

4.3 Problemas resueltos

4.3.1 Caso talleres de ajuste y soldadura

La empresa TALLERES DE AJUSTE Y SOLDADURA desea planificar su producción para los próximos seis meses, para lo cual dispone de los datos siguientes:

- a) **Demanda:** La empresa fabrica cinco artículos, para los cuales se prevé que la demanda en los próximos meses será:

	1	2	3	4	5	6	Stock actual
A	600	800	400	400	700	500	1.200
B	40	70	50	90	80	90	130
C	900	1200	1400	800	750	600	2.100
D	3.500	2.700	2.600	2.800	3.100	2.900	7.000
E	12	6	16	8	14	10	26

- b) **Personal:** La empresa dispone de 5 ajustadores y de 6 soldadores, así como de 4 oficiales que pueden realizar cualquiera de ambas funciones. Cada operario trabaja 8 horas diarias, y el número de días laborables por mes para los próximos meses es de 20, 21, 20, 22, 21, 20 respectivamente. Además de las horas normales, se pueden realizar horas extra si es preciso, aunque hay órdenes de Dirección de que en lo posible se evite hacerlas.
- c) **Productividad:** Para fabricar una unidad, de cada uno de los artículos, es precisa la dedicación de un ajustador y de un soldador como se expresa a continuación (en horas por unidad):

Artículo	A	B	C	D	E
Ajustador	0,5	1,5	0,3	0,1	3,1
Soldador	0,8	2,7	0,6	0,0	4,5

El trabajo de soldador y ajustador se realiza conjuntamente sobre el mismo material, por lo que no cabe hablar de semielaborados, sino que sólo existe materia prima y producto terminado.

d) **Normas de Dirección:** La Dirección tiene establecido un conjunto de normas para la planificación del taller, las cuales indican que:

- 1) En cualquier caso debe quedar a fin de cada mes un stock de cada artículo no inferior al doble de la demanda prevista para el mes próximo.
- 2) Únicamente se autorizarán las horas extra cuando sean imprescindibles para satisfacer la demanda o la regla anterior.
- 3) Cuando, habiendo cumplido los mínimos establecidos, sobren horas de producción, se dejarán libres de carga con mayor prioridad los oficiales, luego los soldadores y finalmente los ajustadores.

Establézcase el plan de producción para los próximos seis meses y coméntese la adecuación de los recursos de mano de obra de que dispone el taller respecto a la demanda prevista.

Para la resolución del problema, usaremos el método gozinto para el cálculo de necesidades, si bien en este caso quedará muy simplificado, pues al no haber semielaborados ni estar relacionados los artículos, la matriz N (estructura del producto o gozinto) será la matriz nula, y la matriz T (cantidades por tipo) se reducirá a la matriz unidad; ambas 5×5 . La ventaja del método estriba en la sistematización de los cálculos gracias al uso la notación matricial.

Empezaremos hallando las necesidades brutas, que en este caso coincidirán con la demanda por ser $T = I$:

$$G = T \cdot D = I \cdot D = \begin{bmatrix} 600 & 800 & 400 & 400 & 700 & 500 \\ 40 & 70 & 50 & 90 & 80 & 90 \\ 900 & 1.200 & 1.400 & 800 & 750 & 600 \\ 3.500 & 2.700 & 2.600 & 2.800 & 3.100 & 2.900 \\ 12 & 6 & 16 & 8 & 14 & 10 \end{bmatrix}$$

Para el cálculo de las necesidades netas, debemos calcular las variaciones de stock exigidas:

Art.	Mes	St.min.	± St.min.	Art.	Mes	St.min	± St.min.	Art.	Mes	St.min	± St.min
A	0	1.200	)))	B	0	130	))	C	0	2.100))
	1	1.600	+400		1	140	+10		1	2.400	+300
	2	800	-800		2	100	-40		2	2.800	+400
	3	800	0		3	180	+80		3	1.600	-1.200
	4	1.400	+600		4	160	-20		4	1.500	-100
	5	1.000	-400		5	180	+20		5	1.200	-300
	6	1.000	0		6	180	0		6	1.200	0
D	0	7.000	))))	E	0	26)				
	1	5.400	-1600		1	12	-14				
	2	5.200	-200		2	32	+20				
	3	5.600	+400		3	16	-16				
	4	6.200	+600		4	28	+12				
	5	5.800	-400		5	20	-8				
	6	5.800	0		6	20	0				

Se ha tomado como stock mínimo para el mes 6 el mismo que para el mes 5, a falta de otro mejor. El valor correcto debería ser el doble de la demanda prevista para el mes 7. Ahora debemos calcular la demanda corregida por las variaciones exigidas de stock:

$$D' = D \pm \text{St.min} = \begin{bmatrix} 1.000 & 0 & 400 & 1.000 & 300 & 500 \\ 50 & 30 & 130 & 70 & 100 & 90 \\ 1.200 & 1.600 & 200 & 700 & 450 & 600 \\ 1.900 & 2.500 & 3.000 & 3.400 & 2.700 & 2.900 \\ -2 & 26 & 0 & 20 & 6 & 10 \end{bmatrix}$$

El valor negativo para el producto que aparece en el mes 1 indica exceso de stock por encima del mínimo que compensamos con menos producción en el mes 2. Por lo tanto, las necesidades netas, al ser $T = I$, coinciden con las cantidades no cubiertas por el stock:

$$X = \begin{bmatrix} 1.000 & 0 & 400 & 1.000 & 300 & 500 \\ 50 & 30 & 130 & 70 & 100 & 90 \\ 1.200 & 1.600 & 200 & 700 & 450 & 600 \\ 1.900 & 2.500 & 3.000 & 3.400 & 2.700 & 2.900 \\ 0 & 24 & 0 & 20 & 6 & 10 \end{bmatrix}$$

El paso siguiente es comprobar las necesidades de mano de obra que implicaría el plan de producción al que equivalen las necesidades netas. La matriz B (tasa de producción) permite convertir las unidades en horas de ajustador y de soldador:

$$M_t = B \cdot X = \begin{bmatrix} 0,5 & 1,5 & 0,3 & 0,1 & 3,1 \\ 0,8 & 2,7 & 0,6 & 0,0 & 4,5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.125,0 & 849,4 & 755,0 & 1.217,0 & 723,6 & 886,0 \\ 1.655,0 & 1.149,0 & 791,0 & 1.499,0 & 807,0 & 1.048,0 \end{bmatrix}$$

En la primera fila figuran las horas de ajustador necesarias en cada uno de los meses, y en la segunda las de soldador. Hay que comparar ahora estos resultados con las disponibilidades. Aquí hay 3 filas, que corresponden a las tres clases de operarios disponibles: ajustadores, soldadores y oficiales:

$$L_{\max} = \text{Op. por clase} \times \frac{\text{Días}}{\text{mes y oper}} \times \frac{\text{hora}}{\text{día}}$$

$$= \begin{bmatrix} 5 \\ 6 \\ 4 \end{bmatrix} \times [20 \ 21 \ 20 \ 22 \ 21 \ 20] \times 8$$

$$= \begin{bmatrix} 800 & 840 & 800 & 880 & 840 & 800 \\ 960 & 1.008 & 960 & 1.056 & 1.008 & 960 \\ 640 & 672 & 640 & 704 & 672 & 640 \end{bmatrix}$$

De la comparación entre M_t y L_{\max} surge el siguiente cuadro:

	1	2	3	4	5	6
AJUSTADORES						
Neces.	1.125,0	849,4	755,0	1.217,0	723,6	886,0
Ajust.	800,0	840,0	755,0	880,0	723,6	800,0
Ofic.	171,0	9,4	))	302,9	))	86,0
H. Ext.	154,0	))	))	34,1))))
SOLDADORES						
Neces.	1.655,0	1.149,0	791,0	1.499,0	807,0	1.048,0
Ajust.	960,0	1.008,0	791,0	1.056,0	807,0	960,0
Ofic.	469,0	141,0	))	401,1	))	88,0
H. Ext.	226,0	))	))	41,9))))
NO ASIGNABLES						
Ajust.	))	))	45,0	))	116,4))
Sold.	))	))	169,0	))	201,0))
Ofic.	))	521,6	640,0	))	672,0	466,0

donde vemos que mientras en los meses 1 y 4 son precisas horas extra, en los demás sobran horas normales. El reparto de horas extra entre ajustadores y soldadores (entre una y otra clase de trabajo, en realidad) es arbitrario; aquí se ha hecho proporcional a las horas necesarias de cada uno, lo que permite, asimismo, asignar los oficiales a una u otra clase de trabajo.

Veamos ahora cómo se pueden reducir las horas extra, de acuerdo con las normativas de Dirección. Las del mes 1 son inevitables, puesto que no es posible adelantar trabajo. En cambio, las del mes 4 sí pueden evitarse, pasando parte de la producción prevista para este mes a un mes anterior no saturado. Como hay que saturar primero los ajustadores, basta con producir 760 piezas D en el mes 3 (ya que $760 \times 0,1 = 76$ horas). Se obtiene así el siguiente cuadro:

		1	2	3	4	5	6
<i>Demanda:</i>	A	600	800	400	400	700	500
	B	40	70	50	90	80	90
	C	900	1.200	1.400	800	750	600
	D	3.500	2.700	2.600	2.800	3.100	2.900
	E	12	16	16	8	14	10
<i>Producción:</i>	A	1.000	0	400	1.000	300	500
	B	50	30	130	70	100	90
	C	1.200	1.600	200	700	450	600
	D	1.900	2.500	3.760	2.640	2.700	2.900
	E	0	24	0	20	6	10
<i>Stock final:</i>	A	1.600	800	800	1.400	1.000	1.000
	B	140	100	180	160	180	180
	C	2.400	2.800	1.600	1.500	1.200	1.200
	D	5.400	5.200	6.360*	6.200	5.800	5.800
	E	14*	32	16	28	20	20
<i>Nec. MO.:</i>	Ajustadores	1.125,01	849,4	831,0	1.141,0	723,6	886,0
	Soldadores	.655,0	1.149,0	791,0	1.499,0	807,0	1.048,0
<i>Ajustadores:</i>	Trabajo	800,0	840,0	800,0	880,0	723,6	800,0
	No asignab.	))	))	))	))	116,4))
<i>Soldadores:</i>	Trabajo	960,0	1.008,0	791,0	1.056,0	807,0	960,0
	No asignab.	))	))	169,0	))	201,0))
<i>Oficiales:</i>	Ajustadores	171,0	9,4	31,0	261,0	))	86,0
	Soldadores	469,0	141,0	))	443,0	))	86,0
	No asignab.	))	521,6	609,0	))	672,0	466,0
<i>Horas extra:</i>		380,0))))))))))

Adecuación de los parámetros del problema

Flexibilidad:

Debe observarse la flexibilidad que proporciona el hecho de disponer de oficiales ambivalentes, ya que ello permite cumplir las necesidades con menos personal que si sólo hubiera ajustadores y soldadores.

Dimensión de la plantilla:

La opinión de conjunto parece que debiera ser que la plantilla está algo sobredimensionada para la demanda que se prevé, ya que en 4 de los 6 meses planificados (todos excepto el 1 y el 4), quedan sin asignar una cantidad de horas relativamente notable. De hecho, es posible diseñar un plan de producción que, sin recurrir más que a las inevitables horas extra del mes 1, cumpliera todos los requisitos, con sólo 2 oficiales en lugar de 4. Sin embargo, antes de emitir una opinión definitiva acerca de este punto, debe tenerse en cuenta que pueden existir hechos que pueden justificar la situación actual como, por ejemplo que la demanda sea fuertemente estacional, y que los meses estudiados correspondan a un período relativamente bajo. O que se espere un fuerte crecimiento de la demanda, etc.

