

## CAPÍTULO

## 7

**INTRODUCCIÓN  
AL CONTROL DE  
LA ACTIVIDAD  
DE PRODUCCIÓN**

## Objetivos del capítulo

1. Introducción del control de la actividad de producción
2. Tipos de carga
3. Asignación de carga a un centro de trabajo
  - 3.1. Asignación de todo el pedido al mismo centro de trabajo
  - 3.2. Método de los índices
4. Programación en una sola máquina o procesador
  - 4.1. Introducción
  - 4.2. Reglas de prioridad

## Conceptos básicos

## Actividades de autocomprobación

## Ejercicios voluntarios

## Referencias bibliográficas



## OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

Este capítulo se centra en aspectos muy destacados relacionados con la organización de la producción:

- Conocer en qué consiste el control de la actividad de producción.
- Conocer los distintos tipos de carga sobre un centro de trabajo.
- Saber asignar los distintos pedidos a los centros de trabajo, en función de su capacidad disponible.
- Saber aplicar de manera práctica las reglas de prioridad del control de actividad de producción.

Para alcanzar estos objetivos, se ha organizado este capítulo en diferentes epígrafes. Se comienza con el control de la actividad de producción, analizando en qué consiste y qué información va a generar. Se van a explicar también los conceptos de carga finita e infinita, y cómo se produce la carga de trabajo en los centros de trabajo en función de los mismos.

Se van a detallar también los métodos más usuales de asignación de pedidos a centros de trabajo, en función de si los pedidos deben procesarse cada uno de ellos íntegramente en el mismo centro de trabajo o no. Por último, se van a exponer las reglas de prioridad más usuales cuando se tiene una única máquina y su aplicación práctica.

## 1. INTRODUCCIÓN DEL CONTROL DE LA ACTIVIDAD DE PRODUCCIÓN

El **control de actividad de producción (CAP)** se encarga de comprobar que las planificaciones de producción o de prestación de servicios efectuadas se están cumpliendo adecuadamente, y en caso de no ser así se encarga de poner los medios para corregir las desviaciones detectadas. El CAP, que también es conocido como **control de planta**, debe aportar la siguiente información para lograr el objetivo:

- **Estado de cada pedido.** Un proceso puede encontrarse sin iniciar, en proceso o finalizado.
- **Lugar.** Cuando un pedido está en proceso hay que conocer qué operación y en qué centro de trabajo se encuentra.
- **Informe de los pedidos finalizados.** Debe indicar los resultados obtenidos, productos defectuosos, problemas detectados, etc.
- **Estado de los cuellos de botella del proceso productivo.** Son aquellos que marcan el ritmo de producción, y cualquier problema asociado a ellos afecta de manera directa a la producción.

Para poder realizar el control de la actividad de producción se requiere conocer en detalle el *material requirements planning* (MRP), especialmente la liberación planificada del pedido, así como la información de las rutas de cada producto, especificando los tiempos de transporte, tiempos de espera y todos los recursos disponibles.

El conjunto de tareas que se deben realizar en un centro de trabajo, especificando el orden en que deben ejecutarse, se llama **lista de despacho**. Para comprobar la carga de trabajo de cada centro de trabajo son de gran ayuda los diagramas de Gantt, donde, de una manera gráfica, se ve cuándo empieza y acaba cada actividad, así como la capacidad no utilizada del centro de trabajo. Se suele tener un diagrama de Gantt por cada centro de trabajo.

En caso de detectarse desviaciones respecto a lo previsto, se pueden tomar acciones como usar rutas alternativas, subcontratar parte de la producción, agilizar los trabajos, hacer horas extra, realizar operaciones en paralelo, etc., pudiendo llegarse a cancelar pedidos en casos extremos.

## 2. TIPOS DE CARGA

La carga de un centro de trabajo es todo el conjunto de trabajos que debe realizarse, medido en el tiempo necesario para su realización. Existen dos aproximaciones respecto a la asignación de trabajos a un centro de trabajo:

- **Carga infinita.** Se asignan los trabajos conforme a las necesidades de los clientes, sin importar si se excede la capacidad disponible. Con esto se consigue flexibilizar la capacidad, las fechas de vencimiento de los trabajos son la prioridad.
- **Carga finita.** Se parte de una capacidad disponible que va disminuyendo según se van asignando trabajos. Cuando ya no hay capacidad para un periodo determinado, el trabajo se asigna en el próximo periodo con capacidad suficiente para ese trabajo. En este caso las fechas de vencimiento se tienen en cuenta de una manera relativa, aunque la estabilidad de las instalaciones es mucho mayor.

## 3. ASIGNACIÓN DE CARGA A UN CENTRO DE TRABAJO

Normalmente la carga de un centro de trabajo (CT) es finita, y hay que decidir qué pedidos realizar en cada centro de trabajo en función de su capacidad disponible. Existen varias aproximaciones a esta problemática:

- Asignar un pedido a un CT determinado para que se realice allí íntegramente.
- Poder dividir la realización de un pedido entre varios CT. Esto es posible cuando los tiempos de preparación de los distintos lotes son despreciables.

Veamos a continuación estas dos variantes.

### 3.1. ASIGNACIÓN DE TODO EL PEDIDO AL MISMO CENTRO DE TRABAJO

Este es el caso genérico de tener que procesar  $n$  pedidos, de los que se conoce el tamaño de lote de cada uno, en  $m$  CT. De cada CT deben conocerse los costes y tiempos unitarios para cada producto. También se conocen las capacidades disponibles en cada CT.

La manera más sencilla de afrontar este tipo de problemas, cuando el número de pedidos y de CT es pequeño, es a prueba y error. La metodología a seguir es la siguiente:

1. Realizar una asignación inicial de pedidos a los CT buscando bien el mínimo tiempo o el mínimo coste.
2. Calcular la carga de trabajo de cada CT, y detectar sobrecargas.
3. Realizar un cambio en la asignación inicial, intercambiando un pedido de un CT con sobrecarga a otro, buscando evitar la sobrecarga.
4. Volver al paso 2 hasta que no existan sobrecargas de trabajo.

A continuación se va a ver cómo realizar este tipo de asignaciones mediante dos ejemplos.

### EJEMPLO 1. A prueba y error

Se tienen que procesar 4 pedidos correspondientes a 4 productos, de los que se conoce el tamaño de lote de cada uno. Actualmente hay disponibles 2 centros de trabajo (CT), sabiéndose los costes y tiempos unitarios para cada producto. También se conocen las capacidades disponibles, en horas, en cada CT. Buscando que el coste sea lo menor posible y sabiendo que el pedido debe realizarse íntegramente en un único CT, ¿cómo asignarías los pedidos a los distintos CT?

Pedido	Producto	Lote	CT1				CT2			
			Cu	Tu	Ct	Tt	Cu	Tu	Ct	Tt
P1 .....	A	250	0,1	0,08			0,12	0,06		
P2 .....	C	100	0,5	0,1			0,35	0,15		
P3 .....	B	50	0,3	0,1			0,2	0,2		
P4 .....	E	100	0,4	0,2			0,5	0,25		
Capacidad .....			35				30			

.../...

