 | 830 | 960 |

El cost de producció de cada palet del producte és de 350 €, el cost d'emmagatzematge és del 7,5% anual, i n'hi ha un cost fix pel llançament de cada ordre de fabricació de producte de 8900 €.

- a) Resol un model de programació matemàtica per a obtenir la política òptima de producció per a l'any que ve.
- b) Aplica el mètode de Wagner-Whitin per a resoldre el mateix problema.

25. Un distribuïdor de productes de papereria comercialitza 12 articles. La taula següent mostra les vendes anuals de cada producte, així com el benefici per unitat.

| Producte | Vendes anuals | Benefici per unitat (€) |
|------------------------|----------------------|--------------------------------|
| Capsa de llapisseres | 360 | 0,15 |
| Ploma | 180 | 0,75 |
| Paquet de 175 fulls | 3500 | 1,50 |
| Paquet de 300 fulls | 500 | 2,25 |
| Bolígraf | 10000 | 0,05 |
| Maquineta de fer punta | 300 | 1,50 |
| Paquet de retoladors | 25000 | 0,75 |
| Grapadora xicoteta | 2500 | 2,50 |
| Grapadora gran | 100 | 5 |
| Paquet de grapes | 50000 | 0,05 |
| Pinzell | 500 | 8 |
| Joc de regles | 10000 | 6,50 |

Aplica un anàlisi ABC per a classificar per categories els productes en funció del seu valor anual.

Tema 3 – Problemes de localització

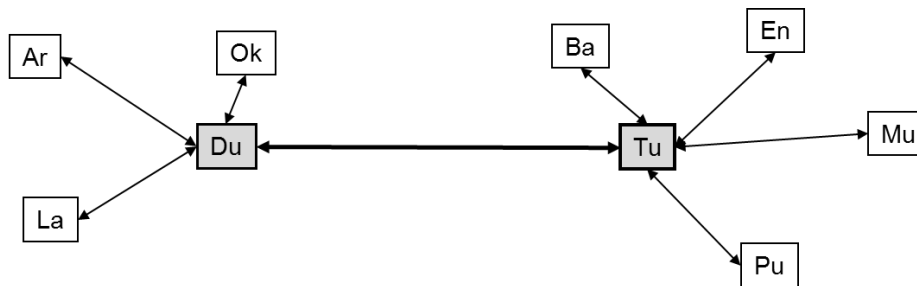
Nota: totes les dades necessàries per a la resolució dels exercicis es troben en el fitxer Excel “Tema 3 – dades exercicis.xlsx”.

1. Koster Express és una empresa de transport dels EUA radicada a Oklahoma. El transport està organitzat utilitzant un grup de terminals, que serveix cadascuna en una zona, dos concentradors i un sistema de transport a llarga distància.

Cada terminal té una flota de camions que recullen productes de clients de la zona de 13.00 a 19.00 i els porten a la terminal. Els mateixos camions reparteixen els productes, procedents de qualsevol terminal, als seus destinataris de 9.00 a 13.00. A les terminals, els productes són agrupats en palets per a enviar-los i, d'altra banda, els palets procedents d'altres terminals són oberts i els productes que contenen són classificats per a distribuir-los. Els productes el destí dels quals està en una zona diferent, són portats primer al concentrador assignat.

Actualment l'empresa té 9 terminals. El transport a llarga distància entre concentradors es fa amb camions grans, generalment equipats amb tràilers, que tenen una capacitat d'entre 18 i 20 palets, normalment a la nit.

Durant els últims 6 anys, el transport a llarga distància ha usat dos concentradors a Duncan (Du) i Tulsa (Tu). El concentrador de Duncan rep els productes de les terminals Ardmore (Ar), Lawton (La), Oklahoma (Ok) i Duncan, mentre que el concentrador de Tulsa rep els de Enid (En), Bartlesville (Ba), Muskogee (Mu), Ponca (Po) i Tulsa. Per exemple, un producte procedent de l'àrea Ar el destí del qual està en l'àrea de En, és transportat en camions des de Ar al concentrador a Du, des d'aquest, juntament amb altres productes procedents de La, Ok i Du, és transportat a Tu i, des d'ací, a la terminal de En.