Política de stocks:

Un hecho que distorsiona fuertemente el problema es la regla fijada para determinar el stock mínimo exigido al final de cada mes, que produce grandes oscilaciones en la carga de trabajo. Una regla que produjese menos variación en este parámetro, basada más en promedios y no sólo en el mes inmediato, daría seguramente mejores resultados. Obsérvese, por ejemplo, que en la situación inicial, tres de los cinco artículos (B, C y E) se hallan por encima del stock mínimo según la regla fijada, mientras que los otros dos están justamente en el mínimo. Nos hallamos, por tanto, en una situación más bien de exceso de stock. Según se ha comprobado, son precisas 2400 horas normales más 380 horas extras para cumplir con el programa; sin embargo, si sólo hubiese que cumplir con la demanda (es decir, sin variaciones de stock), bastaría con 2199,2 horas, menos que las normales disponibles. Ello demuestra palpablemente la inadecuación de la regla fijada por la Dirección.

4.3.2 Método gozinto

Se quiere preparar el plan de producción y compras, para los próximos 3 meses, de una fábrica que produce un único artículo (A) pero que también vende como recambios sus dos componentes (E y F). En la *figura 4.3.2.1* aparece el gráfico de la composición de cada uno. La demanda prevista aparece en la tabla de la *figura 4.3.2.2*, donde está expresada

en la unidad de venta (caja), la cual contiene el número de piezas que se indica.

La fábrica consta de 5 secciones, cuyos datos figuran en la tabla de la *figura 4.3.2.3*. El personal adscrito a cada sección sólo puede trabajar en su sección o en la de embalaje. Cada persona hará 160, 176 y 152 horas normales en cada uno de los tres meses a planificar; a ello puede añadirse hasta un 15% más en horas extra, las cuales tienen un sobrecoste de 350 PTA/hora.

Los stocks inicial (antes de comenzar), y mínimo deseado (es decir, el mínimo que deberá haber al final de cada mes) figuran en la tabla de la *figura 4.3.2.4*, expresados en cajas. Téngase en cuenta que las piezas E y F que hay en stock están sin embalar, de manera que si han de venderse habrán de ser embaladas antes.

Se pide:

- ¿Cuáles son las necesidades brutas y netas de cada pieza para cada mes?
- ¿Qué plan de compras se haría, si no se tuvieran en cuenta las limitaciones de mano de obra disponible?
- ¿En qué secciones y en qué meses habrá exceso de mano de obra, y en cuáles faltará? ¿Cuántas horas extras -como mínimo- se tendrá que hacer para cumplir el programa?
- Hágase una asignación de las horas que sobran de manera que se cubran las faltas de mano de obra con un mínimo de horas extra, teniendo en cuenta las limitaciones existentes. Adviértase si hay alguna condición que no sea seguro que se pueda cumplir para hacer esta asignación.

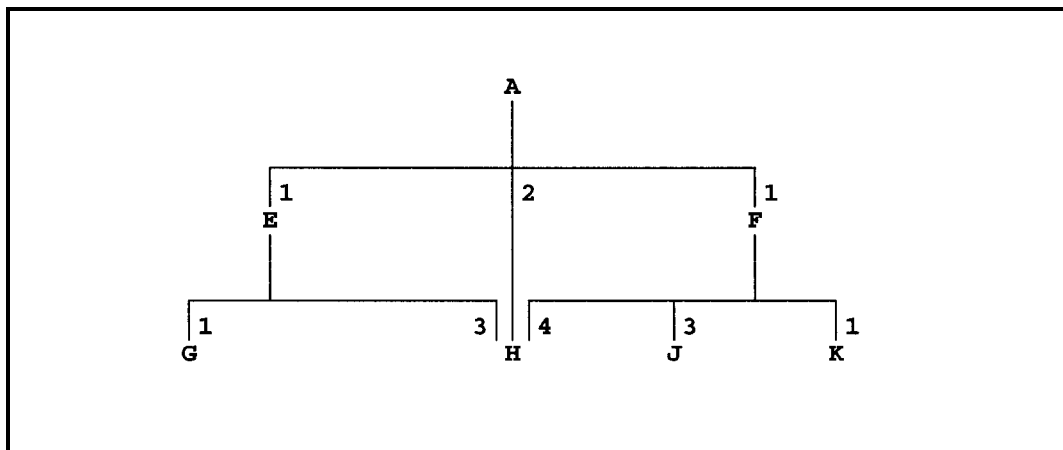


Fig.4.3.2.1 Lista de materiales

Pieza	Piezas/caja	CAJAS		
		Mes 1	Mes 2	Mes 3
A	100	3.000	2.500	5.000
E	100	1.400	1.300	1.700
F	250	500	100	900

Fig. 4.3.2 2 Demanda prevista

Sección	Personas	Minutos por 1000 unidades		
		A	E	F
Preparación	6	))	45	72
Prensas	1	))	3	6
Tratamientos térmicos	8	))	))	162
Mecanización	10	90	132))
Embalaje	2	60	84	75

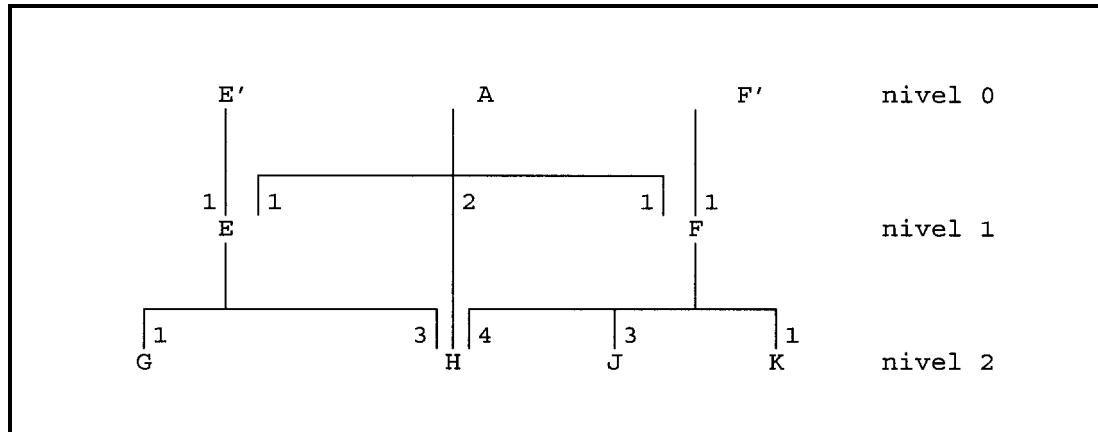
Fig. 4.3.2.3 Datos de las secciones

NOTA: Las piezas E y F sólo precisan ser embaladas si se han de vender como recambios; si no, no pasan por la sección de embalaje.

Pieza	Piezas/caja	STOCK	
		Inicial	Mínimo
A	100	1.000	1.000
E	100	3.000	2.500
F	250	1.440	1.500
G	1000	400	250
H	1000	1.750	1.500
J	1000	165	500
K	1000	700	200

Figura 4.3.2.4 Datos sobre stocks

Para tratar fácilmente este problema mediante el método gozinto, es aconsejable (aunque no imprescindible) distinguir a efectos del método entre las piezas E y F "a secas" y las mismas piezas embaladas, es decir, listas para su venta, a las que llamaremos E' y F' respectivamente. Con esta distinción, el grafo de relaciones entre los distintos códigos no es el que figura en el enunciado, sino el siguiente:



y la matriz N (lista de materiales), la siguiente:

	A	E'	E	F'	F	G	H	J	K
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E'	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	1	1	0	0	0	0	0	0	0
F'	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	1	0	0	1	0	0	0	0	0
G	0	0	1	0	0	0	0	0	0
H	2	0	3	0	4	0	0	0	0
J	0	0	0	0	3	0	0	0	0
K	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Por lo tanto, la matriz T de necesidades por tipo o totales será:

A la demanda arriba expresada hay que añadir las correcciones por razón de los stocks, a fin de obtener la demanda total. Tales correcciones consisten en *restar* de la primera columna el stock inicial (pues son cantidades de las que ya disponemos), y *sumar algebraicamente* las variaciones de stock mínimo obligadas en cada mes; en este caso, puesto que el stock mínimo es constante y debe hallarse en el almacén al final de *cada* mes y no sólo del último, bastará con sumarlo en la primera columna. Obtenemos así la matriz D_c (recuérdese que los E y F están en el almacén sin embalar):

	Mes 1	Mes 2	Mes 3
A	300	250	500
E'	140	130	170
E	- 50	0	0
F'	125	25	225
F	15	0	0
G	-150	0	0
H	-250	0	0
J	- 15	0	0
K	-500	0	0

Ahora podemos calcular ya las necesidades brutas y netas, mes por mes:

Necesidades brutas: $G = T \cdot D$

Necesidades netas: $X = T \cdot D_c + \text{corrección}$

	Mes1	Mes2	Mes3		Mes1	Mes2	Mes3	
A	300	250	500	;	A	300	250	500
E'	140	130	170		E'	140	130	170
E	440	380	670		E	390	380	670
F'	125	25	225		F'	125	25	225
F	425	275	725		F	440	275	725
G	440	380	670		G	240	380	670
H	3.620	2.740	5.910		H	3.280	2.740	5.910
J	1.275	825	2.175		J	1.305	825	2.175
K	425	275	725		K	- 60	275	725

G responde a la primera pregunta. La pregunta (b) se responde de manera casi inmediata a partir de estas matrices. En efecto, la matriz $T \cdot D_c$ se transforma en X (necesidades netas) simplemente eliminando los valores negativos (que representan exceso de stock), los cuales se usarán para disminuir las necesidades de los meses posteriores. Esto se produce únicamente en la última fila, por lo que la matriz X será idéntica a $T \cdot D_c$, salvo la última fila, que será:

$$K \begin{array}{c|ccc} & \text{Mes 1} & \text{Mes 2} & \text{Mes 3} \\ \hline & 0 & 215 & 725 \end{array}$$

que es el plan de compras de K .

Para calcular las necesidades de mano de obra, partiremos de la matriz B , necesidades de MO unitarias (en minutos por 1.000 piezas):

$$B = \begin{array}{c|ccccc} & A & E' & E & F' & F \\ \hline P_p & 0 & 0 & 45 & 0 & 72 \\ P_r & 0 & 0 & 3 & 0 & 6 \\ T_t & 0 & 0 & 0 & 0 & 162 \\ M_c & 90 & 0 & 132 & 0 & 0 \\ E_m & 60 & 84 & 0 & 75 & 0 \end{array}$$

Las necesidades de MO derivadas del programa de producción previsto son:

$$M_t = B \cdot \frac{X}{60}$$

(Dividimos por 60 para transformar los minutos en horas)

es decir:

		Mes 1	Mes 2	Mes 3
$M_t =$	P_p	820,50	615,00	1.372,50
	P_r	63,50	46,50	106,00
	T_t	1.188,00	742,50	1.957,50
	M_c	1.308,00	1.211,00	2.224,00
	E_m	652,25	463,25	1.019,25
Totales:		4.031,25	3.078,25	6.679,25
Suma:		13.789,75		

Por otra parte, las horas normales disponibles, deducidas del enunciado, son:

		Mes 1	Mes 2	Mes 3	
$L_{max} =$	P_p	960	1.056	912	
	P_r	160	176	152	
	T_t	1.280	1.408	1.216	
	M_c	1.600	1.760	1.520	
	E_m	320	352	304	
Totales:	4.320	4.752	4.104	Suma: 13.176	
15% H. extra:	648	713	616		
Sumas:	4.968	5465	4.720	Suma: 15.152	

Por lo tanto, el programa es factible en principio, aunque serán precisas al menos $13.789,75 - 13.176 = 613,75$ horas extra.