.../...

### Solución

Lo primero será obtener los costes y tiempos totales de los pedidos en los 2 CT. Se calculan multiplicando el tamaño del lote por el coste o por el tiempo unitario, respectivamente:

Pedido	Producto	Lote	CT1				CT2			
			Cu	Tu	Ct	Tt	Cu	Tu	Ct	Tt
P1 .....	A	250	0,1	0,08	25	20	0,12	0,06	30	15
P2 .....	C	100	0,5	0,1	50	10	0,35	0,15	35	15
P3 .....	B	50	0,3	0,1	15	5	0,2	0,2	10	10
P4 .....	E	100	0,4	0,2	40	20	0,5	0,25	50	25
Capacidad .....			35				30			

Como se buscan unos costes mínimos, *a priori* el pedido 1 irá al CT1, el pedido 2 al CT2, el pedido 3 al CT2, y el pedido 4 al CT1. La tabla que refleja la carga de trabajo, en horas, de cada CT será la siguiente:

	CT1	CT2
P1 .....	20	
P2 .....		15
P3 .....		10
P4 .....	20	
Carga .....	40	25
Capacidad .....	35	30
¿Sobrecarga? .....	5	-5

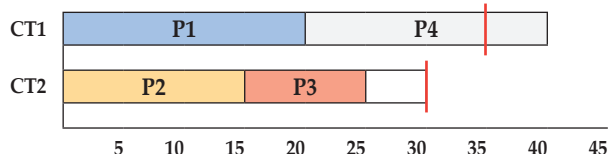
Se observa que el CT1 tiene una carga de trabajo de 40 horas, mientras que su capacidad es de 35 horas, por tanto tiene una sobrecarga de 5 horas.

El CT2 tiene una carga de 25 horas, mientras que su capacidad es de 30 horas, por lo que tiene una capacidad sobrante u ociosa de 5 horas.

.../...

.../...

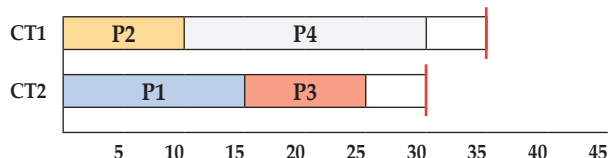
Representando esta situación en un diagrama de Gantt:



Parece claro que habrá que intercambiar un pedido entre el CT1 y el CT2. Puede haber varias posibles soluciones. Una podría ser que el pedido 1 se procese en el CT2, y a cambio el pedido 2 se procese en el CT1. A continuación se demuestra que es viable, viendo la carga de trabajo de cada uno:

	CT1	CT2
P1 .....		15
P2 .....	10	
P3 .....		10
P4 .....	20	
Carga .....	30	25
Capacidad .....	35	30
¿Sobrecarga? .....	-5	-5

En esta situación el CT1 tendrá una carga de trabajo de 30 horas, siendo su capacidad disponible de 35 horas. En el CT2 hay una carga de 25, y dispone de una capacidad de 30 horas. Por tanto, al final cada CT tendrá una capacidad sobrante de 5 horas.



Los costes totales se obtendrán viendo en la tabla inicial los costes totales de procesar cada pedido en cada CT. En la siguiente tabla se desglosan:

.../...

.../...

	CT1	CT2
P1 .....		30
P2 .....	50	
P3 .....		10
P4 .....	40	
Coste CT .....	90	40
Coste total .....	130	

## EJEMPLO 2. A prueba y error

Se tienen que procesar 4 pedidos correspondientes a 4 productos, de los que se conoce el tamaño de lote de cada uno. Actualmente hay disponibles 3 centros de trabajo (CT), sabiéndose los costes y tiempos unitarios para cada producto. También se conocen las capacidades disponibles en cada CT. Buscando que el coste sea lo menor posible y sabiendo que el pedido debe realizarse íntegramente en un único CT, ¿cómo asignarías los pedidos a los distintos CT?

Pedido	Producto	Lote	CT1				CT2				CT3			
			Cu	Tu	Ct	Tt	Cu	Tu	Ct	Tt	Cu	Tu	Ct	Tt
P1 .....	A	250	0,1	0,08			0,12	0,06			0,12	0,08		
P2 .....	C	100	0,5	0,1			0,35	0,15			0,6	0,12		
P3 .....	B	50	0,3	0,1			0,2	0,2			0,25	0,14		
P4 .....	E	100	0,4	0,2			0,5	0,25			0,3	0,3		
Capacidad .....			25				25				20			

## Solución

Lo primero será obtener los costes y tiempos totales de los pedidos en los 3 CT. Se calculan multiplicando el tamaño del lote por el coste o por el tiempo unitario, respectivamente:

.../...



.../...

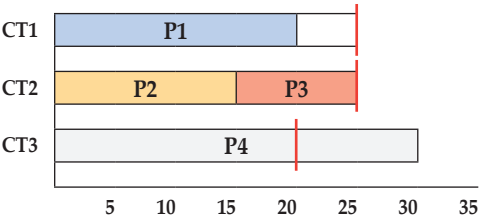
Pedido	Producto	Lote	CT1				CT2				CT3			
			Cu	Tu	Ct	Tt	Cu	Tu	Ct	Tt	Cu	Tu	Ct	Tt
P1 .....	A	250	0,1	0,08	25	20	0,12	0,06	30	15	0,12	0,08	30	20
P2 .....	C	100	0,5	0,1	50	10	0,35	0,15	35	15	0,6	0,12	60	12
P3 .....	B	50	0,3	0,1	15	5	0,2	0,2	10	10	0,25	0,14	12,5	7
P4 .....	E	100	0,4	0,2	40	20	0,5	0,25	50	25	0,3	0,3	30	30
Capacidad .....			25				25				20			

Teniendo en cuenta los costes totales mínimos, *a priori* el pedido 1 irá al CT1, el pedido 2 al CT2, el pedido 3 al CT2 y el pedido 4 al CT3. La tabla que refleja la carga de trabajo, en horas, de cada CT será la siguiente:

	CT1	CT2	CT3
P1 .....	20		
P2 .....		15	
P3 .....		10	
P4 .....			30
Carga .....	20	25	30
Capacidad .....	25	25	20
¿Sobrecarga? .....	- 5	0	10

El CT1 tiene una carga de trabajo de 20 horas, siendo su capacidad de 25 horas, por tanto tiene una capacidad ociosa de 5 horas. El CT2 tiene una carga de 25 horas, mientras que su capacidad es de 25 horas. Por último el CT3 tiene una carga de 30 horas, mientras que su capacidad es de 20 horas, por lo que tiene una sobrecarga de 10 horas.

