NOM ALUMNE:

Material: Tot el material usat a laboratori, transparències, exercicis de laboratori, codis SAS, manual de SAS/OPTMODEL.

GUIA D'ÚS

I. Les **formulacions, els resultats i els valors de las solucions** dels exercicis han de presentar-se en els fulls de resposta.

II. Els **codis en .sas** (final_1b.sas, final_1d.sas, final_2b.sas) han de ser penjats en el fitxer **cognom1_cognom2.zip**

EXERCICI 1.

Una fàbrica tèxtil ha de complir amb una demanda setmanal de samarretes. La fàbrica compta, en propietat, amb 3 màquines diferents (A, B i C).

Les necessitats de producció (demanda), la disponibilitat de les màquines, així com els temps de processament i els costos de materials de cada màquina per unitat (1 unitat = 1 samarreta) són els següents:

Talles	Demanda (unitats/setmana)	Temps de processament (min/unitat)			Cost de materials (€/unitat)		
		Màquina A	Màquina B	Màquina C	Màquina A	Màquina B	Màquina C
S	30	8.5	6.0	6.0	3.6	4.2	4.5
M	45	6.0	8.5	7.5	4.9	3.8	4.7
L	75	9.0	6.0	6.5	4.9	3.9	4.9
XL	50	7.0	9.0	9.5	4.8	3.8	4.3
XXL	20	9.0	9.0	6.0	4.5	4.8	4.9
Disponibilitat (min/setmana)		480	480	540			

a) **(2 pts.) Formuleu matemàticament** el problema de programació completament parametritzat que permet trobar la quantitat òptima de samarretes a fabricar de cada talla en cada màquina al cost mínim.

b) **(1 pt.) Resoleu** amb OPTMODEL el problema anterior que, a partir de la informació continguda a la llibreria **final_DB,** permet trobar la quantitat òptima de samarretes a fabricar de cada talla en cada màquina.

NOTA: Es valorarà fins a **un punt addicional (+ 1 pt.)** si els paràmetres del problema són llegits des de la base de dades (**final_DB.sas**), disponible al campus virtual.

c) **(1 pt.)** Doneu els valors de la solució òptima (***z****), els valors de les variables (***x****) i **informació** sobre el procés de solució (temps de resolució, iteracions, etc).

Suposem ara que tenim que assumir uns costos de consum d'electricitat de les màquines. Els preus associats a cada màquina es mostren a continuació:

Màquines	Cost electricitat (€/min)
A	0.16
B	0.18
C	0.21

Programació l
2on curs Grau
Primer Contro

d) **(1 punt) Adapteu el problema anterior** per tenir en compte no només els costos dels materials sinó també els costos de consum d'electricitat. Heu de donar la **formulació matemàtica**, **resoldre** amb OPTMODEL i donar els valors de la solució òptima (***z****), els valors de les variables (***x*)*** i **informació** sobre el procés de solució (temps de resolució, iteracions, etc).

EXERCICI 2.

La màquina C s'ha trencat i, a més a més, la demanda ha augmentat. El gerent de planta pot llogar fins a dues màquines (les possibilitats són una model D i/o una model E, amb característiques diferents) per a complir amb les necessitats de producció. La disponibilitat, els preus de lloguer i de consum elèctric, així com els temps de processament i els costos de materials es mostren a continuació:

Màquina	Disponibilitat (min)	Preu (lloguer) (€)	Cost electricitat (€/min)
D	480	275	0.14
E	480	250	0.15

Talles	Demanda	Temps de processament (min/unitat)		Cost de materials (€/unitat)	
	(u/set)	Màquina D	Màquina E	Màquina D	Màquina E
S	50	6.5	7.0	3.9	4.1
M	65	7.5	8.0	4.3	4.4
L	90	8.0	6.5	4.8	4.2
XL	50	7.5	6.5	4.0	3.8
XXL	35	8.0	6.0	4.6	4.5

a) **(2 pts.) Formuleu matemàticament** el problema de programació completament parametritzat que permet trobar la quantitat òptima de samarretes a fabricar de cada talla, així com les maquines a utilitzar (pròpies i de lloguer) que permet la fabricació de samarretes al cost mínim.[¥]

b) **(1.5 pts.) Resoleu** amb OPTMODEL el problema anterior per trobar la quantitat òptima de samarretes a fabricar de cada talla, així com les maquines a utilitzar (pròpies i de lloguer) que permet la fabricació al cost mínim.

c) **(1.5 pt.)** Doneu els valors de la solució òptima (***z****), els valors de les variables (***x*)***, el **gap de optimalitat** i els **temps de resolució**. Doneu també els **costos associats a la utilització** de cada una de les màquines, descomposant per tipus de cost (consum, material o lloguer), i valoreu el resultat.