Además, de la simple comparación entre estas dos matrices se deduce que en los dos primeros meses sobra MO en todas las secciones excepto embalaje, mientras que en el tercer mes falta en todas, excepto en prensas. Por lo tanto, hay que distribuir las horas sobrantes en los dos primeros meses para cubrir las faltas del tercero. En la tabla de la figura 4.3.2.5 se da una posible solución, obtenida aplicando las normas siguientes:

- a) Las horas disponibles de cada mes se dedicarán al trabajo previsto para este mes y, si sobran, a adelantar trabajo de los meses sucesivos.
- b) Si todavía sobran horas, se destinan a embalar la producción del mes o del mes próximo.
- c) Las faltas de capacidad que queden tras aplicar las dos reglas anteriores, se suplirán con horas extra.

Destino Origen	Prep 1	Prep 2	Prep 3	Pren 1	Pren 2	Pren3	TT 1	TT 2	TT 3	Mec 1	Mec 2	Mec 3	Emb 1	Emb 2	Emb 3	Disponible
Prep 1	820,5	139,5														960
Prep 2		475,5	580,5												120	1.056
Prep 3			792													912
Pren 1				63,5	46,5	50										160
Pren 2						56										176
Pren 3															152	152
TT 1							1.188	92								1.280
TT 2								650,5	757,5							1.408
TT 3									1.200						16	1.216
Mec 1										1.308	292					1.600
Mec 2											919	841				1.760
Mec 3												1.383			137	1.520
Emb 1													320			320
Emb 2														343,25	8,75	352
Emb 3															304	304
H.Ex.													332,25		281,5	613,75
Neces.	820,5	615	1.372,5	63,5	46,5	106	1.188	742,5	1.957,5	1.308	1.211	2.224	652,25	463,25	1.019,25	13.789,75

Fig. 4.3.2.5

Este cuadro todavía no puede considerarse todavía un plan definitivo de producción. En primer lugar, falta traducir las horas desplazadas de un mes a otro en piezas concretas para lo cual se usará la matriz B; Además hay otras cuestiones no resueltas que hacen de él un plan meramente *tentativo*, y que puede que lo invaliden tal como está planteado:

1. Todas las secciones empiezan a trabajar en las mismas piezas al mismo tiempo, lo cual parece dudoso que sea posible, al menos en principio. El enunciado no lo dice, pero parece lógico suponer que las piezas deben seguir una secuencia de secciones: preparación, prensas, tratamientos térmicos, etc. Si ello es así, habrá unas horas inactivas al principio que habrá que recuperar al final en forma de horas extra (y por tanto a mayor costo).
2. En relación con el punto anterior, aun en el caso de que el tiempo inactivo inicial fuese despreciable, al pasar las piezas individualmente de sección y no por lotes, es dudoso suponer que la sección de prensas durante el mes 1 pueda avanzar la totalidad del trabajo del mes 2 y aún tener tiempo para adelantar parte de la producción del mes 3, habida cuenta de la distribución de horas en la sección de preparación.
3. En todo caso se prescinde completamente de las dificultades (y los costos) que pueda suponer el almacenaje de los materiales semielaborados que se producirán, y que deberán esperarse a que la sección siguiente pueda absorberlos.
4. Por supuesto, el plan de compras establecido en las necesidades netas (matriz X) deberá ser revisado en función del plan de producción resultante de todas estas consideraciones.

4.3.3 MRP

Una empresa fabrica 3 productos D, L y N cuya lista de materiales, incluyendo procedencia y sección de elaboración, plazo (*lead time*), lote de fabricación o aprovisionamiento, tiempo unitario (carga unitaria) de elaboración o coste unitario de adquisición, es la siguiente:

Art.	Estructura	origen sección	plazo	lote	tiempo unit.	coste unit.
D	2*E + 1*F + 3*G	montaje	1 <i>sem.</i>	1	20 <i>min.</i>	
E	1*H + 2*I + 2*J	submontaje	2 <i>sem.</i>	200	8 <i>min.</i>	
F	2*H + 1*I + 2*J	submontaje	2 <i>sem.</i>	250	10 <i>min.</i>	
G		compra	3 <i>sem.</i>	3.000		
H	1*G + 1*J + 2*K	elaboración	3 <i>sem.</i>	2.00	1 <i>min.</i>	20 <i>um</i>
I	2*G + 1*J + 1*K	elaboración	3 <i>sem.</i>	1.600	2 <i>min.</i>	
J		compra	3 <i>sem.</i>	4.000		
K		compra	4 <i>sem.</i>	5.000		40 <i>um</i>
L	1*E + 1*F + 2*G + 1*M	montaje	1 <i>sem.</i>	1	25 <i>min.</i>	75 <i>um</i>
M	2*H + 2*I + 3*J	submontaje	2 <i>sem.</i>	250	12 <i>min.</i>	
N	1*F + 2*I + 3*J	montaje	2 <i>sem.</i>	1	30 <i>min.</i>	

El plan maestro detallado para las próximas semanas es (la semana actual es la 35):

Semana	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
D	32	34	33	31	28	29	33	35	32	33	30
L	28	29	27	25	23	24	26	28	27	23	25
N	22	21	23	25	27	26	24	22	23	27	25

En cuanto a la situación de stock disponible a final de la semana 35 y de órdenes en curso con su fecha de vencimiento, es la de la tabla siguiente:

Artículo	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
en stock	)	150	220	410	1.400	800	500	1.200	)	200)
para 36	34	)	)	3.000	)	)	4.000	5.000	28	)	25
para 37	)	200	)	)	)	1.600)))))

- Determinar las órdenes a lanzar durante las semanas 36 y 37 para poder respetar el plan maestro.
- ¿Qué carga representan estas órdenes en las secciones de montaje, submontaje y elaboración?
- Sabiendo que 1 hora de carga en una sección representa un coste estándar de 3.000 *um* (montaje), 2.500 *um* (submontaje) o 2.000 *um* (elaboración) determinar el coste estándar de los productos D, L y N.

- En primer lugar debemos clasificar los artículos por niveles, que en nuestro caso conduce a (véase en la *figura 4.3.3.1* la representación de la lista de materiales mediante un grafo):

nivel 0	D	L	N
nivel 1	E	F	M
nivel 2	H	I	
nivel 3	G	J	K

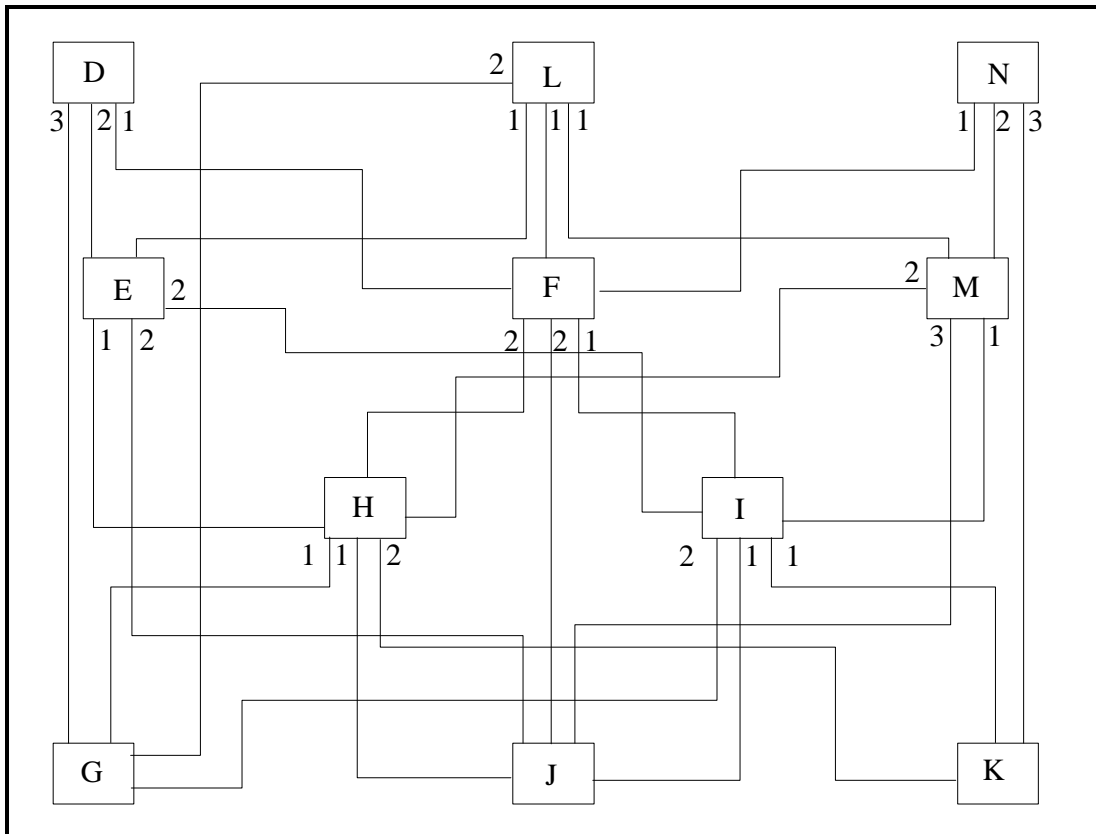


Fig. 4.3.3.1 Lista de materiales

A partir de esta clasificación podemos proceder a la aplicación del procedimiento descrito en el texto tal como se recoge en la figura 4.3.3.2. Los resultados son:

	Semana 36	Semana 37
órdenes D	32	37
órdenes L	29	27
órdenes N	18	23
órdenes E))
órdenes F	250)
órdenes M	250)
órdenes H	2.000)
órdenes I))
órdenes G	3.000	3.000
órdenes J	4.000	4.000
órdenes K	5.000)

Artíc.	SI	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
D G SI+E H X P R	0	32 34 2	34	33	31	28	29	33	35	32	33	30
L G SI+E H X P R		28 28 0	29	27	25	23	24	26	28	27	23	25
N G SI+E H X P R	0	22 25 3	21	23	25	27	26	24	22	23	27	25
E G SI+E H X P R	150 150	93 57	83 200 172	87 85	79 6	82 124 76 200 200	92 32	92 134 66 200 200	91 43	89 154 46 200	85 69	
F G SI+E H X P R	220 220	79 141	83 58	81 227 23 250	78 149	79 70	83 237 13 250	85 152	82 70	83 237 13 250	80 157	
M G SI+E H X P R	200 200	65 135	73 62	75 237 13 250	77 160	76 84	74 10	72 188 62 250	73 115	77 38	75 213 37 250	
H G SI+E H X P R	1.400 1.400	1.000 400	400	200	500 1.700 300 2.000	700 1.000	1.000	700 300	500 1.800 200 2.000			
		2.000				2.000						

Fig. 4.3.3.2(a) Cálculo de las necesidades de materiales

Artíc.	SI	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
I G SI+E H X P R	800 800	750 50	1.600 1.650	400 1.250	250 1.000	900 100	100	650 1.050 550 1.600	500			
G G SI+E H X P R	410 410	2.208 3.000 1.202	222 980	218 762	3.411 351 2.649 3.000	2.213 1.138 1.862 3.000	223 915	227 688	219 469	226 243	215 28	
J G SI+E H X P R	500 500	3.250 4.000 1.250	1.250	400 850	2.100 2.750 1.250 4.000	3.150 3.600 400 4.000	3.600	900 2.700	750 1950			
K G SI+E H X P R	1.200 1.200	4.000 5.000 2.200	2.200	2.200	600	1.600 1.600 3.400 5.000	4.000					

Fig. 4.3.3.2(b) Cálculo de las necesidades de materiales

- b) Las cargas pueden obtenerse multiplicando las cantidades de las órdenes por los tiempos unitarios:

	órdenes semana 36	órdenes semana 37
montaje	1.905 <i>min.</i>	2.025 <i>min.</i>
submontaje	5.500 <i>min.</i>	0 <i>min.</i>
elaboración	2.000 <i>min.</i>	0 <i>min.</i>

Estas cargas tan desequilibradas deberán distribuirse adecuadamente dentro del plazo de fabricación de cada uno de los artículos.