El diagrama de Gantt asociado será:



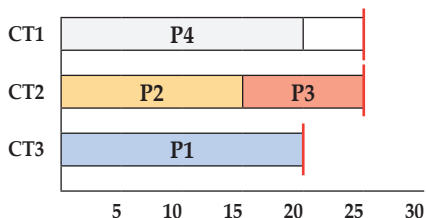
.../...

.../...

Parece claro que habrá que quitar el pedido 4 del CT3 e intercambiarlo con otro pedido de otro CT. Una solución fácil sería que el pedido 1 se procese en el CT3, y a cambio el pedido 4 se procese en el CT1. La carga de trabajo de cada CT quedaría:

	CT1	CT2	CT3
P1 .....			20
P2 .....		15	
P3 .....		10	
P4 .....	20		
Carga .....	20	25	20
Capacidad .....	25	25	20
¿Sobrecarga? .....	- 5	0	0

Los CT2 y CT3 quedarían nivelados, mientras que el CT1 tendría una capacidad sobrante de 5 horas. El diagrama de Gantt de esta última situación sería:



Los costes asociados, comprobando el coste de cada pedido en su respectivo CT, quedarían:

	CT1	CT2	CT3
P1 .....			30
P2 .....		35	
P3 .....		10	
P4 .....	40		
Coste CT .....	40	45	30
Coste total .....	115		

### 3.2. MÉTODO DE LOS ÍNDICES

Este método se aplica cuando un pedido puede ser dividido para poder ser procesado en varios centros de trabajo. Los pasos que se siguen son los siguientes:

1. Calcular los índices de coste y de tiempo de cada uno de los pedidos en cada CT. Se calculan de la siguiente manera:

Índice de coste del pedido  $i$  en el CT $j$ :

$$I_{cij} = [C_{tij} - \min(C_{ti})] / \min(C_{ti})$$

siendo:

- $C_{tij}$  = Coste total de realizar el pedido  $i$  en el CT $j$ .
- $\min(C_{ti})$  = Mínimo de los costes de realizar el pedido  $i$  en cualquier CT.

Así, aquel CT que tenga el coste mínimo para un pedido determinado, tendrá un índice de coste 0.

Índice de tiempo del pedido  $i$  en el CT $j$ :

$$I_{tij} = [T_{tij} - \min(T_{ti})] / \min(T_{ti})$$

- $T_{tij}$  = Tiempo total del pedido  $i$  en el CT $j$ .
- $\min(T_{ti})$  = Mínimo de los tiempos para procesar el pedido  $i$  en cualquier CT.

Aquel CT que tenga el tiempo mínimo para un pedido determinado, tendrá un índice de tiempo 0.

2. Asignar inicialmente los pedidos a los CT que tengan menor índice de coste o de tiempo según se requiera.

3. Comprobar la carga de trabajo asociada a la asignación.

4. Si algún CT tiene sobrecarga, hay que enviar esa sobrecarga de trabajo a los CT que tienen capacidad ociosa. Se elegirá aquel pedido, de un CT con sobrecarga, que tenga menor índice de coste o de tiempo en un CT con capacidad ociosa. La cantidad del pedido a enviar será el mínimo de tres cantidades:

- Sobrecarga del CT.
- El total de horas del pedido seleccionado.
- La capacidad ociosa en el CT seleccionado.

5. Si no existe sobrecarga en ningún CT, se ha llegado a la solución. En caso contrario, volver al paso 3.

6. Determinar los costes totales de la asignación.

A continuación se muestran dos ejemplos de esta metodología.

### EJEMPLO 3. Método de los índices

Se tienen que procesar los siguientes 4 pedidos en 2 centros de trabajo (CT). Se conoce el coste y el tiempo de procesar el pedido en cada uno de ellos, así como su capacidad disponible actual.

	CT1				CT2			
Pi	Ct	Ici1	Tt	Iti1	Ct	Ici2	Tt	Iti2
P1 .....	25		20		30		15	
P2 .....	50		10		35		12	
P3 .....	15		5		8		8	
P4 .....	40		20		50		25	
Capacidad .....	30				30			

Aplicando el método de los índices, determinar la mejor distribución de los pedidos en los CT, buscando en primer lugar los mínimos costes, y en segundo lugar los mínimos tiempos.

### **Solución**

Lo primero será determinar los índices de coste y tiempo de cada pedido en cada CT:

.../...

.../...

	CT1				CT2			
Pi	Ct	Ici1	Tt	Iti1	Ct	Ici2	Tt	Iti2
P1 .....	25	$(25 - 25)/25 = 0$	20	$(20 - 15)/15 = 0,33$	30	$(30 - 25)/25 = 0,2$	15	$(15 - 15)/15 = 0$
P2 .....	50	$(50 - 35)/35 = 0,43$	10	$(10 - 10)/10 = 0$	35	$(35 - 35)/35 = 0$	12	$(12 - 10)/10 = 0,2$
P3 .....	15	$(15 - 8)/8 = 0,88$	5	$(5 - 5)/5 = 0$	8	$(8 - 8)/8 = 0$	8	$(8 - 5)/5 = 0,6$
P4 .....	40	$(40 - 40)/40 = 0$	20	$(20 - 20)/20 = 0$	50	$(50 - 40)/40 = 0,25$	25	$(25 - 20)/20 = 0,25$
Capacidad .	30				30			

Se va a comenzar buscando los costes mínimos. En la tabla anterior se va a poner con fondo oscuro el tiempo correspondiente al mínimo índice de coste de cada pedido:

	CT1				CT2			
Pi	Ct	Ici1	Tt	Iti1	Ct	Ici2	Tt	Iti2
P1 .....	25	0	20	0,33	30	0,2	15	0
P2 .....	50	0,43	10	0	35	0	12	0,2
P3 .....	15	0,88	5	0	8	0	8	0,6
P4 .....	40	0	20	0	50	0,25	25	0,25
Capacidad .....	30				30			

La tabla de carga por mínimos costes será la siguiente:

	CT1	CT2
P1 .....	20	
P2 .....		12
P3 .....		8
P4 .....	20	
Carga .....	40	20
Capacidad .....	30	30
¿Sobrecarga? .....	10	- 10

.../...

.../...

En esta tabla se observa que el CT1 tiene una carga de trabajo de 40 horas, siendo su capacidad de 30, por lo que tiene una sobrecarga de 10 horas. El CT2 tiene una carga de trabajo de 20 horas, siendo su capacidad de 30 horas, por lo que existe una capacidad sobrante u ociosa de 10 horas.

Por tanto habrá que pasar alguna parte de un pedido previsto en el CT1 al CT2. Se elegirá aquel pedido que tenga un menor índice de coste en el CT2:

- $I_{c12} = 0,2$ .
- $I_{c42} = 0,25$ .

El mínimo índice corresponde al pedido 1 en el CT2. Ahora habrá que determinar cuántas horas de este pedido interesa traspasar al CT2. Será el mínimo de tres cantidades:

- Sobrecarga del CT: 10 horas en CT1.
- El total de horas del pedido seleccionado: 20 horas del P1 en el CT1.
- La capacidad ociosa en el CT seleccionado: 10 horas en CT2.