¥ Si no heu pogut resoldre l'apartat d) de l'exercici 1 (consideració dels costos d'electricitat), treballeu a partir del model més simple que no inclou aquests costos.

Programació I
2on curs Grau
Primer Contro

(SOLUCIÒ)

EXERCICI 1. a) i b)

Paràmetres:		
Talles	$I = \{S, M, L, XL, XXL\}$	`set<string> TALLES;`
Máquines	$M = \{A, B, C\}$	`set<string> MAQUINES;`
Demanda talla *j* (u.)	$d_i\ , \quad i \in T$	`number demanda{TALLES};`
Disponibilitat máq. *j* (min.)	$b_j\ , \quad j \in M$	`number disp{MAQUINES};`
Temps de processament talla i , màquina *j* (min/u.)	$t_{ij}\ , \quad i \in T, j \in M$	`number temps{TALLES,MAQUINES};`
Cost material per talla *i* en màquina *j* (€/u.)	$m_{ij}\ , \quad i \in T, j \in M$	`number cost_mat{TALLES,MAQUINES};`

Variables		
Unitats de samarretes talla *i* a produir en màquina *j*	$x_{ij} \in \mathbb{Z}_0^+$ $i \in T, j \in M$	`var Produc{TALLES,MAQUINES} integer >= 0;`

Model de programació matemàtica		
Cost total :	$\min z = \sum_{i \in T} \sum_{j \in M} m_{ij} x_{ij}$	`min Total_cost = sum {i in TALLES, j in MAQUINES } cost_mat[i,j]*Produc[i,j];`
Consum temps:	s.a: $\sum_{i \in T} t_{ij} x_{ij} \leq b_j \quad \forall j \in M$	`con Available{j in MAQUINES }: sum {i in TALLAS} temps[i,j]*Produc[i,j] <= disp[j];`
Demanda productes:	$\sum_{j \in M} x_{ij} \geq d_i \quad \forall i \in T$	`con Demanda {i in TALLAS}: sum {j in MAQUINES } X[i,j] >= demanda[i];`
	$x_{ij} \in \mathbb{Z}_0^+ \quad \forall\ i \in T, j \in M$	

Programació l
2on curs Grau
Primer Contro

EXERCICI 1. c)

Resumen de la solución	
Solver	MILP
Algorithm	Branch and Cut
Objective Function	total_cost
Solution Status	Optimal
Objective Value	952.9
Iterations	409
Mejor límite	952.9
Nodes	73
Relative Gap	0
Absolute Gap	0
Primal Infeasibility	0
Bound Infeasibility	0
Integer Infeasibility	0

Estadísticos de optimización	
Problem Generation Time	0.00
Code Generation Time	0.00
Presolve Time	0.00
Solution Time	0.02
Total Time	0.05

Produc.SOL

	A	B	C
L	0	75	0
M	40	0	5
S	15	2	13
XL	16	2	32
XXL	0	0	20

Programació l
2on curs Grau
Primer Contro

EXERCICI 1. d)

Paràmetres:		
Cost electricitat màquina j (€/u.)	c_j , $j \in M$	`number cost_elect{ MAQUINES };`

Model de programació matemàtica		
Cost total :	$\min z = \sum_{i \in T} \sum_{j \in M} m_{ij} x_{ij} + \sum_{j \in M} c_j \sum_{i \in T} t_{ij} x_{ij}$	`min Total_cost = sum {i in TALLES, j in MAQUINES } cost_mat[i,j]*Produc[i,j] + sum {j in MAQUINES } cost_elect[j]*(sum {i in TALLES} temps[i,j]*Produc[i,j]);`

Resumen de la solución	
Solver	MILP
Algorithm	Branch and Cut
Objective Function	total_cost
Solution Status	Optimal within Relative Gap
Objective Value	1229.165
Iterations	65
Mejor límite	1229.1166667
Nodes	7
Relative Gap	0.0000393236
Absolute Gap	0.0483333333
Primal Infeasibility	0
Bound Infeasibility	0
Integer Infeasibility	2.538462E-12

Estadísticos de optimización	
Problem Generation Time	0.00
Code Generation Time	0.00