- c) Aunque no es absolutamente necesario para resolver este apartado reproducimos la matriz gozinto y la matriz cantidades por tipo del presente caso en las *figuras 4.3.3.3* y *4.3.3.4*.

	D	L	N	E	F	M	H	I	G	J	K
D											
L											
N											
E	2	1									
F	1	1	1								
M		1	2								
H				1	2	2					
I				2	1	1					
G								1	2		
J				2	2	3	1	1			
K							2	1			

Fig. 4.3.3.3 Matriz gozinto

	D	L	N	E	F	M	H	I	G	J	K
D	1										
L		1									
N			1								
E	2	1		1							
F	1	1	1		1						
M		1	2			1					
H	4	5	6	1	2	2	1				
I	5	5	5	2	1	1		1			
G	17	17	19	5	4	6	1	2	1		
J	15	17	19	5	5	7	1	1		1	
K	13	15	17	4	5	6	2	1			1

Fig. 4.3.3.4 Matriz cantidades por tipo

A partir de estos datos podemos calcular el coste estándar:

	D	L	N
Materiales			
G	17 x 20 = 340	17 x 20 = 340	19 x 20 = 380
J	15 x 40 = 600	17 x 40 = 680	19 x 40 = 760
K	13 x 75 = 975	15 x 75 = 1.125	17 x 75 = 1.275
)))))))))
	1.915 um/un	1.915 um/un	2.415 um/un
Trabajo			
Montaje	1x20x50 = 1.000	1x25x50 = 1.225	1x30x50 = 1.500
Submontaje	2x8x41,67 = 666,66 1x10x41,67 = 1.416,67	1x8x41,67 = 333,33 1x10x41,67 = 416,67 1x12x41,67 = 500	1x10x41,67 = 416,67 2x12x41,67 = 1.000
Elaboración	4x1x33,33 = 133,33 5x2x33,33 = 333,33))))	5x1x33,33 = 166,67 5x2x33,33 = 333,33))))	6x1x33,33 = 200 5x2x33,33 = 333,33))))
	2.550	3.000	3.450
Total	4.465 um/un	5.145 um/un	5.865 um/un

4.3.4 Carga de trabajo

Li-Pô es el propietario de una fábrica de Singapur que se dedica a fabricar y a exportar pequeñas cajitas con las piezas del juego *tangram* (de 7 piezas o *tans*). La fabricación es como sigue, en una máquina embudidora de plástico se fabrican la cajita, su tapa y unas láminas de plástico de 100x100 cm². En una cizalladora las láminas se cortan en una primera operación en 100 cuadrados cada una; a continuación el 50% de los cuadrados se cortan por la mitad (2 piezas del juego), y el resto se corta dando las 5 piezas restantes del juego. Finalmente en la operación de acabado, enteramente manual, las piezas se liján quitando las rebabas e imperfecciones, se montan en dos capas en la cajita, se incluye un papel con las instrucciones en 7 idiomas, se cierra la cajita y se fija la tapa mediante una banda adhesiva para que no se abra durante el transporte. Los tiempos de fabricación tienen los siguientes valores:

ARTÍCULO	EMBUTICIÓN PREPARACIÓN	OPERACIÓN	ARTÍCULO	CORTE PREPARACIÓN	OPERACIÓN
cajita	80 <i>min.</i>	4 <i>un./min.</i>	lámina	30 <i>min.</i>	4 <i>lam. /min.</i>
tapa	50 <i>min.</i>	10 <i>un./min.</i>	cuadrado a 2	45 <i>min.</i>	10 <i>cuad./min.</i>
lámina	60 <i>min.</i>	8 <i>un./min.</i>	cuadrado a 5	45 <i>min.</i>	10 <i>cuad./min.</i>
ACABADO: 2 juegos/minuto-operario					

La demanda es de 250.000 *juegos/año*. Li-Pô cuenta con tres operarios: *A*, *B* y *C*. *A* se encarga de la embutidora, *C* del acabado y *B* de la cizalladora y ayuda a *C* en el acabado cuando dicha máquina está parada. Cobran 200 *piastras/hora*, pero únicamente las horas que trabajan, hasta un máximo de 1.600 al año (200 días por 8 horas diarias). Por ello Li-Pô reparte las horas de acabado entre *B* y *C* para que ambos cobren aproximadamente lo mismo (*A* cobra en general más puesto que la embutidora es el cuello de botella de la instalación y su carga es del orden del 95%). El coste de los materiales es 3 *piastras* el de una cajita, 1,2 *piastras* el de una tapa, 100 *piastras* una lámina y 0,1 *piastras* por juego el resto (instrucciones que imprime una empresa local, banda adhesiva, etc.). Li-Pô tiene un acuerdo con los proveedores para que le sirvan el material en modo JIT (le llega la cantidad justa que precisa para la producción inmediata, y lo adeuda al proveedor a partir del momento en que lo utiliza). Una hora de funcionamiento de la embutidora tiene un coste de 0,5 *piastras* y de 0,2 el de la cizalladora.

Li-Pô programa la producción por lotes de un cierto número de juegos completos. La embutidora realiza primero las láminas, luego las tapas y finalmente las cajitas del lote. Cuando se dispone del total de las láminas, *B*, que ha preparado previamente la cizalladora empieza con la primera operación de corte, luego la segunda y después la tercera. Cuando se dispone de todo el material correspondiente al 10% del lote se inician las operaciones de acabado (solapándose con parte de la fabricación). Cuando *B* ha terminado con la cizalladora ayuda durante cierto tiempo a *C* (siempre con el objetivo de que *B* y *C* cobren lo mismo). Una vez acabado el lote completo se expide.

Puesto que el coste del dinero está aumentando, y corresponde cargar al inmovilizado en stock (obra en curso y producto terminado) un 20% anual, Li-Pô se preocupa por el tamaño más adecuado del lote. No desea comprar más máquinas (tiene una de cada clase), ni contratar más operarios o hacer horas extras (sobrepasando el tope de las 1.600 horas/año-operario disponibles). Tampoco desea realizar personalmente labores productivas directas. Para ayudarle conteste a las siguientes preguntas.

a) ¿Cuál es el tamaño mínimo del lote (en número de juegos) realizable en las condiciones anteriores?

- b) ¿Qué costes quedan afectados por el tamaño de lote?
- c) Suponiendo que se establece un lote de 20.000 juegos, ¿cuánto tiempo transcurre desde el inicio de la primera preparación de la embutidora para un lote hasta la expedición del mismo?
- d) Con dicho lote, ¿cuál es el stock medio en piasstras del material de la obra en curso (incluidos los juegos completos no expedidos)?, ¿cuál es el coste anual de las preparaciones de máquinas?
- e) Con dicho lote, ¿cuánto cobrarán al año *A*, *B* y *C*?
- f) ¿Podría obtenerse con otro tamaño de lote un mejor equilibrado de costes?
- g) ¿Podría sugerir mejoras que redujeran los costes?

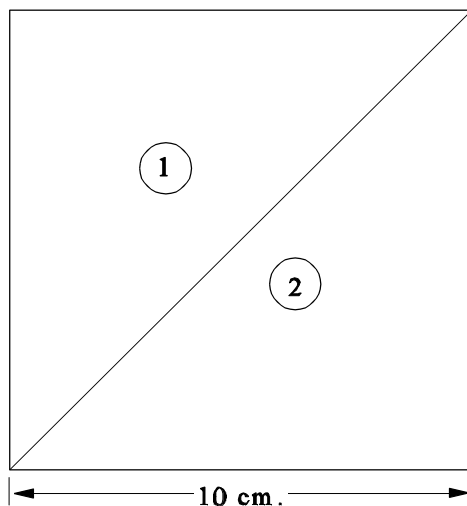


Fig. 4.3.4.1(a) Cadrado con 2 tans

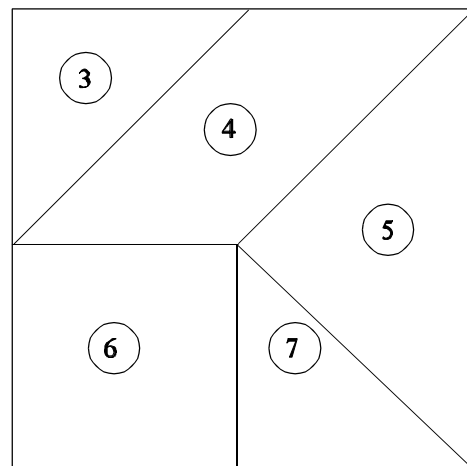


Fig. 4.3.4.1(b) Cuadrado con 5 tans

a) La lista de materiales del producto fabricado corresponde a la figura 4.3.4.2. Por consiguiente la embutidora en 96.000 minutos como máximo (200 x 8x 60) debe fabricar 250.000 cajitas, 250.000 tapas y 5.000 láminas.

250.000 cajitas	a	4 un./min.	representan	62.500 min.
250.000 cajitas	a	10 un./min.	representan	25.000 min.
5.000 láminas	a	8 un./min.	representan	<u>625 min.</u>
TOTAL				88.125 min.

Quedan $96.000 - 88.125 = 7.875 \text{ min.}$ en los que puede procederse a las preparaciones, las cuales representan un mínimo por lote de $80 + 50 + 60 = 190 \text{ min.}$ Por tanto el número máximo de lotes que puede tratar la embutidora al año es:

$$\frac{7.875}{190} = 41,75$$

La cizalladora debe cortar 5.000 láminas, 250.000 cuadrados a 2 y 250.000 cuadrados a 5, lo que conduce a:

5.000 láminas	a	4 un./min.	1.250 min.
250.000 cuadrados	a	10 un./min.	25.000 min.
250.000 cuadrados	a	10 un./min.	<u>25.000 min.</u>
TOTAL			51.250 min.