Para poder comparar, hay que poner todas las horas referidas al mismo CT. El pedido 1 tiene una duración de 20 horas en el CT1 y de 15 horas en el CT2. A partir de aquí se hace una regla de tres para ver las equivalencias en horas, según se puede ver en la siguiente tabla:

P1 (CT1) a CT2	CT1	CT2
Sobrecarga CT1 .....	10	7,5
Total P1 (CT1) .....	20	15
Capacidad ociosa CT2 .....	13,33	10
Mínimo .....	10	7,5

El mínimo son 10 horas en el CT1 que equivalen a 7,5 horas en el CT2. Por tanto se van a quitar 10 horas del pedido 1 en el CT1, y se van a transformar en 7,5 horas de este pedido en el CT2. Así, la tabla de carga quedaría:

	CT1	CT2
P1 .....	10	7,5
P2 .....		12
P3 .....		8
P4 .....	20	
Carga .....	30	27,5
Capacidad .....	30	30
¿Sobrecarga? .....	0	- 2,5

.../...

.../...

El CT1 ahora está nivelado, no tiene ni capacidad ociosa ni sobrecapacidad, y el CT2 tiene una capacidad ociosa de 2,5 horas. Los costes asociados serán los siguientes:

	CT1	CT2
P1 .....	12,5	15
P2 .....	0	35
P3 .....	0	8
P4 .....	40	0
<b>Coste CTi .....</b>	<b>52,5</b>	<b>58</b>
<b>Coste total .....</b>	<b>110,5</b>	

Para el caso de buscar el mínimo tiempo, como punto de partida se toman los mínimos tiempos de cada pedido:

	CT1				CT2			
Pi	Ct	Ici1	Tt	Iti1	Ct	Ici2	Tt	Iti2
P1 .....	25	0	20	0,33	30	0,2	15	0
P2 .....	50	0,43	10	0	35	0	12	0,2
P3 .....	15	0,88	5	0	8	0	8	0,6
P4 .....	40	0	20	0	50	0,25	25	0,25
Capacidad .....	30				30			

La tabla de carga por mínimos tiempos será la siguiente:

	CT1	CT2
P1 .....		15
P2 .....	10	
P3 .....	5	
P4 .....	20	
Carga .....	35	15
Capacidad .....	30	30
¿Sobrecarga? .....	5	-15

.../...

.../...

En ella se puede ver que el CT1 tiene una sobrecarga de 5 horas, mientras que el CT2 tiene una capacidad ociosa de 15 horas. Habrá que elegir qué pedido del CT1 se va a procesar también en el CT2, y cuántas horas del mismo. El que tenga menor índice de tiempo en el CT2 será el elegido:

- $It_{22} = 0,2$ .
- $It_{32} = 0,6$ .
- $It_{42} = 0,25$ .

El mínimo corresponde al pedido 2 en el CT2. Ahora habrá que determinar cuántas horas de este pedido interesa traspasar al CT2. Será el mínimo de tres cantidades:

- Sobrecarga del CT: 5 horas en CT1.
- El total de horas del pedido seleccionado: 10 horas del P2 en el CT1.
- La capacidad ociosa en el CT seleccionado: 15 horas en CT2.

Hay que poner todas las horas referidas al mismo CT para poder compararlas. El pedido 2 tiene una duración de 10 horas en el CT1 y de 12 horas en el CT2. A partir de aquí se hace una regla de tres para ver las equivalencias en horas, según se puede ver en la siguiente tabla:

P2 (CT1) a CT2	CT1	CT2
Sobrecarga CT1 .....	5	6
Total P2 (CT1) .....	10	12
Capacidad ociosa CT2 .....	12,5	15
Mínimo .....	5	6

El mínimo son 5 horas en el CT1 que equivalen a 6 horas en el CT2. Por tanto se van a quitar 5 horas del pedido 2 en el CT1, y se van a transformar en 6 horas de este pedido en el CT2. Así, la tabla de carga quedaría:

	CT1	CT2
P1 .....		15
P2 .....	5	6
P3 .....	5	
P4 .....	20	
Carga .....	30	21
Capacidad .....	30	30
¿Sobrecarga? .....	0	-9

.../...



.../...

En el CT1 la carga es igual a la capacidad, y el CT2 tiene una capacidad ociosa de 9 horas. Los costes asociados serán los siguientes:

	CT1	CT2
P1 .....	0	30
P2 .....	25	17,5
P3 .....	15	0
P4 .....	40	0
Coste CTi .....	80	47,5
Coste total .....	127,5	

#### EJEMPLO 4. Método de los índices

Se tienen que procesar los siguientes 4 pedidos en 3 centros de trabajo (CT). Se conoce el coste y el tiempo de procesar el pedido en cada uno de ellos, así como su capacidad disponible actual:

	CT1				CT2				CT3			
Pi	Ct	Ici1	Tt	Iti1	Ct	Ici2	Tt	Iti2	Ct	Ici3	Tt	Iti3
P1 .....	100		40		95		35		90		42	
P2 .....	80		25		75		30		70		22	
P3 .....	50		35		55		35		60		30	
P4 .....	20		54		21		50		23		52	
Capacidad .....	70				30				50			

Aplicando el método de los índices, determinar la mejor distribución de los pedidos en los CT, buscando en primer lugar los mínimos costes y en segundo lugar los mínimos tiempos.

#### Solución

Lo primero será determinar los índices de coste y tiempo de cada pedido en cada CT:

.../...

.../...

	CT1				CT2				CT3			
Pi	Ct	Ici1	Tt	Iti1	Ct	Ici2	Tt	Iti2	Ct	Ici3	Tt	Iti3
P1 .....	100	0,11	40	0,14	95	0,06	35	0	90	0	42	0,2
P2 .....	80	0,14	25	0,14	75	0,07	30	0,36	70	0	22	0
P3 .....	50	0	35	0,17	55	0,1	35	0,17	60	0,2	30	0
P4 .....	20	0	54	0,08	21	0,05	50	0	23	0,15	52	0,04
Capacidad .....	70				30				50			

La tabla de carga por mínimos costes será:

	CT1	CT2	CT3
P1 .....			42
P2 .....			22
P3 .....	35		
P4 .....	54		
Carga .....	89	0	64
Capacidad .....	70	30	50
¿Sobrecarga? .....	19	-30	14

Tanto el CT1 como el CT3 tienen sobrecarga. Habrá que pasar parte de un pedido de estos CT al CT2, que dispone de capacidad ociosa. Se elegirá aquel que tenga un menor índice de costes en este CT2:

- $Ic12 = 0,06$ .
- $Ic22 = 0,07$ .
- $Ic32 = 0,1$ .
- $Ic42 = 0,05$ .