La direcció ha decidit fer un estudi per a canviar de lloc els dos concentradors, si fora convenient, permetent que actue com a concentrador qualsevol de les terminals. El gabinet al qual se li va encarregar fer l'estudi va decidir considerar solament els costos de transport entre les terminals i els concentradors (menyspreant els costos de transport entre els possibles concentradors).

Els productes que entren i ixen cada dia de cada terminal cap al concentrador són transportats en camions amb una capacitat de 14 palets. El cost de transport diari entre la terminal en i i el concentrador en j suposant que cal enviar n_i camions, podem calcular-lo com:

$$c_{ij} = n_i \times 2 \times 0.74 \times l_{ij}$$

sent 0,74 el cost de transport en dòlars per milla i l_{ij} la distància en milles entre totes dues terminals. D'altra banda, cada terminal i pot manejar un màxim de q_i (capacitat) camions diaris en cas que siga utilitzada com a concentrador. Les distàncies entre terminals, el nombre de palets diaris (demanda) i les capacitats de cada terminal estan en el fitxer Excel de dades. S'ha de tenir en compte que un camió només pot portar 14 palets, per la qual cosa el nombre de camions necessaris per a cada terminal depèn del nombre de palets.

- a) Determina les terminals en les quals cal situar els concentradors i les terminals que tindrà assignades cada concentrador per a minimitzar el cost total de transport.
- b) Considera ara que existeixen els següents costos fixos d'implantació de concentradors en cadascuna de les terminals. Obté la solució en aquest cas.

| | Ar | Ba | Du | En | La | Mu | Ok | Po | Tu |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| costos fixos | 800 | 200 | 900 | 100 | 370 | 900 | 890 | 400 | 280 |

2. Goutte és una companyia canadenca que produeix i distribueix refrescos. Les plantes de producció s'utilitzen per a satisfer la demanda dels diversos districtes de vendes. El procés de producció fa servir aigua, disponible en quantitats il·limitades a un cost menyspreable i extractes de sucre, que conformen un xicotet percentatge del pes total del producte final. Per aquesta raó, els costos de subministrament són insignificants en comparació amb els costos de distribució del producte final. La direcció voldria determinar la configuració de plantes que minimitze la suma ponderada dels costos de transport i d'obertura de les instal·lacions. La màxima distància acceptable entre una planta potencial i un districte de vendes és de 75 km. La demanda es pot dividir entre instal·lacions. Cada camió té capacitat per a transportar 150 hectolitres, i s'ha calculat que el cost per quilòmetre de cada camió és de 0,92 \$. Els costos fixos, les capacitats de les potencials localitzacions per a les plantes, les demandes de cada districte i les distàncies es poden trobar en el fitxer Excel de dades.

- a) Planteja (sobre el paper) la formulació apropiada per a la resolució d'aquest problema.
- b) Implementa i resol en Excel la formulació plantejada. Explica la solució obtinguda (per escrit o mitjançant un graf).

3. Logconsult és una empresa consultora americana a la qual han encarregat proposar canvis en el sistema logístic de Gelido, una empresa mexicana de distribució d'aliments congelats. Un aspecte clau de l'anàlisi és la nova localització dels centres de distribució de Gelido. Un estudi preliminar del problema va conduir a la identificació de 3 llocs potencials on poder obrir els centres: Linares, Monclova i Monterrey. Els costos fixos de les instal·lacions inclouen el lloguer, l'amortització de la maquinària, assegurances i sou dels treballadors, i suposen un total de 80.000 \$ anuals. Després d'estudiar dades històriques, s'ha determinat que el cost d'operació d'un centre de distribució es pot aproximar com una funció lineal amb dos trossos, on el primer fragment, fins a $u_i' = 3.500$ centenars de kg a l'any, té costos fixos $f_i' = 82.252$ \$/any i variables $g_i' = 18,5$ \$/cent kg, i el segon fragment té costos fixos $f_i'' = 134.400$ \$/any i variables, $g_i'' = 4,1$ \$/cent kg.