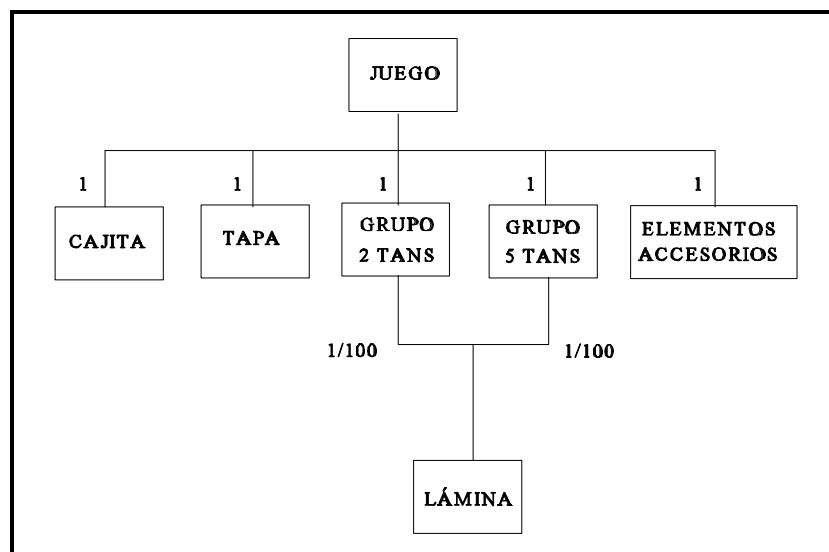


Fig. 4.3.4.2 Lista de materiales

Quedan $96.000 - 51.250 = 44.750 \text{ min.}$ siendo el mínimo de duración de las preparaciones por lote $30 + 45 + 45 = 120 \text{ min.}$ El número anual de lotes posible en dicha máquina es 427,08 muy superior al valor anterior. *Esta máquina no constituye un cuello de botella.*

El acabado de 250.000 juegos, a $2 \text{ un./min.-operario}$ exige 125.000 minutos anualmente. Por tanto *B* debe ayudar a *C* un mínimo de:

$$125.000 - 96.000 = 29.000 \text{ min.}$$

con ello le queda para la cizalladora (como máximo) $96.000 - 29.000 = 67.000 \text{ min.}$ y para preparaciones $67.000 - 51.250 = 15.750 \text{ min.}$, de donde el número máximo de preparaciones efectivas es:

$$\frac{15.750}{120} = 131,25$$

todavía superior al máximo de la embutidora. Por tanto el tamaño mínimo de lote es:

$$\frac{250.000}{41,75} = 6.031,75 \text{ o sea } 6.032 \text{ juegos}$$

- b) Los costes que son función del tamaño del lote son el asociado a las preparaciones de las máquinas (coste anual medio de preparación o lanzamiento) y el asociado al stock de obra en curso y productos acabados no expedidos (coste anual medio de posesión de stock).
- c) Con lotes de 20.000 juegos se realizan 12,5 lotes por año, por lo que el ciclo (tiempo que media entre el comienzo de un lote y el comienzo del siguiente) es:

$$\frac{96.000}{12,5} = 7.680 \text{ min.} = 16 \text{ días}$$

La carga por lote para cada operación es:

$$\text{embutición: } 60 + \frac{625}{12,5} + 50 + \frac{25.000}{12,5} + 80 + \frac{62.500}{12,5} = 7.240 \text{ min.}$$

$$\text{corte: } 30 + \frac{1.250}{12,5} + 45 + \frac{25.000}{12,5} + 45 + \frac{25.000}{12,5} = 4.220 \text{ min.}$$

$$\text{acabado: } \frac{125.000}{12,5} = 10.000 \text{ min.}$$

Por tanto la carga de la embutidora es del 94,27% y la de la cizalladora del 54,95%.

El tiempo que C dedicará al acabado es:

$$\frac{4.220 + 10.000}{2} = 7.110 \text{ min.,}$$

y el tiempo que *B* dedicará al acabado será:

$$7.110 - 4.220 = 2.890 \text{ min.}$$

Teniendo en cuenta las precedencias establecidas la elaboración de un lote se extiende a lo largo de $9.850 \text{ min.} = 20,52 \text{ días}$. Dada la sencillez de la situación con un diagrama de Gantt podemos determinar dicha duración (*fig. 4.3.4.3*) no siendo necesario recurrir a un grafo.

Como $9.850 > 7.680$ los lotes sucesivos *se solapan*.

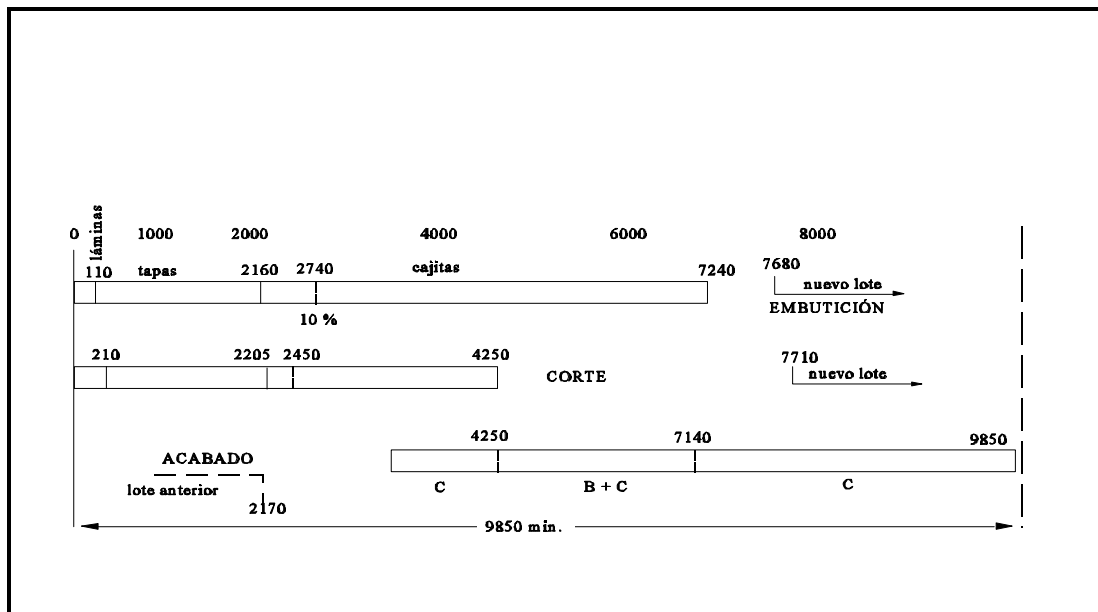


Fig. 4.3.4.3 Diagrama de Gantt de las operaciones de un lote

- d) Para determinar el stock medio hemos calculado el stock de cada elemento (láminas, tapas, cajitas y complementos) valorado en piastras, a lo largo de los 9.850 minutos de fabricación de un lote, según se indica en la *figura 4.3.4.4*. El área de cada figura indica las piastras-minuto de stock, cuyo total es $913,2168 \cdot 10^6$. Dividiendo por 7.680 minutos, duración de un ciclo tendremos el stock medio que importa 118.908,437 piastras. El 20% de esta cantidad es el coste anual de posesión de stock, que corresponde a 23.781,6875 *piastras/año*.

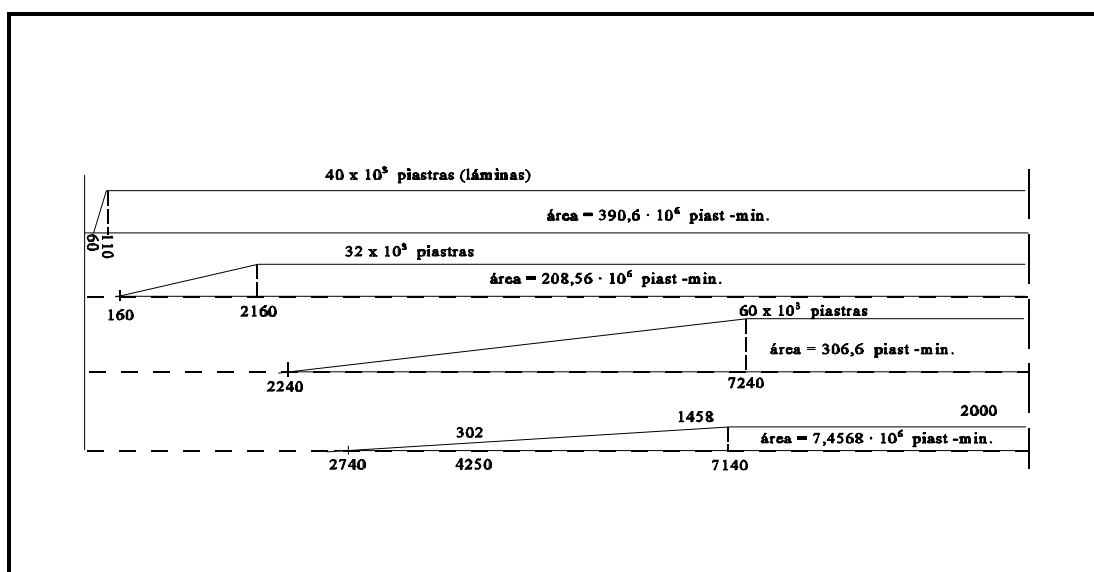


Fig. 4.3.4.4 Variación del stock de los materiales de un lote

En un ciclo la duración de las preparaciones es $190 + 120 = 310$ minutos, que a 200 *piastras/hora* conducen a un coste de $1.033,33$ *piastras/ciclo*. En un año, con $12,5$ ciclos, el coste de las preparaciones importa $12.916,67$ *piastras/año*.

e) Dado que conocemos la carga de trabajo por ciclo de los trabajadores podemos concluir lo que cobrarán:

$$A \quad \text{cobrará} \quad 12,5 \times 7.240 \times \frac{200}{60} = 301.666,67 \text{ piastras/año}$$

$$B \text{ y } C \text{ cobrarán} \quad 12,5 \times 7.110 \times \frac{200}{60} = 296.250 \text{ piastras/año}$$

f) Probablemente existe un tamaño de lote diferente de 20.000 juegos para el que el coste total será inferior al calculado, ya que para dicho tamaño los costes parciales no están equilibrados. Si el coste de preparación y el de posesión de stock fuesen proporcionales (inversa y directamente) al tamaño del lote (lo que en el segundo caso no es exacto) podríamos plantear la siguiente expresión del coste global anual en función del tamaño de lote (ver el apartado 5.1.2):

$$K = \frac{12.916,67}{\frac{Q}{20.000}} + 23.781,6875 \times \frac{Q}{20.000}$$

cuyo mínimo se obtiene para $Q = 14.739,54$

Sería conveniente estudiar qué ocurriría si el lote fuese de 15.000 juegos.

- g) Una mejora factible, pero de poca trascendencia económica, sería la de retrasar el trabajo de B en acabado hacia el final del ciclo, 570 minutos; es decir B trabajaría en acabado desde el minuto 4.820 hasta el 7.710, en el cual debería comenzar la preparación de la cizalladora para un nuevo lote.

Otra medida que podría estudiarse es el de partir la producción de tapas y cajitas en dos sub-lotes a fin de empezar el montaje antes (por ejemplo en el minuto 2.450, cuando se dispone de todas las piezas). El coste correspondiente a las preparaciones de la embutidora crecerán, pero el stock medio disminuirá al poderse expedir los juegos 290 minutos antes. No obstante no es previsible que la disminución del coste de posesión llegue a compensar el aumento del coste de preparación.

4.4 Enunciados

4.4.1 Hoy, 29 de enero, vamos a establecer el programa de producción y aprovisionamiento del próximo cuatrimestre. Puesto que el departamento comercial se cuida de la distribución, no necesitamos disponer de stocks de productos terminados a fines logísticos; si los constituimos será por intereses propios de producción. Enero terminará excepcionalmente bien, cumpliéndose los programas, sin adelantos ni retrasos y con stocks de productos terminados nulo.

Tenemos tres líneas de productos que llamaremos *A*, *B* y *C*, para los que el departamento comercial solicita las siguientes entregas:

Unidades de:	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	Días laborables /mes
Febrero	80	100	160	20
Marzo	100	90	150	22
Abril	90	95	150	18
Mayo	90	90	140	22

El cuello de botella productivo es la línea de montaje cuya capacidad es de 240 *horas/día laborable* (en horas normales), pudiéndose incrementar hasta un 20% más con horas extra. Una unidad de *A* consume 22,5 horas de la línea de montaje, una de *B* 15 y una de *C* 12.