El mínimo corresponde al pedido 4, que actualmente está en el CT1, en el CT2. Ahora habrá que determinar cuántas horas de este pedido interesa traspasar al CT2. Será el mínimo de tres cantidades:

- Sobrecarga del CT: 19 horas en CT1.
- El total de horas del pedido seleccionado: 54 horas del P4 en el CT1.
- La capacidad ociosa en el CT seleccionado: 30 horas en CT2.

.../...

.../...

Para la comparación, hay que poner todas las horas referidas al mismo CT. El pedido 4 tiene una duración de 54 horas en el CT1 y de 50 horas en el CT2. A partir de aquí se hace una regla de tres para ver las equivalencias en horas, según se puede ver en la siguiente tabla:

P4 (CT1) a CT2	CT1	CT2
Sobrecarga CT1 .....	19	17,59
Total P4 (CT1) .....	54	50
Capacidad ociosa CT2 .....	32,4	30
Mínimo .....	19	17,59

El mínimo son 19 horas en el CT1 que equivalen a 17,59 horas en el CT2. Por tanto se van a quitar 19 horas del pedido 4 en el CT1, y se van a transformar en 17,59 horas de este pedido en el CT2. Así, la tabla de carga quedaría:

	CT1	CT2	CT3
P1 .....			42
P2 .....			22
P3 .....	35		
P4 .....	35	17,59	
Carga .....	70	17,59	64
Capacidad .....	70	30	50
¿Sobrecarga? .....	0	- 12,41	14

Todavía existe sobrecarga en el CT3, mientras que el único CT son capacidad ociosa es el CT2. Se va a seleccionar aquel pedido del CT3 que tenga un menor índice de coste en el CT2:

- $I_{c12} = 0,06$  mínimo.
- $I_{c22} = 0,07$ .

El mínimo corresponde al pedido 1, que actualmente está en el CT3, en el CT2. Ahora habrá que determinar cuántas horas de este pedido interesa traspasar al CT2. Será el mínimo de tres cantidades:

- Sobrecarga del CT: 14 horas en CT3.
- El total de horas del pedido seleccionado: 42 horas del P4 en el CT3.
- La capacidad ociosa en el CT seleccionado: 12 horas en CT2.

.../...

.../...

Para la comparación, hay que poner todas las horas referidas al mismo CT. El pedido 1 tiene una duración de 42 horas en el CT3 y de 35 horas en el CT2. A partir de aquí:

P1 (CT3) a CT2	CT3	CT2
Sobrecarga CT3 .....	14	11,67
Total P1 (CT3) .....	42	35
Capacidad ociosa CT2 .....	14,89	12,41
Mínimo .....	14	11,67

Por tanto se van a quitar 14 horas del pedido 1 en el CT3, y se van a transformar en 11,67 horas de este pedido en el CT2. Así, la tabla de carga quedaría:

	CT1	CT2	CT3
P1 .....		11,67	28
P2 .....			22
P3 .....	35		
P4 .....	35	17,59	
Carga .....	70	29,26	50
Capacidad .....	70	30	50
¿Sobrecarga? .....	0	-0,74	0

Ya no existe sobrecarga en ningún CT, por lo que ya se ha llegado a la solución. Los costes asociados serán:

	CT1	CT2	CT3
P1 .....	0	31,68	60
P2 .....	0	0	70
P3 .....	50	0	0
P4 .....	12,96	7,39	0
Coste CTi .....	62,96	39,06	130
Coste total .....	232,02		

.../...

.../...

A continuación se va a aplicar el método de los índices, buscando el mínimo tiempo:

	CT1				CT2				CT3			
Pi	Ct	Ici1	Tt	Iti1	Ct	Ici2	Tt	Iti2	Ct	Ici3	Tt	Iti3
P1 .....	100	0,11	40	0,14	95	0,06	35	0	90	0	42	0,2
P2 .....	80	0,14	25	0,14	75	0,07	30	0,36	70	0	22	0
P3 .....	50	0	35	0,17	55	0,1	35	0,17	60	0,2	30	0
P4 .....	20	0	54	0,08	21	0,05	50	0	23	0,15	52	0,04
Capacidad .....	70				30				50			

La tabla de carga de trabajo, asignando en primera instancia los pedidos a los CT donde su tiempo es mínimo, es la siguiente:

	CT1	CT2	CT3
P1 .....		35	
P2 .....			22
P3 .....			30
P4 .....		50	
Carga .....	0	85	52
Capacidad .....	70	30	50
¿Sobrecarga? .....	- 70	55	2

Tanto el CT2 como el CT3 tienen sobrecarga. Habrá que pasar parte de un pedido de estos CT al CT1, que dispone de capacidad ociosa. Se elegirá aquel que tenga menor índice de tiempo en este CT1:

- It11 = 0,14.
- It21 = 0,14.
- It31 = 0,17.
- It41 = 0,08.

El mínimo corresponde al pedido 4, que actualmente está en el CT2, en el CT1. Ahora habrá que determinar cuántas horas de este pedido interesa traspasar al CT1. Será el mínimo de tres cantidades:

.../...

.../...

- Sobrecarga del CT: 55 horas en CT2.
- El total de horas del pedido seleccionado: 50 horas del P4 en el CT2.
- La capacidad ociosa en el CT seleccionado: 70 horas en CT1.

Hay que poner todas las horas referidas al mismo CT, para poder comparar. El pedido 4 tiene una duración de 50 horas en el CT2 y de 54 horas en el CT1. A partir de aquí:

P4 (CT2) a CT1	CT2	CT1
Sobrecarga CT2 .....	55	59,4
Total P4 .....	50	54
Capacidad ociosa CT1 .....	64,81	70
Mínimo .....	50	54

El mínimo son 50 horas en el CT2 que equivalen a 54 horas en el CT1. Por tanto se van a quitar 50 horas del pedido 4 en el CT2, y se van a transformar en 54 horas de este pedido en el CT1. La nueva tabla de carga quedaría:

	CT1	CT2	CT3
P1 .....		35	
P2 .....			22
P3 .....			30
P4 .....	54		
Carga .....	54	35	52
Capacidad .....	70	30	50
¿Sobrecarga? .....	- 16	5	2

Tanto el CT2 como el CT3 siguen teniendo sobrecarga. Habrá que pasar parte de un pedido de estos CT al CT1, que todavía dispone de capacidad ociosa. Se elegirá aquel que tenga un menor índice de tiempo en este CT1:

- $It_{11} = 0,14$ .
- $It_{21} = 0,14$ .
- $It_{31} = 0,17$ .

.../...

.../...

Tanto el P1 como el P2 tienen el índice de tiempo mínimo. Se elegirá aleatoriamente el P1. Ahora habrá que determinar cuántas horas de este pedido interesa traspasar al CT1. Será el mínimo de tres cantidades:

- Sobrecarga del CT: 5 horas en CT2.
- El total de horas del pedido seleccionado: 35 horas del P1 en el CT2.
- La capacidad ociosa en el CT seleccionado: 16 horas en CT1.