Cada potencial centre de distribució té capacitat per a 20.000 centenars de kg a l'any. Els districtes de vendes són les àrees al voltant de Bustamante, Saltillo, Santa Catarina i Montemorelos. Les demandes anuals són 6.200 centenars de kg en Bustamante, 6.600 centenars de kg en Saltillo, 5.800 centenars de kg en Santa Catarina i 4.400 centenars de kg en Montemorelos. El transport es realitza en camions amb una capacitat de 10 centenars de kg amb un cost de 0,98 \$/milla. Les distàncies entre els potencials centres de distribucions i els districtes de vendes es poden trobar en el fitxer Excel de dades. Planteja (sobre el paper) la formulació apropiada per a la resolució d'aquest problema, resol-lo amb Excel i explica la solució obtinguda.

4. United Copiers ven fotocopiadores a clients d'onze ciutats dels EUA. A més, proporciona el servei de manteniment quan es requereix. La companyia vol establir centres de servei en tres d'aquestes ciutats. Una vegada es decidisca la localització dels centres de servei, els clients de cada ciutat seran assignats a un dels centres de servei. Per exemple, si decideix situar un centre de servei a Nova York i assigna els clients de Boston a aquest centre, cada vegada que es requereisca un servei a Boston, un empleat haurà de viatjar des de Nova York a Boston. Les distàncies, en milles, entre les ciutats i el nombre estimat anual de viatges per al conjunt de clients de cada ciutat (obtingut utilitzant dades històriques) es poden trobar en el fitxer de dades. L'objectiu és determinar la localització dels tres centres de servei i l'assignació dels clients a aquests centres, de manera que es minimitze la distància anual de viatge resultant. Planteja (sobre el paper) la formulació apropiada per a la resolució d'aquest problema, resol-lo amb Excel i explica la solució obtinguda.

5. Delta Air ha decidit dissenyar un sistema de "concentradors" per als seus vols als Estats Units. Cada concentrador es fa servir per a connectar vols des de / cap a ciutats que es troben a menys de 1000 milles del concentrador. Delta Air té vols entre les ciutats següents: Atlanta (AT), Chicago (CH), Denver (DE), Houston (HO), Los Angeles (LA), New Orleans (NO), New York (NY), Pittsburgh (PI), Salt Lake City (SL), San Francisco (SF) i Seattle (SE). La companyia vol determinar el menor nombre de concentradors necessaris i en quines ciutats se situarien per tal de cobrir totes les ciutats, de forma que cada ciutat tinga almenys un concentrador a menys de 1000 milles. La taula amb les distàncies entre ciutats (en milles) es troba en el fitxer Excel de dades.
 - a) Formula el problema en paper.
 - b) Implementa i resol en Excel la formulació plantejada i explica la solució obtinguda.
 - c) Suposa que la companyia està disposada a utilitzar tres concentradors i vol que el major nombre possible de ciutats estiguen cobertes per almenys dos concentradors per tal de disposar de major flexibilitat a l'hora de fer les connexions. Modifica el model anterior i resol-lo.

6. Al comtat anglés de Cornualles, un consorci de 10 localitats (Sennen, Cove, Port Curno, Trevilley, Botallack, Morvah, Treen, Zennor, St. Ives, St. Erth i Hayle) ha decidit millorar el seu servei contra incendis. La persona responsable del projecte ha determinat que s'ha de poder arribar al centre de cada localitat en menys de 10 minuts des de l'estació de bombers més propera. El cost anual d'una estació, inclòs el cost del personal, és de

123000 lliures. Els temps de viatge entre les localitats es pot trobar en el fitxer Excel de dades.