Establecer el plan productivo del cuatrimestre teniendo en cuenta los siguientes parámetros de coste:

Hora normal productiva: 1.000 *um*

Hora extra: 2.000 *um*

Producto	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
Coste de guardar 1 unidad - 1 mes	1.500	1.000	800
Coste de retrasar 1 unidad - 1 mes	3.000	2.000	1.600

(*)

a) *Supuesto 1*: No se pueden retrasar las entregas solicitadas

(*) Nota: Trabajar con la unidad hora de montaje. Recurrir a valores promedio para pasar de horas a unidades *A*, *B* o *C* y viceversa.

b) *Supuesto 2*: Se pueden retrasar

En la producción de *A*, *B* y *C* entran las siguientes piezas, en las cantidades indicadas:

		PIEZAS				
		X	Y	Z	U	V
PRODUCTOS	A	8	4	5	10)
	B	4	8	5	6)
	C	4	8	5	)	6

¿Para qué días deben programarse las entradas de material a nuestros proveedores? Los datos son:

	X	Y	Z	U	V
Stock a 31 de enero (est.)	180	700	820	410	900
Lote: (cantidad) de cada entrega	500	1.000	1.000	500	2.000
Stock de seguridad (la entrega de programa para que entre el lote cuando se almacena dicho nivel)	100	100	500	300	100

Para reducir el trabajo, elegir el plan resultante del apartado a) y sólo dos piezas:

- (1) OPCIÓN 1: X y Z
- (2) OPCIÓN 2: Y y U
- (3) OPCIÓN 3: Z y V

4.4.2 Se requiere preparar el plan de producción y compras para los próximos 3 meses de una fábrica que produce un único artículo *A* pero que también ve como recambios sus dos componentes, *B* y *C*. En la *figura 4.4.2.1* hay un gráfico de la composición de cada uno. La demanda prevista se encuentra en la *figura 4.4.2.2*, la cual, está expresada en la unidad de venta (caja), que contiene el número de piezas que se indica.

La fábrica consta de 5 secciones cuyos datos se encuentran en la *figura 4.4.2.3*. El personal adscrito en cada sección sólo puede trabajar en ésta o en la del embalaje. Cada

persona hará 160, 176 y 152 horas normales en cada uno de los tres próximos meses, y puede hacer hasta un 15% más en horas extra, las cuales tienen un sobrecoste de 350 um/h.

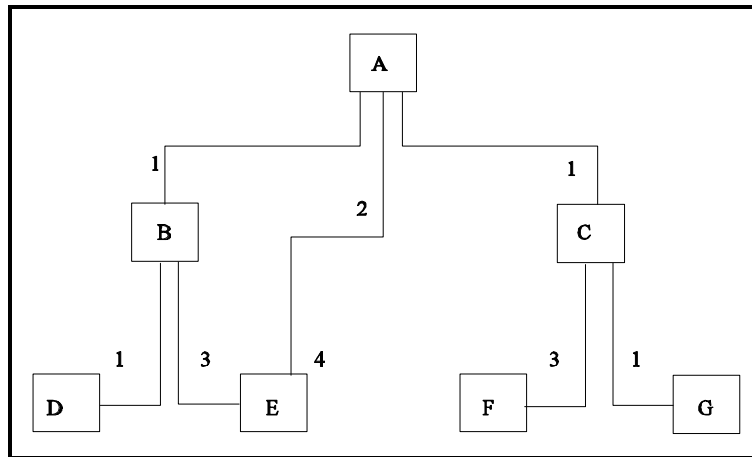


Fig. 4.4.2.1 Composición: las cifras representan unidades de componente por unidad de nivel superior

Pieza	Piezas por caja	CAJAS		
		Mes 1	Mes 2	Mes 3
A	100	3.000	2.500	5.000
B	100	1.400	1.300	1.700
C	250	500	100	900

Fig. 4.4.2.2 Demanda prevista

El stock inicial (antes de empezar) y el mínimo deseado (que tiene que haber al final de cada mes) se encuentran en la figura 4.4.2.4, expresados en cajas. Debe tenerse en cuenta que las piezas B y C que hay en stock están sin embalar, de manera que si se tienen que vender, hará falta embalarlas antes.

Se pide:

- a) ¿Cuáles son las necesidades brutas y netas de cada pieza para cada mes?
- b) ¿Qué plan de compras se haría si no se tuviese en cuenta las limitaciones de mano de obra disponible?

Sección	Personas	Minutos por mil unidades		
		A	B	C
Preparación	6	))	45	72
Prensas	1	))	3	6
Trat. térmicos	8	))	))	162
Mecanización	10	90	132))
Embalaje	2	60	84*	75*

Fig.4.4.2.3 Datos de las secciones

Pieza	Piezas por caja	Stock inicial (cajas)	Stock mínimo (cajas)
A	100	1.000	1.000
B	100	3.000	2.500
C	250	1.440	1.500
D	1.000	400	250
E	1.000	1.750	1.500
F	1.000	165	500
G	1.000	700	200

Fig.4.4.2.4 Datos sobre stocks

- c) ¿En qué secciones y en qué meses habrá exceso de mano de obra, y en cuáles faltará?
¿Cuántas horas extra (como mínimo) serán necesarias para cumplir el programa?
- d) Hacer una asignación de las horas sobrantes de manera que se cubra la carencia de mano de obra con un mínimo de horas extra teniendo en cuenta las limitaciones existentes. Advertir si hay alguna condición que no sea seguro que se pueda cumplir para hacer esta asignación.

(*) Las piezas B y C sólo precisan ser embaladas si se tienen que vender como recambios, si no, no pasan por la sección de embalaje

4.4.3 Una empresa fabrica tres productos acabados (esencialmente el mismo aparato en tres calidades: normal, extra y lujo), y sus ventas durante 1995 han sido:

mes→ ↓producto	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OC T	NOV	DIC
<i>A</i>	110	92	92	60	64	72	78	50	156	176	150	128
<i>B</i>	70	79	60	49	41	60	44	50	120	139	104	98
<i>C</i>	55	71	36	30	38	28	39	25	84	86	75	52

Se estima que la demanda de los tres productos es estacionaria (por lo que este año se venderá aproximadamente la misma cantidad de cada uno que el año pasado) y que los tres sufren la misma estacionalidad.

El montaje de los tres productos se realiza en la misma línea de montaje, necesitando *A* 1 hora, *B* 1 hora 20 minutos y *C* 1 hora 45 minutos. La línea trabaja a dos turnos de 8 horas cada uno, aunque si es necesario pueden realizarse unas pocas horas extraordinarias en el tercer turno al coste de 12.000 *um/h* (la línea funciona con varios operarios). Los productos pueden fabricarse en los períodos de demanda baja, almacenarse y venderse en los períodos de demanda alta, pero entonces debe tenerse en cuenta un coste de posesión de stock de 4.000 *um/un-mes* para el producto *A*, de 7.000 *um/un-mes* para el *B* y 9.250 *um/un-mes* para el *C* (dado que la cadena debe equilibrarse en función de los tres productos, la proporción en que se fabrican es la misma que corresponde a la demanda, por lo que no es posible guardar en el almacén una proporción diferente).

Sabiendo que los días laborables de enero a diciembre de 1996 son:

21 20 17 22 19 20 22 5 19 23 20 16

- a) Establecer el plan maestro de producción sabiendo que el stock final de diciembre de 1995 ha sido 20 unidades de *A*, 15 unidades de *B* y 50 de *C*, y que se desea que el stock al final de cada mes sea, si la demanda corresponde a la previsión, igual al 20% de dicha demanda de dicho mes (redondeando por exceso si es preciso). Dicho plan maestro debe minimizar el coste de horas extraordinarias y de stock, considerando que el único cuello de botella del sistema productivo es el montaje final.

La estructura del producto en la empresa es:

CLAVE	COMPONENTE	CANTIDAD	CLAVE	COMPONENTE	CANTIDAD
A	M	2	B	M	1
	N	1		N	1
	X	4		P	1
		X		4	
M	X	4	N	X	8
	Y	1		Y	2
	Z	3		Z	4

CLAVE	COMPONENTE	CANTIDAD
C	N	1
	P	2
	X	8
P	X	12
	Y	3
	Z	5

X, Y, Z son de procedencia exterior, se compran.

b) ¿Cuántas unidades de X, de Y y de Z deberán provisionarse durante 1996?

NOTA: Se pretende que el equilibrio o ajuste de plan maestro se realice reduciendo los tres artículos a una unidad común, regresando posteriormente a aquéllos. La pregunta b) puede contestarse sin haber realizado todos los cálculos correspondientes a la a).

4.4.4 La empresa TRIPLE B (Baldes, Barreños y Bacías, S.A.) tiene una fábrica de la que usted es el director, y que fabrica sólo dos productos: el Búcaro y el Búrato, cuyas ventas en los últimos tres años se indican en la *figura 4.4.4.1*. Se sabe que, así el Búcaro tiene una fuerte estacionalidad, el Búrato está exento de este fenómeno.

Para montar los productos acabados, se utilizan tres semimanufacturados, denominados respectivamente Aguamaniles, Botes y Cazos en cantidades que se indican en la *figura 4.4.4.2*, junto con las horas de trabajo necesarias para hacer el montaje.

De los Aguamaniles, Botes y Cazos se venden también unas cantidades para recambios que se sabe por experiencia que se pueden prever según las siguientes leyes:

$$V(A, t) = \frac{V(BC, t-2)}{6}$$

$$V(B, t) = \frac{V(BC, t-2)}{6} + \frac{V(BR, t-3)}{2}$$

$$V(C, t) = \frac{V(BC, t-2)}{3} + \frac{V(BR, t-3)}{6}$$

Año	1 ^{er} trim.		2 ^o trim.		3 ^{er} trim.		4 ^o trim.	
	BC	BR	BC	BR	BC	BR	BC	BR
1993	600	17	315	21	121	24	564	24
1994	592	41	328	43	117	43	563	46
1995	608	50	317	64	122	67	533	70

Fig.4.4.4.1 Ventas trimestrales en unidades

Para hacer un ...	BC	BR
hace falta:	1 Aguamanil 1 Bote 2 Cazos	3 Botes 1 Cazo
y se monta en ...	3 horas	20 horas

Fig.4.4.4.2 Unidades de Aguamaniles, Botes y Cazos y horas de trabajo necesarias para hacer un Búcaro o un Búrato

Para fabricar los Aguamaniles, Botes y Cazos se utilizan cuatro materias primas (Tazas, Urnas, Vasos y Jícaras) en cantidades que, junto con las horas necesarias para hacerlo, se indican en la *figura 4.4.4.3*.

El stock a finales de 1995 es el siguiente:

700	Búcaros (BC)
100	Búratos (BR)
1.000	Aguamaniles
1.800	Botes

1.500	Cazos
3.000	Tazas
2.500	Urnas
3.500	Vasos
5.000	Jícaras

Para hacer un ...	Aguamanil	Bote	Cazo
hace falta:	2 Tazas 1 Urna	1 Urna 1 Vaso 1 Jícara	1 Vaso 2 Jícaras
y se monta en ...	1 hora	3 horas	5 horas

Fig.4.4.4.3 Unidades de Tazas, Urnas, Vasos y Jícaras y horas de trabajo necesarias para hacer un Aguamanil, un Bote o un Cazo

El coste de almacenamiento se cuenta trimestralmente cargando un 5% del valor de las materias primas que contienen los materiales en stock al final del trimestre. El precio de adquisición de Tazas, Urnas, Vasos y Jícaras es, respectivamente, 2.000, 4.000, 6.000 y 8.000 *um/unidad*.