Hay que poner todas las horas referidas al mismo CT, para poder comparar. El pedido 1 tiene una duración de 35 horas en el CT2 y de 40 horas en el CT1. A partir de aquí:

P1 (CT2) a CT1	CT2	CT1
Sobrecarga CT2 .....	5	5,71
Total P1 .....	35	40
Capacidad ociosa CT1 .....	14	16
Mínimo .....	5	5,71

Por tanto se van a quitar 5 horas del pedido 1 en el CT2, y se van a transformar en 5,71 horas de este pedido en el CT1. La nueva tabla de carga quedaría:

	CT1	CT2	CT3
P1 .....	5,71	30	
P2 .....			22
P3 .....			30
P4 .....	54		
Carga .....	59,71	30	52
Capacidad .....	70	30	50
¿Sobrecarga? .....	-10,29	0	2

Sigue habiendo sobrecarga, aunque solo de 2 horas en el CT3. Mirando los índices de tiempo de los pedidos de este centro de trabajo, en el CT1, que todavía tiene 10 horas de capacidad ociosa:

- $It_{21} = 0,14$ .
- $It_{31} = 0,17$ .

.../...

.../...

El índice de tiempo mínimo corresponde al pedido 2, que actualmente está en el CT3, en el CT1. Ahora habrá que determinar cuántas horas de este pedido interesa traspasar al CT1. Será el mínimo de tres cantidades:

- Sobrecarga del CT: 2 horas en CT3.
- El total de horas del pedido seleccionado: 22 horas del P2 en el CT3.
- La capacidad ociosa en el CT seleccionado: 10,29 horas en CT1.

El pedido 2 tiene una duración de 22 horas en el CT3 y de 22 horas en el CT1. A partir de aquí:

P2 (CT3) a CT1	CT3	CT1
Sobrecarga CT3 .....	2	2,27
Total P2 (CT3) .....	22	25
Capacidad ociosa CT1 .....	9,06	10,29
Mínimo .....	2	2,27

En esta ocasión el mínimo son 2 horas en el CT3 que equivalen a 2,27 horas en el CT1. Por tanto se van a quitar 2 horas del pedido 2 en el CT3, y se van a transformar en 2,27 horas de este pedido en el CT1. La nueva tabla de carga quedaría:

	CT1	CT2	CT3
P1 .....	5,71	30	
P2 .....	2,27		20
P3 .....			30
P4 .....	54		
Carga .....	62	30	50
Capacidad .....	70	30	50
¿Sobrecarga? .....	-8,02	0	0

Ya no quedan CT sobrecargados, así que se ha llegado a la solución. Los costes asociados serán:

.../...



.../...

	CT1	CT2	CT3
P1 .....	14,28	81,43	0
P2 .....	7,26	0	63,64
P3 .....	0	0	60
P4 .....	20	0	0
<b>Coste CTi .....</b>	<b>41,54</b>	<b>81,43</b>	<b>123,64</b>
<b>Coste total .....</b>	<b>246,60</b>		

## 4. PROGRAMACIÓN EN UNA SOLA MÁQUINA O PROCESADOR

### 4.1. INTRODUCCIÓN

Este es el caso más sencillo de control de la actividad de producción. Consiste en determinar el orden de realización de una serie de tareas en una única máquina, en función de su tiempo de entrega. Para decidir ese orden, se van a utilizar una serie de reglas de prioridad, que van a ayudar a que se cumplan los plazos de entrega.

### 4.2. REGLAS DE PRIORIDAD

Para determinar el orden de los trabajos que se deben realizar, hay una serie de reglas estándar que se suelen usar cuando se lleva a cabo la programación de operaciones en los centros de trabajo. Suele existir una regla principal y una regla secundaria para los casos en que haya empate según la regla principal. Las reglas más comunes son las siguientes:

- **FIFO (*first in, first out*).** Se priorizan los trabajos según su orden de llegada.
- **Tiempo de procesamiento más corto.** Se priorizan los trabajos que tienen un tiempo de procesamiento o de operación más corto.

- **Por menor fecha de vencimiento.** Se priorizan los trabajos en función de su fecha de vencimiento.
- **Por la menor holgura total.** La holgura total se calcula como la diferencia entre el tiempo de vencimiento y el tiempo de procesamiento o de operación.
- **Por la menor holgura por operación.** Se usa cuando los trabajos se componen de más de una operación. Se obtiene dividiendo la holgura total entre el número de operaciones que le falta por realizar a ese trabajo.
- **Por la menor proporción crítica.** Se calcula como la división entre el tiempo de vencimiento y el tiempo de procesamiento o de operación pendiente.

#### EJEMPLO 5. Control de la actividad de producción (CAP)

Hay que programar, determinar el orden de realización de las siguientes tareas, dados los siguientes tiempos de vencimiento de cada tarea y el tiempo estimado de operación o procesamiento:

Tarea	Tiempo hasta el vencimiento	Tiempo estimado de operación
A	5	2
B	4	3
C	7,5	1
D	7	1,5
E	9	0,5
F	10	2

Todos los datos temporales se dan en horas. Empezando en un tiempo igual a cero.

**Determinar su orden de prioridad según el tiempo de vencimiento. En caso de empate se escogerá la tarea que tenga el tiempo de procesamiento más corto.**

Se ordenan las tareas a realizar de menor a mayor tiempo de vencimiento.

.../...

.../...

Tarea	Tiempo hasta el vencimiento	Tiempo estimado de operación	Hora de inicio	Hora de fin	¿Retraso?	¿Cuánto retraso?
B	4	3	0	3	No	–
A	5	2	3	5	No	–
D	7	1,5	5	6,5	No	–
C	7,5	1	6,5	7,5	No	–
E	9	0,5	7,5	8	No	–
F	10	2	8	10	No	–

**Determinar su orden de prioridad según el tiempo de procesamiento más corto. En caso de empate se escogerá la tarea que tenga el tiempo de vencimiento más cercano.**

Se ordenan las tareas a realizar de menor a mayor tiempo de procesamiento. Los trabajos A y F tienen iguales tiempos de procesamiento, pero se elige primero A ya que tiene una fecha de vencimiento menor que F.

Tarea	Tiempo hasta el vencimiento	Tiempo estimado de operación	Hora de inicio	Hora de fin	¿Retraso?	¿Cuánto retraso?
E	9	0,5	0	0,5	No	–
C	7,5	1	0,5	1,5	No	–
D	7	1,5	1,5	3	No	–
A	5	2	3	5	No	–
F	10	2	5	7	No	–
B	4	3	7	10	Sí	6 h

**Determinar su orden de prioridad según la menor holgura total. En caso de empate se escogerá la tarea que tenga el tiempo de procesamiento más corto.**

Se determina la holgura total para cada una de las tareas. Se calcula como la diferencia entre el tiempo de vencimiento y el tiempo de operación. Se ordenan las tareas que se van a realizar de menor a mayor holgura total.