- a) Planteja i resol el problema per a determinar quantes estacions de bombers s'han d'obrir i en quines localitats per tal de minimitzar el cost total garantint que totes estiguen a menys de 10 minuts d'almenys una estació.
 - b) Considera ara que l'objectiu principal continua sent minimitzar el cost d'obertura de les estacions, però també es vol minimitzar la suma dels temps de viatge a totes les ciutats per tal d'optimitzar els temps de resposta. Resol el problema per a decidir on s'han d'obrir les estacions i a quina estació s'ha d'assignar cada localitat.
7. Per a la instal·lació d'un punt de vacunació mòbil a la ciutat de Krosno, a Polònia, s'ha subdividit el centre de la ciutat en 13 àrees i s'han calculat les distàncies entre els seus centroides, les quals es poden trobar (en metres) en el fitxer de dades. El punt de vacunació es pot situar en qualsevol dels centroides, i l'objectiu és situar-lo de tal forma que es minimitze la distància a l'àrea més llunyana.
- a) Planteja (sobre el paper) la formulació apropiada per a la resolució d'aquest problema, resol-lo amb Excel i explica la solució obtinguda. És possible resoldre aquest problema a mà (sense formular un model)?
 - b) Suposa ara que volem situar dos punts. Resol el problema. És possible resoldre'l a mà?
8. SC Consulting, una consultora, ha de decidir on situar les seues oficines als Estats Units. Els seus clients estan ubicats en 16 estats, i existeixen quatre llocs potencials on localitzar les oficines: Los Angeles, Tulsa, Denver i Seattle. El cost fix anual d'ubicar una oficina a Los Angeles és de 165.428 dòlars, a Tulsa és de 131.230 dòlars, a Denver és de 140.000 dòlars i a Seattle és de 145.000 dòlars. Els costos de viatge entre ciutats i el nombre de viatges esperats a cada ciutat es troben al fitxer de dades.
- a) Resol el problema necessari per a determinar on ubicar les oficines minimitzant el cost total (suposa que no és necessari que tots els projectes de consultoria d'un estat estiguen assignats a la mateixa oficina).
 - b) Resol ara el problema si es poden assignar un màxim de 10 consultors a cada oficina i cada consultor pot fer un màxim de 25 viatges a l'any.
 - c) Resol el problema de l'apartat *b* suposant ara que tots els projectes d'un mateix estat s'han d'assignar a una única oficina.
 - d) Suposem ara que el nombre anual de viatges a cada ciutat no es coneix amb certesa. S'han estudiat les possibles situacions per a estimar el nombre de viatges, i s'han considerat tres possibles escenaris, cadascun amb una determinada probabilitat d'ocórrer. En el fitxer de dades es poden trobar les probabilitats de cada escenari i el nombre de viatges estimats en cadascun. Resol el problema de l'apartat *b* tenint en compte aquesta incertesa.

Tema 4 – Problemes de rutes de vehicles

Nota: totes les dades necessàries per a la resolució dels exercicis es troben en el fitxer Excel “Tema 4 – dades exercicis.xlsx”.

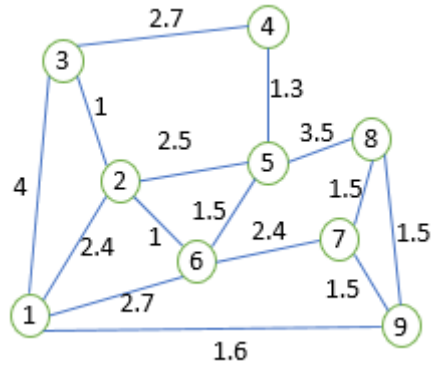
1. Saint-Martin distribueix peix fresc a Normandia, França. El passat 7 de juny va rebre set comandes des de punts de venda situats a la regió nord de Normandia. L'empresa va decidir servir les set comandes amb un únic vehicle situat al magatzem de Betteville. La taula de distàncies, en km, entre els set punts de venda i el magatzem es pot trobar en el fitxer de dades. Volem trobar la ruta que, començant i acabant al magatzem, visite tots els punts de venda recorrent una distància total mínima.
 - a) Aplica l'algorisme del veí més proper.
 - b) Aplica l'algorisme dels estalvis.
 - c) Aplica l'algorisme d'inserció del més pròxim.
 - d) Aplica l'algorisme d'inserció del més llunyà.
 - e) Aplica l'algorisme d'inserció més barata.
 - f) Resol el problema de manera òptima amb un algorisme de plans de tall.