La plantilla es de 28 trabajadores que trabajan 42 horas semanales (menos un absentismo del 2%). Cada trimestre tiene 13 semanas, excepto el tercero que, debido a las vacaciones, sólo tiene 8. Si conviene, se puede aumentar la cantidad de horas trabajadas haciendo horas extra, hasta un límite del 20% de las horas normales, y con un sobrecoste de 3.000 *um/hora*.

Se pide:

- Hacer una previsión de las ventas de Búcaros, Búratos, Aguamaniles, Botes y Cazos para cada trimestre de 1996.
- Dadas las previsiones hechas en el apartado anterior, generar un plan de fabricación factible que minimice los costes de almacenaje y de horas extra. Los stocks durante el año pueden ser los que se desee, pero al final del año deberán ser los mismos que al principio, incrementados en un 10%.
- A partir del plan de fabricación obtenido, generar un plan de compras de Tazas, Urnas, Vasos y Jícaras, teniendo en cuenta que los lotes de compra son, respectivamente,

1.000, 1.500, 8.000 y 12.000 unidades. (En esta pregunta, la norma del 10% no rige para las materias primas.)

Nota: Recordar, a efectos de fijar la precisión con que se ha de trabajar, que todas las magnitudes se miden en cantidades enteras.

4.4.5 La lista materiales de una empresa consta de 10 artículos:

<p>Artículo A SUBMONTAJE Componentes:</p> <p>B 1 J 1 G 3</p> <p>Plazo 1 Lote 1</p>		<p>Artículo B ELABORACIÓN Componentes:</p> <p>E 4 G 1 I 10</p> <p>Plazo 2 Lote 80</p>		<p>Artículo C MONTAJE Componentes:</p> <p>A 1 F 2 B 1 E 6</p> <p>Plazo 1 Lote 1</p>	
<p>Artículo D MONTAJE Componentes:</p> <p>F 2 G 1 B 1 E 4</p> <p>Plazo 1 Lote 1</p>		<p>Artículo E COMPRA</p> <p>Plazo 3 Lote 2.500</p>		<p>Artículo F SUBMONTAJE Componentes:</p> <p>J 2 G 3</p> <p>Plazo 1 Lote 1</p>	
<p>Artículo G COMPRA</p> <p>Plazo 3 Lote 1.000</p>	<p>Artículo H MONTAJE Componentes:</p> <p>F 3 B 1 E 8</p> <p>Plazo 1 Lote 1</p>		<p>Artículo I COMPRA</p> <p>Plazo 3 Lote 5.000</p>	<p>Artículo J ELABORACIÓN Componentes:</p> <p>E 8 G 1 I 12</p> <p>Plazo 2 Lote 200</p>	

Suponiendo el siguiente plan maestro de producción:

Semana	01	02	03	04	05	06	07	08
D	10	11	12	12	11	10	9	10
C	8	7	6	5	6	8	7	8
H	2	2	2	3	3	2	4	2

y los siguientes stocks iniciales

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
30	100	10	15	3.500	60	1.200	5	6.000	200

y ninguna orden pendiente de servir la semana 01, inicio de producción después de vacaciones, ¿qué órdenes planificadas de producción y aprovisionamiento deberían emitirse para atender las necesidades durante las cuatro primeras semanas? ¿Es suficiente el horizonte del plan maestro?

4.4.6 En una empresa se fabrica un único producto acabado *A*, que consta de dos componentes *B* y *C* fabricados en la misma empresa y que también se venden como recambios. En la fabricación de *A* y de estos componentes se utilizan tres materias primas *T*, *E* y *F*, que se compran en el exterior. Los datos de cada uno de estos materiales figuran en las tablas adjuntas.

Preparar el plan de producción y aprovisionamiento para los próximos 20 días.

Material A	
Descomposición	1A consta de 2B, 3C y 4F
Stock inicial	50
Stock mínimo	30
Tamaño de lote	25
Tiempo de producción de un lote	5 días
Demanda:	10 unidades cada día, desde el día 1 hasta el 10 15 unidades cada día, desde el día 11 hasta el fin.
Lotes pendientes de recibir	3, en los días 1, 3 y 5

Material B	
Descomposición	1B consta de 1D, 2E y 4F
Stock inicial	100
Stock mínimo	200
Tamaño de lote	150
Tiempo de producción de un lote	1 día
Demanda:	lotes de 20 unidades a entregar los días 7, 10, 12, 16 y 23
Lotes pendientes de recibir	1, a recibir el día 2

Material C	
Descomposición	1C consta de 4E, y 4F
Stock inicial	450
Stock mínimo	400
Tamaño de lote	500
Tiempo de producción de un lote	3 días
Demanda:	lotes de 15 unidades a entregar los días 7, 13, 12, 19 y 25
Lotes pendientes de recibir	ninguno

Material D	
Stock inicial	1.500
Stock mínimo	1.000
Tamaño de lote	500
Tiempo de producción de un lote	8 días
Lotes pendientes de recibir	4, los días 1, 3, 5 y 7

Material E	
Stock inicial	700
Stock mínimo	600
Tamaño de lote	600
Tiempo de producción de un lote	2 días
Lotes pendientes de recibir	1, a recibir el día 1

Material F	
Stock inicial	2.500
Gestión por cobertura	Al final de cada día múltiplo de 5 se encarga la cantidad correspondiente.
Nivel de cobertura	4.000
Tiempo de entrega	2 días
Entregas pendientes de recibir	1, a recibir el día 2, de 1.500 unidades

4.4.7 La empresa Manufacturas Rápidas en Perspectiva, S.A. (MRP) utiliza este procedimiento para planificar su producción y sus necesidades de materiales. En la situación actual se desea calcularlas para un horizonte de 10 días referidas a un único producto final, cuya lista es la siguiente:

Artículo:	AXONOMÉTRICO
Procedencia:	Montaje
Obtención:	En lotes de 200 unidades Tiempo de producción: 3 días Los materiales necesarios para su producción se consumen el 50% el primer día, y el 50% el segundo.
Composición:	2 ISOMÉTRICOS 1 CÓNICO
Stock mínimo:	75 unidades
Stock inicial:	100 unidades Está prevista la entrada de un lote en el día 1
Demanda:	Previsión para los próximos 20 días: 50 50 30 40 70 30 60 20 80 40 60 70 50 40 60 30 90 80 50 60
Artículo:	ISOMÉTRICO
Procedencia:	Compra
Obtención:	En lotes de 1.000 unidades Tiempo de entrega: 4 días
Stock mínimo:	250 unidades
Stock inicial:	400 unidades

Artículo:	CÓNICO
Procedencia:	Producción
Obtención:	En lotes de 400 unidades Tiempo de producción: 1 día Los materiales necesarios para su producción se consumen íntegramente el primer día.
Composición:	2 DIÉDRICOS 1 CÓNICO
Stock mínimo:	200 unidades
Stock inicial:	800 unidades
Demanda:	En cada día impar deben salir 30 unidades
Artículo:	DIÉDRICO
Procedencia:	Compra
Obtención:	Gestión por cobertura. En los días múltiplos de 3 se hace el pedido, que se recibe 2 días más tarde
Cobertura:	900 unidades
Stock inicial:	170 unidades Está prevista la entrada de un lote de 200 unidades en el día 1.

El horizonte a planificar se debe entender en el sentido de que se quiere saber la evolución completa del sistema en este período (stock, órdenes de compra y de producción) desde el inicio hasta este horizonte.

El concepto *stock mínimo* se debe entender en el sentido de que no se permite (mientras sea posible) que el stock físico baje de este nivel, y por tanto se deben hacer las órdenes de producción o de compra pertinentes con tal que esto se cumpla. Si en algún caso no es posible mantener este stock mínimo, hay que advertirlo previamente, con la máxima anticipación posible.

Los días de la planificación son días laborables y, por tanto, no se consideran los domingos o festivos intermedios que pueda haber.

Se quiere saber:

- a) ¿Hasta cuántos días se deberá considerar la demanda de los AXONOMÉTRICOS con tal que se pueda planificar el horizonte indicado? ¿Hasta qué límites resultan planificados los stocks y las órdenes de producción o compra de cada artículo?

- b) Con la planificación indicada, ¿qué lotes de producción y de compra se prevé para cada artículo? ¿En qué fechas se lanzarán y en cuáles entrarán en el stock?
- c) ¿Habrá algún período en el que no se cumpla la regla del stock mínimo? Si los hay, ¿cuáles son y en qué artículos se dan?

4.4.8 La demanda prevista para los próximos doce meses de las tres familias de productos *A*, *B* y *C* es la siguiente:

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>A</i>	70	90	100	120	150	190	170	130	110	90	70	60
<i>B</i>	60	70	80	100	120	110	100	90	80	80	70	60
<i>C</i>	40	40	50	50	40	40	50	60	70	70	80	90
Días lab.	20	18	21	19	22	20	18	4	20	20	21	17

La estructura de los productos es la siguiente:

<i>A</i>	origen:	MONTAJE	unidad:	PIEZA	tiempo montaje:	40 min./un.
	Componentes:	E(2), F(2), G(1), X(4)				
<i>B</i>	origen:	MONTAJE	unidad:	PIEZA	tiempo montaje:	50 min./un.
	Componentes:	E(2), F(1), G(1), H(1), X(6)				
<i>C</i>	origen:	MONTAJE	unidad:	PIEZA	tiempo montaje:	60 min./un.
	Componentes:	E(3), G(1), H(2), X(8)				
<i>E</i>	origen:	FABRICAC.	unidad:	PIEZA	tiempo fabric.:	30 min./un.
	Componentes:	Y(1,2)				
<i>F</i>	origen:	SUBMONTAJE	unidad:	PIEZA	tiempo montaje:	20 min./un.
	Componentes:	M(3), N(4), X(2)				
<i>G</i>	origen:	SUBMONTAJE	unidad:	PIEZA	tiempo montaje:	25 min./un.
	Componentes:	M(2), N(5), X(2)				
<i>H</i>	origen:	SUBMONTAJE	unidad:	PIEZA	tiempo montaje:	30 min./un.
	Componentes:	M(1), N(6), X(2)				

H	origen:	SUBMONTAJE	unidad: PIEZA	tiempo montaje:	30 min./un.
Componentes:		M(1), N(6), X(2)			
M	origen:	FABRICAC.	unidad: PIEZA	tiempo fabric.:	10 min./un.
Componentes:		Z(0,8)			
N	origen:	FABRICAC.	unidad: PIEZA	tiempo fabric.:	15 min./un.
Componentes:		Z(1,5)			
X, Y y Z son artículos de procedencia exterior, que se miden en PIEZAS, METROS y KILOS, respectivamente. Su precio es, respectivamente, 20 <i>um/pieza</i> ; 100 <i>um/metro</i> y 250 <i>um/kilo</i> .					

Sabiendo que el stock final del mes O será de:

A	B	C	E	F	G	H	M	N	X	Y	Z
50	40	30	80	100	30	60	150	200	500	100	1.000

y que no existen órdenes de fabricación o de aprovisionamiento en firme para los meses considerados.

- Determinar las necesidades brutas de los tres primeros meses.
- Suponiendo que cada mes se desea un stock final de los productos *A*, *B* y *C* del 20% de la demanda estimada (y un stock nulo, si es posible de los submontajes y componentes), determinar las necesidades netas de los tres primeros meses.
- Sabiendo que una hora de montaje o submontaje tiene un coste directo de 4.500 *um/hora*, que una hora de fabricación de *E* de 6.000 *um/hora* y del resto de fabricaciones 3.000 *um/hora*, calcular el coste estándar de los productos *A*, *B* y *C* incluyendo un 20% del coste directo (trabajo) como participación en los gastos generales.