.../...

.../...

Tarea	Tiempo hasta el vencimiento	Tiempo estimado de operación	Holgura	Hora de inicio	Hora de fin	¿Retraso?	¿Cuánto retraso?
B	4	3	1	0	3	No	–
A	5	2	3	3	5	No	–
D	7	1,5	5,5	5	6,5	No	–
C	7,5	1	6,5	6,5	7,5	No	–
F	10	2	8	7,5	9,5	No	–
E	9	0,5	8,5	9,5	10	Sí	1 h

**Determinar su orden de prioridad según la menor proporción crítica. En caso de empate se escogerá la tarea que tenga el tiempo de procesamiento más corto.**

Se determina la proporción crítica para cada una de las tareas. Se calcula como la división entre el tiempo de vencimiento y el tiempo de operación.

Se ordenan las tareas a realizar de menor a mayor proporción crítica.

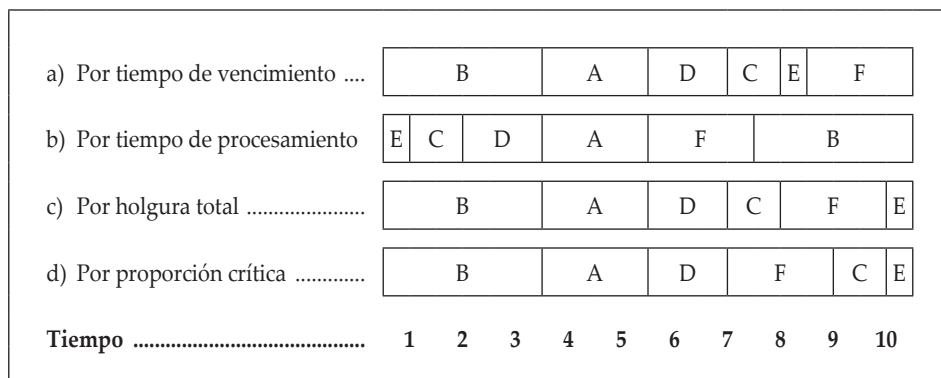
Tarea	Tiempo hasta el vencimiento	Tiempo estimado de operación	Proporción crítica	Hora de inicio	Hora de fin	¿Retraso?	¿Cuánto retraso?
B	4	3	1,33	0	3	No	–
A	5	2	2,5	3	5	No	–
D	7	1,5	4,67	5	6,5	No	–
F	10	2	5	6,5	8,5	No	–
C	7,5	1	7,5	8,5	9,5	Sí	2 h
E	9	0,5	18	9,5	10	Sí	1 h

El diagrama de Gantt de las cuatro posibilidades quedaría de la siguiente manera:

.../...

.../...

Diagrama de Gantt



**¿Qué regla es mejor si se busca el menor número de tareas retrasadas?**

Número de tareas retrasadas:

- Por tiempo de vencimiento: 0.
- Por menor tiempo de procesamiento: 1.
- Por menor holgura total: 1.
- Por menor proporción crítica: 2.

Mejor regla: por tiempo de vencimiento.

**¿Y si busco que el promedio de retraso de las actividades retrasadas sea el menor?**

Retraso medio de las tareas retrasadas:

- Por tiempo de vencimiento: 0 horas.
- Por menor tiempo de procesamiento: 6 horas.
- Por menor holgura total: 1 hora.
- Por menor proporción crítica: 1,5 horas.

Mejor regla: por tiempo de vencimiento.



## CONCEPTOS BÁSICOS

- A prueba y error.
- Capacidad sobrante u ociosa.
- Carga finita.
- Carga infinita.
- Control de la actividad de producción.
- Control de planta.
- Fecha de vencimiento.
- Gráfico de carga.
- Índice de coste.
- Índice de tiempo.
- Lista de despacho.
- Sobrecarga de trabajo.
- Tiempo de procesamiento más corto.



## ACTIVIDADES DE AUTOCOMPROBACIÓN

### Enunciado 1

Hay que programar, determinar el orden de realización de las siguientes tareas, dados los siguientes tiempos de vencimiento de cada tarea y el tiempo estimado de operación o procesamiento de cada una de ellas.

Tarea	Tiempo hasta el vencimiento	Tiempo de operación
A	3	1
B	5	2,5
C	2	1,5
D	6	2
E	8	3
F	12	0,5
G	8	1
H	10	1,5

Todos los datos temporales se dan en horas. Empezando en un tiempo igual a cero:

- Determinar su orden de prioridad según el tiempo de vencimiento. En caso de empate se escogerá la tarea que tenga el tiempo de procesamiento más corto.
- Determinar su orden de prioridad según el tiempo de procesamiento más corto. En caso de empate se escogerá la tarea que tenga el tiempo de vencimiento más cercano.
- Determinar su orden de prioridad según la menor holgura total. En caso de empate se escogerá la tarea que tenga el tiempo de procesamiento más corto.
- Determinar su orden de prioridad según la menor proporción crítica. En caso de empate se escogerá la tarea que tenga el tiempo de procesamiento más corto.
- ¿Qué regla es mejor si se busca el menor número de tareas retrasadas?
- ¿Y si se busca que el promedio de retraso de las actividades retrasadas sea el menor?

## Enunciado 2. Método de los índices

Se tienen que procesar los siguientes 4 pedidos en 3 centros de trabajo (CT). Se conoce el coste y el tiempo de procesar el pedido en cada uno de ellos, así como su capacidad disponible actual.

	CT1				CT2				CT3			
Pi	Ct	Ici1	Tt	Iti1	Ct	Ici2	Tt	Iti2	Ct	Ici3	Tt	Iti3
P1 .....	100		20		80		25		95		20	
P2 .....	45		50		50		45		55		40	
P3 .....	45		30		40		30		50		35	
P4 .....	25		15		35		20		15		25	
Capacidad .....	42				50				40			

Aplicando el método de los índices, determinar la mejor distribución de los pedidos en los CT, buscando en primer lugar los mínimos coste, y en segundo lugar los mínimos tiempos.



## Solución 1

**Determinar su orden de prioridad según el tiempo de vencimiento. En caso de empate se escogerá la tarea que tenga el tiempo de procesamiento más corto**

Se ordenan las tareas que se van a realizar de menor a mayor tiempo de vencimiento.

Tarea	Tiempo hasta el vencimiento	Tiempo de operación	Hora de inicio	Hora de fin	¿Retraso?
C	2	1,5	0	1,5	No
A	3	1	1,5	2,5	No
B	5	2,5	2,5	5	No
D	6	2	5	7	Sí; 1 h
G	8	1	7	8	No
E	8	3	8	11	Sí; 3h
H	10	1,5	11	12,5	Sí; 2,5 h
F	12	0,5	12,5	13	Sí; 1 h

**Determinar su orden de prioridad según el tiempo de procesamiento más corto. En caso de empate se escogerá la tarea que tenga el tiempo de vencimiento más cercano**

Se ordenan las tareas que se van a realizar de menor a mayor tiempo de procesamiento.