2. McNish és una cadena de supermercats d'Escòcia. El darrer 13 d'octubre, el magatzem d'Aberdeen tenia 12 comandes per a servir en distintes localitats de la zona. Els temps de viatge entre localitats, en minuts, es troben en el fitxer de dades. L'empresa vol trobar la ruta des del depòsit d'Aberdeen que permeta visitar tots els supermercats en el menor temps possible.
 - a) Aplica l'algorisme del veí més proper.
 - b) Aplica l'algorisme dels estalvis.
 - c) Aplica l'algorisme d'inserció del més pròxim.
 - d) Aplica l'algorisme d'inserció del més llunyà.
 - e) Aplica l'algorisme d'inserció més barata.
 - f) Resol el problema de manera òptima amb un algorisme de plans de tall.

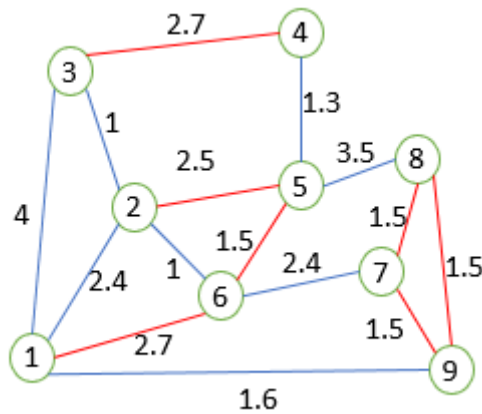
3. Una companyia productora de oli a Itàlia ha de planificar el repartiment dels seus productes a clients de 7 ciutats des de la seua planta de producció a Venosa. Per a fer el repartiment utilitza tres camions amb capacitat per a 3500 litres cadascun. En el fitxer de dades pots trobar les demandes (en litres) de cada client i les distàncies entre ciutats (en km).
 - a) Formula el problema per a trobar les rutes de cost mínim per a repartir l'oli.
 - b) Genera un conjunt de 15 rutes (com vulgues) i utilitza-les en una formulació del CVRP com un problema de cobriment de conjunts per a obtenir una solució heurística del problema.

- c) Aplica l'algorisme de Fisher-Jaikumar per a obtenir una solució del problema.
- d) Aplica un algorisme *route-first cluster-second*.

4. Resol el problema del carter xinès en el següent graf no dirigit (el llistat d'arestes i costos el pots trobar en el fitxer de dades).



5. Resol el problema del carter rural en el següent graf no dirigit (igual al de l'exercici 4) on les arestes que s'han de travessar (requerides) estan en color roig.

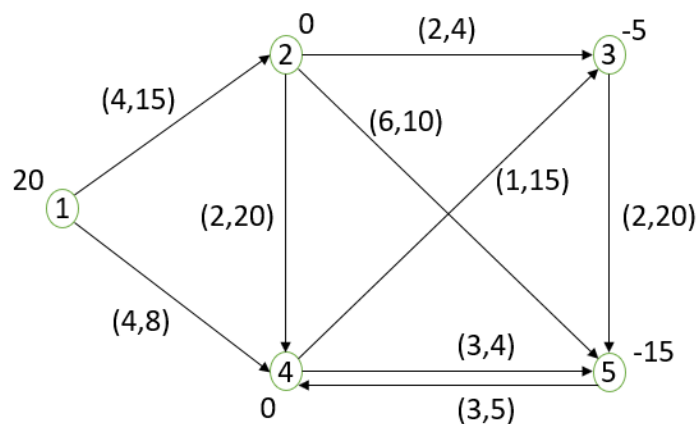


6. Transforma el graf del problema 5 per tal de resoldre el problema del carter rural com un TSP (no cal resoldre'l).

Tema 5 – Problemes de rutes en llargues distàncies

Nota: totes les dades necessàries per a la resolució dels exercicis es troben en el fitxer Excel “Tema 5 – dades exercicis.xlsx”.