4.4.9 La empresa SOLREG-2 S.A. tiene la siguiente estructura del producto (plazos en *semanas*, cantidades en *unidades/unidad*, cargas en *minutos/unidad*, precios en *um/unidad*, lotes y stock de seguridad en *unidades*):

SR04: TETRAEDRO	Origen: MONTAJE	Plazo: 1 SEMANA
Componentes: TRI (4)/UA (6)/UV (4)		
Elaboración: SEC.M (20)		
Lotificación: UNO A UNO		
SR06: HEXAEDRO	Origen: MONTAJE	Plazo: 1 SEMANA
Componentes: CUA (6)/UA (12)/UV (8)		
Elaboración: SEC.M (35)		
Lotificación: UNO A UNO		
SR08: TETRAEDRO	Origen: MONTAJE	Plazo: 1 SEMANA
Componentes: TRI (8)/UA (12)/UV (6)		
Elaboración: SEC.M (45)		
Lotificación: UNO A UNO		
TRI: TRIÁNGULO	Origen: ELABORACIÓN	Plazo: 2 SEMANAS
Componentes: CART (0,8)		
Elaboración: SEC.C (6)/SEC.F (5)		
Lotificación: MÚLTIPLOS DE 500		
CUA: CUADRADO	Origen: ELABORACIÓN	Plazo: 2 SEMANAS
Componentes: CART (1,0)		
Elaboración: SEC.C (6)/SEC.F (7)		
Lotificación: MÚLTIPLOS DE 400		
UA: UNIÓN-ARISTA	Origen: COMPRAS	Plazo: 2 SEMANAS
Precio: 100 <i>um</i>		
Lotificación: MÍNIMO 2.000		
UV: UNIÓN-VERTIC.	Origen: COMPRAS	Plazo: 2 SEMANAS
Precio: 200 <i>um</i>		
Lotificación: MÍNIMO 1.500		
CART: CARTULINA	Origen: COMPRAS	Plazo: 3 SEMANAS
Precio: 1.000 <i>um</i>		
Lotificación: MÍNIMO 1.500 / STOCK SEGURIDAD 100		
SR14: TETRADECAEDRO	Origen: MONTAJE	Plazo: 1 SEMANA
Componentes: TRI (8)/UA (6)/UA (24)/UV (12)		
Elaboración: SEC.M (75)		
Lotificación: UNO A UNO		

El plan maestro de las próximas 8 semanas es el siguiente:

SEMANA	01	02	03	04	05	06	07	08
SR04	10	11	12	12	12	11	10	10
SR06	9	9	9	8	8	7	7	7
SR08	6	6	5	5	6	7	7	8
SR14	15	15	14	14	16	16	15	15

y los stocks disponibles y las órdenes en firme (situadas en la fecha de cumplimiento) así como las capacidades restantes de las secciones de elaboración y montaje son:

	STOCK	SEMANA	01	02	03	≥ 04
SR04	0		10			
SR06	0		10			
SR08	0		66			
TRI	300			500		
CUA	280					
UA	1.600				2.000	
UV	1.100					
CART	1.200				1.500	
SR14			15			
Horas disponibles		SEC.M	8	40	40	40
(respecto al horario normal)		SEC.C	15	15	40	40
		SEC.F	18	20	40	40

- Suponiendo que los costes unitarios por hora de trabajo en las secciones M, C y F son 5.400, 3.000 y 4.500 *um*, respectivamente y que el resto de costes de fabricación puede estimarse como el 10% del valor añadido en las secciones, ¿cuál es el coste de SR14?
- Para satisfacer el plan maestro, ¿qué órdenes de aprovisionamiento hay que emitir la semana 01?
- Suponiendo que en horario normal se dispone de 40 horas/semana, indicar el porcentaje de dicha disponibilidad a comprometer para satisfacer el plan maestro la semana 03 (se supondrá que la carga se distribuye regularmente a lo largo del plazo a partir de la semana siguiente a la emisión de una orden).

4.4.10 La empresa MUEBLES METÁLICOS S.A. sigue fabricando los conocidos productos *estantería metálica de 3 anaqueles* y *estantería metálica de 6 anaqueles* con la siguiente estructura del producto (se incluyen componentes, cantidades, plazo, consumo de recursos en los artículos de procedencia interior y coste unitario en los exteriores):

001 estantería metálica de 3 anaqueles (montaje, 1 semana)			
comp.	cant.	secc.	h / un.
003	3	M	2,0
004	4		
005	8		
006	12		

002 estantería metálica de 6 anaqueles (montaje, 1 semana)			
comp.	cant.	secc.	h / un.
003	6	M	2,7
004	8		
005	8		
006	24		
007	4		

001 estantería metálica de 3 anaqueles (montaje, 1 semana)			
comp.	cant.	secc.	h / un.
008	2	C	0,21
		F	0,16

004 pata (elaboración, 2 semanas)			
comp.	cant.	secc.	h / un.
008	3	C	0,27
		F	0,33

005 capuchón
(compra, 2 semanas)

2 um / unidad

006 tornillo
(compra, 2 semanas)

1 um / unidad

007 conector
(compra, 2 semanas)

5 um / unidad

008 plancha metálica
(compra, 2 semanas)

100 um / unidad

Últimamente ha desarrollado un nuevo producto 009 (a partir de un nuevo semielaborado, 010), cuya estructura es la siguiente:

009 estantería metálica de 4 anaqueles (montaje, 1 semana)			
comp.	cant.	secc.	h / un.
003	4	M	2,2
010	4		
005	8		
006	16		

010 pata larga (elaboración, 2 semanas)			
comp.	cant.	secc.	h / un.
008	4	C	0,30
		F	0,35

- a) ¿Cuál será el coste directo de 009 (materiales más recursos) si una unidad (*h*) del taller M tiene un coste de 2.000 *um* y una del taller C o F 1.500 *um*?
- b) Si la disponibilidad de recursos de cada semana es de 40 unidades (tanto en M como en F y C), un plan maestro detallado que durante varias semanas seguidas pretenda realizar:

001))) > 5 unidades
 002))) > 6 unidades
 009))) > 5 unidades

¿sería factible o no? ¿por qué?

- c) En este caso, ¿puede formalizar las restricciones a que está sometido un plan maestro detallado factible?
- d) ¿Qué necesidades brutas representaría el plan maestro detallado antes citado?
- e) Utilizamos un sistema MRP para el cálculo de necesidades. Las reglas de lotificación son: los artículos se montan de acuerdo a las necesidades, los lotes de fabricación son:

003))) > 150 unidades
 004))) > 120 unidades
 010))) > 50 unidades
 005))) > 500 unidades
 006))) > 1.000 unidades
 007))) > 100 unidades
 008))) > 1.500 unidades

En ningún caso empleamos stocks de seguridad. Los plazos se cumplen con gran precisión, ¿cuál será el stock medio de los artículos elaborados con el plan maestro detallado indicado (homogéneo en el tiempo)?

4.4.11 La empresa SOLREG-2 cuyos datos sobre la estructura del producto se han detallado en el enunciado **4.4.9** está preparando el plan maestro global para la próxima temporada. Los datos de partida sobre la demanda están formados por las previsiones de la demanda, realizadas con los datos históricos hasta diciembre de 1990 inclusive más los correspondientes a las ventas realizadas los cinco primeros meses de 1991. SOLREG-2 ha decidido basar sus previsiones sobre las ventas diarias medias de cada mes (días hábiles) porque ha comprobado que la estabilidad de las mismas es mejor. El modelo utilizado es el de tendencia lineal con estacionalidad multiplicativa (con los mismos coeficientes estacionales para los cuatro productos).

1990							1991				
JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
DÍAS HÁBILES											
20	20	7	18	22	20	16	20	20	14	21	22
COEFICIENTES DE ESTACIONALIDAD											
0,8	1,1	0,9	0,8	1,1	1,0	0,9	1,2	0,8	0,9	1,0	1,1
MODELO							VENTAS				
DE SRO4	a = 2,4		b = 0				3,1	2,0	2,2	2,4	2,7
DE SRO6	a = 1,8		b = 0,02				2,2	1,5	2,0	1,7	2,3
DE SRO8	a = 1,4		b = - 0,02				3,8	2,6	3,0	3,5	2,8
DE SR14	a = 3,2		b = 0				3,8	2,6	3,0	3,5	3,5

Datos previsionales:

1991						1992					
JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
DÍAS HÁBILES (PARA PRODUCCIÓN Y VENTAS)											
20	6	19	22	20	15	19	20	18	22	20	19
JUNIO DE 1991 TIENE 19 DÍAS HÁBILES, Y LOS STOCKS A FINAL DE JUNIO SE ESTIMAN EN: 20 UNIDADES DE SR04, 15 DE SR08, 10 DE SR06 Y 25 DE SR14											

Datos económicos y política de empresa:

COSTE PRODUCTOS	SR04 9.600 <i>um/un.</i> SR08 17.800 <i>um/un.</i> 009 19.200 <i>um/un.</i> SR14 36.500 <i>um/un.</i>
SOBRECOSTE POR HORA EXTRA DE MONTAJE 8.100 <i>um</i>	
COSTE DE STOCK DE PRODUCTOS ACABADOS 26% anual	
COSTE DE PÉRDIDA DE VENTAS 50% del coste de productos	
LA EMPRESA PROCURA MANTENER UN STOCK DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS ACABADOS EQUIVALENTE AL 50% DE LAS VENTAS ESTIMADAS DEL MES PARA SOPORTAR LAS FLUCTUACIONES DE VENTAS RESPECTO PREVISIONES	

Suponiendo que el único cuello de botella a tener en cuenta en la planificación es el montaje, y que la sección M trabaja 8 horas diarias en régimen normal, pudiendo realizarse hasta 2 horas diarias más extra (con un límite máximo de 36 horas/mes) establecer el plan maestro global de julio de 1991 a junio de 1992.

4.4.12 Una determinada planta de una fábrica produce, entre otros, los muebles M_1 y M_2 , que son especiales en cuanto a los materiales empleados y de los que se tiene prevista para los próximos tres meses de la demanda siguiente:

	Noviembre	Diciembre	Enero
M_1	650	500	600
M_2	100	80	100

La lista de materiales es:

$$M_1 \begin{bmatrix} A & 1 & \text{Fab} \\ B & 2 & \text{Com} \\ C & 2 & \text{Fab} \\ D & 1 & \text{Com} \end{bmatrix} \quad M_2 \begin{bmatrix} A & 1 & \text{Fab} \\ B & 2 & \text{Com} \\ E & 2 & \text{Fab} \end{bmatrix} \quad C \begin{bmatrix} I & 1 & \text{Com} \\ J & 3 & \text{Com} \end{bmatrix} \quad A [H \ 5 \ \text{Com}] \quad E [J \ 6 \ \text{Com}]$$

- a) Calcular las necesidades brutas para satisfacer la demanda hasta enero.
- b) El stock inicial es:

M_1	M_2	A	B	C	D	E	H	I	J
300	130	120	50	100	200	50	50	1.000	400

La producción de M_1 se inicia cuando quedan en stock menos de 100 unidades y el lote económico es 800 unidades. Para M_2 estos parámetros son 75 (punto de pedido) y 150 (lote económico). La fracción de componentes y el montaje duran menos de una semana.

Determinar las cantidades de subconjuntos A , B y E que se tendrán que fabricar cada mes y cuál debería ser el calendario de llegadas de los productos comprados para los próximos tres meses.