Programació l
2on curs Grau
Primer Contro

Presolve Time	0.00
Solution Time	0.02
Total Time	0.03

Produc.SOL

	A	B	C
L	0	75	0
M	45	0	0
S	14	2	14
XL	13	2	35
XXL	0	0	20

EXERCICI 2. a) i b)

Paràmetres:		
Màquines	$M = \{A,B,C,D,E\}$	`set<string> MAQUINES;`
Máquines propies	$p_j = \begin{cases}1 & si\ la\ màquina\ j\ es\ propia \\ 0 & un\ altre\ cas\end{cases}$ $j \in M$	`number Propies{MAQUINES};`
	$P = \{j \in M : p_j = 1\}$	
Preu alquiler máq. j (€)	$v_j\ , \quad j \in M$	`number preu{MAQUINES};`
Status màquina j	$s_j = \begin{cases}1 & si\ la\ màquina\ j\ funciona \\ 0 & un\ altre\ cas\end{cases}$ $j \in M$	`number status{TALLES, MAQUINES};`

Variables		
Unitats de samarretes talla i a produir en màquina j	$x_{ij} \in \mathbb{Z}_0^+$ $i \in T, j \in M$	`var Produc{TALLES, MAQUINES} integer >= 0;`
Decisió de alquilar (1) o no la màquina $j \in M \backslash P$	$y_j \in \{0,1\} \quad j \in M \backslash P$	`var Y{j in MAQUINES : Propies[j] EQ 0} binary;`

Programació I
2on curs Grau
Primer Contro

Model de programació matemàtica

Cost total :	$\min \quad z = \sum_{i\in T}\sum_{j\in M} m_{ij}x_{ij} + \sum_{j\in M} c_j \sum_{i\in T} t_{ij}x_{ij} + \sum_{j\in M\backslash P} v_j y_j$	`min Total_cost = sum{i in TALLES, j in MAQUINES} cost_mat[i,j]*Produc[i,j] + sum {j in MAQUINES} cost_elect[j]*(sum {i in TALLES} temps[i,j]*Produc[i,j]) + sum {j in MAQUINES : Propies[j] EQ 0} preu[j]*Y[j];`
Consum temps:	s.a: $\sum_{i\in T} t_{ij}x_{ij} \le b_j \quad \forall j \in M$	`con Available{j in MAQUINES}: sum {i in TALLES} temps[i,j]*Produc[i,j] <= disp[j];`
Demanda productes:	$\sum_{j\in M} x_{ij} \ge d_i \quad \forall i \in T$	`con Demanda {i in TALLES}: sum {j in MAQUINES} Produc[i,j] >= demanda[i];`
Màquines en funcionament:	$\sum_{i\in T} x_{ij} \le b_j * s_j \quad \forall j \in P$	`con MaquinasUp {j in MAQUINES: Propies[j] EQ 1}: sum {i in TALLES} Produc[i,j] <= disp[j]*status[j];`
Màquines en lloguer:	$\sum_{i\in T} x_{ij} \le b_j y_j \quad \forall j \in M\backslash P$	`con Renting {j in MAQUINES: Propias[j] EQ 0}: sum {i in TALLES} Produc[i,j] <= disp[j]*Y[j];`
	$x_{ij} \in \mathbb{Z}_0^+ \quad \forall\, i \in T, j \in M$ $y_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in M\backslash P$	

EXERCICI 2. c)

Resumen de la solución	
Solver	MILP
Algorithm	Branch and Cut
Objective Function	total_cost
Solution Status	Optimal within Relative Gap
Objective Value	2020.09
Iterations	349
Mejor límite	2019.9926667

Programació L
2on curs Grau
Primer Contro

Nodes	61
Relative Gap	0.000048185
Absolute Gap	0.0973333333
Primal Infeasibility	0
Bound Infeasibility	0
Integer Infeasibility	3.552714E-15

Estadísticos de optimización	
Problem Generation Time	0.00
Code Generation Time	0.00
Presolve Time	0.00
Solution Time	0.02
Total Time	0.03

Produc.SOL

	A	**B**	**C**	**D**	**E**
L	0	80	0	0	10
M	37	0	0	28	0
S	27	0	0	23	0
XL	0	0	0	16	34
XXL	3	0	0	0	32

[1]	**Y.SOL**
D	1
E	1

[1]	**cost_maquina**	**preu_maquina**
A	368.56	
B	398.40	
C	0.00	
D	341.23	275
E	386.90	250