1. Resol el problema de flux de cost mínim corresponent al graf següent, on els valors al costat dels vèrtexs representen l’oferta o demanda i els valors entre parèntesis al costat de cada arc representen el cost i la capacitat de l’arc, respectivament.



2. Boscheim és una companyia alemanya que produeix articles d’alta fidelitat. Un d’aquests és el reproductor de CD KLR-12, dissenyat específicament per al mercat britànic. El KLR-12 és produït en una planta de Rotterdam, després emmagatzemat en dos magatzems situats a Bristol i Middlesbrough, i finalment distribuït a les tendes. El mercat britànic està dividit en quatre districtes de vendes, els punts centrals dels quals estan a Londres, Birmingham, Leeds i Edinburgh. Les demandes anuals del reproductor són de 90 000, 80 000, 50 000 i 70 000 unitats, respectivament. El cost de transport per unitat de la planta de producció de Rotterdam als magatzems de Bristol i Middlesbrough és de 24,5 i 26 euros respectivament, mentre que el cost de transport per unitat des dels magatzems als districtes de vendes es poden trobar en el fitxer de dades. Ambdós magatzems tenen un capacitat de 15000 unitats i els productes es distribueixen 10 vegades a l’any, amb la qual cosa la capacitat total anual dels magatzems és de 15000 unitats. Calcula el pla òptim de distribució per a minimitzar els costos totals.
3. Una empresa de transport urgent que treballa en quatre ciutats properes (A, B, C i D) té 4 comandes per a transportar paquets al llarg de la vesprada d’avui (un paquet s’arregla en l’origen i es transporta directament a la destinació, sense fer parades). La llista de comandes i els temps de viatge (en hores) es troben en les taules següents:

| Comanda | Origen | Destinació | Hora d'arreglada |
|---------|--------|------------|------------------|
| 1 | A | B | 17.00 |
| 2 | A | C | 18.00 |
| 3 | B | D | 18.00 |
| 4 | C | D | 20.00 |

Taula 1: Comandes

| | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|
| A | 0 | 2 | 1 | 2 |
| B | 2 | 0 | 2 | 2 |
| C | 1 | 2 | 0 | 1 |
| D | 2 | 2 | 1 | 0 |

Taula 2: Temps de viatge

A les 17.00, l'empresa té un transportista disponible a la ciutat A i un altre a la ciutat C. Un tercer transportista estarà disponible en B a les 17.00. Suposarem que els costos de transport són proporcionals al temps de viatge. Dibuixa el graf apropiat per a resoldre aquest minimitzant el cost total (no és necessari que dibuixes tots els arcs del graf, només els més importants i uns quants més d'exemple).

4. Una empresa de repartiment de menjar a domicili té 3 comandes per a arreglar als restaurants A i B que ha d'entregar a uns clients R, S i T (vegeu taula de comandes). En aquest moment (21.00) disposa de 2 repartidors. Un es troba al restaurant A i l'altre prop del client S. Els temps de viatge entre punts (en minuts) es poden veure en la taula 2. Les comandes han de ser lliurades al client immediatament després de ser arreglades perquè no es gelen. Per cada comanda lliurada obtenim un benefici de 30 euros, mentre que els viatges en buit dels repartidors no suposen cap cost.

| Comanda | Restaurant | Client | Hora d'arreglada |
|---------|------------|--------|------------------|
| 1 | A | R | 21.05 |
| 2 | B | S | 21.10 |
| 3 | A | T | 21.10 |

Taula 1: Comandes

| | A | B | R | S | T |
|---|----|----|----|----|----|
| A | 0 | 5 | 5 | 10 | 10 |
| B | 5 | 0 | 10 | 5 | 10 |
| R | 5 | 10 | 0 | 5 | 5 |
| S | 10 | 5 | 5 | 0 | 10 |
| T | 10 | 10 | 5 | 10 | 0 |

Tabla 2: Temps de viatge

Dibuixa el graf apropiat per a resoldre el problema que maximitze els beneficis (per a la representació, considera l'interval horari entre les 21.00 i les 21.20. No és necessari dibuixar tots els arcs del graf, només els més importants i alguns més com a exemple).