Tarea	Tiempo hasta el vencimiento	Tiempo de operación	Hora de inicio	Hora de fin	¿Retraso?
F	12	0,5	0	0,5	No
A	3	1	0,5	1,5	No
G	8	1	1,5	2,5	No
C	2	1,5	2,5	4	Sí; 2 h
H	10	1,5	4	5,5	No
D	6	2	5,5	7,5	Sí; 1,5 h
B	5	2,5	7,5	10	Sí; 5 h
E	8	3	10	13	Sí; 5 h

## Determinar su orden de prioridad según la menor holgura total. En caso de empate se escogerá la tarea que tenga el tiempo de procesamiento más corto

Se determina la holgura total para cada una de las tareas. Se calcula como la diferencia entre el tiempo de vencimiento y el tiempo de operación. Se ordenan las tareas que se van a realizar de menor a mayor holgura total.

Trabajo	Tiempo hasta el vencimiento	Tiempo de operación	Holgura	Hora de inicio	Hora de fin	¿Retraso?
C	2	1,5	0,5	0	1,5	No
A	3	1	2	1,5	2,5	No
B	5	2,5	2,5	2,5	5	No
D	6	2	4	5	7	Sí; 1 h
E	8	3	5	7	10	Sí; 2h
G	8	1	7	10	11	Sí; 3 h
H	10	1,5	8,5	11	12,5	Sí; 2,5 h
F	12	0,5	11,5	12,5	13	Sí; 1 h

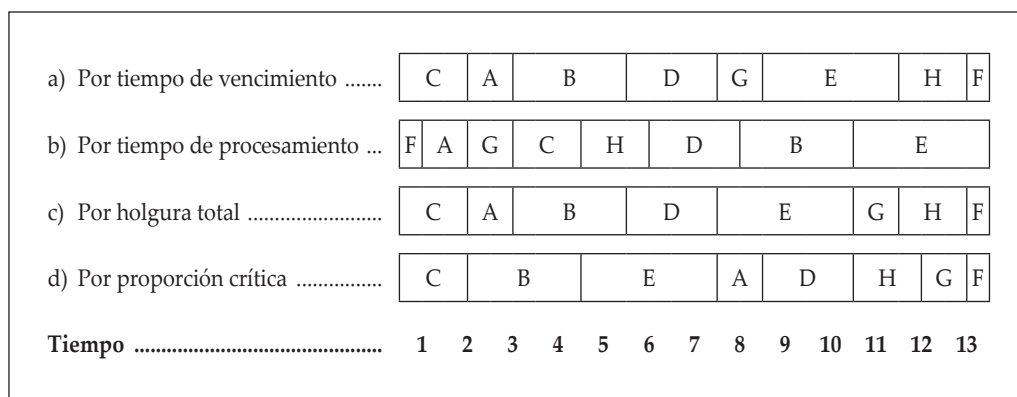
## Determinar su orden de prioridad según la menor proporción crítica. En caso de empate se escogerá la tarea que tenga el tiempo de procesamiento más corto

Se determina la proporción crítica para cada una de las tareas. Se calcula como la división entre el tiempo de vencimiento y el tiempo de operación. Se ordenan las tareas que se van a realizar de menor a mayor proporción crítica.

Trabajo	Tiempo hasta el vencimiento	Tiempo de operación	Proporción crítica	Hora de inicio	Hora de fin	¿Retraso?
C	2	1,5	1,33	0	1,5	No
B	5	2,5	2	1,5	4	No
E	8	3	2,67	4	7	No
A	3	1	3	7	8	Sí; 5 h
D	6	2	3	8	10	Sí; 4 h
H	10	1,5	6,67	10	11,5	Sí; 1,5 h
G	8	1	8	11,5	12,5	Sí; 4,5 h
F	12	0,5	24	12,5	13	Sí; 1 h

El diagrama de Gantt quedaría de la siguiente forma:

Diagrama de Gantt



**¿Qué regla es mejor si se busca el menor número de tareas retrasadas?**

Número de tareas retrasadas:

- Por tiempo de vencimiento: 4.
- Por menor tiempo de procesamiento: 4.
- Por menor holgura total: 5.
- Por menor proporción crítica: 5.

Mejor regla: por tiempo de vencimiento o por menor tiempo de procesamiento.

**¿Y si se busca que el promedio de retraso de las actividades retrasadas sea el menor?**

Retraso medio de las tareas retrasadas:

- Por tiempo de vencimiento:  $7,5 \text{ horas} / 4 \text{ tareas} = 1,875 \text{ horas/tarea}$ .
- Por menor tiempo de procesamiento:  $13,5 \text{ horas} / 4 \text{ tareas} = 3,375 \text{ horas/tarea}$ .
- Por menor holgura total:  $9,5 \text{ horas} / 5 \text{ tareas} = 1,9 \text{ horas/tarea}$ .
- Por menor proporción crítica:  $16 \text{ horas} / 5 \text{ tareas} = 3,2 \text{ horas/tarea}$ .

Mejor regla: por tiempo de vencimiento.

## Solución 2

Los índices de coste y tiempo de cada pedido en cada CT serán:

	CT1				CT2				CT3			
Pi	Ct	Ici1	Tt	Iti1	Ct	Ici2	Tt	Iti2	Ct	Ici3	Tt	Iti3
P1 .....	100	0,25	20	0	80	0	25	0,25	95	0,19	20	0
P2 .....	45	0	50	0,25	50	0,11	45	0,13	55	0,22	40	0
P3 .....	45	0,13	30	0	40	0	30	0	50	0,25	35	0,17
P4 .....	25	0,67	15	0	35	1,33	20	0,33	15	0	25	0,67
Capacidad .....	42				50				40			

La tabla de carga de trabajo por mínimos costes será:

	CT1	CT2	CT3
P1 .....	50	25	25
P2 .....			
P3 .....		30	
P4 .....			
Carga .....	50	55	25
Capacidad .....	42	50	40
¿Sobrecarga? .....	8	5	− 15

Los CT1 y CT2 tienen sobrecarga. Los índices de coste a analizar serán los de sus pedidos en el CT3:

- $Ic_{13} = 0,19$ .
- $Ic_{23} = 0,22$ .
- $Ic_{33} = 0,25$ .

El mínimo índice es el del pedido 1 en el CT3. La cantidad que deberá pasar será el mínimo de:

P1 (CT2) a CT3	CT2	CT3
Sobrecarga CT2 .....	5	4
Total P1 (CT2) .....	25	20
Capacidad ociosa CT3 .....	18,75	15
Mínimo .....	5	4

Por tanto se van a traspasar 5 horas del pedido 1 en el CT2, que van a suponer 4 horas en el CT3:

	CT1	CT2	CT3
P1 .....	50	20	4
P2 .....			
P3 .....		30	
P4 .....			25
Carga .....	50	50	29
Capacidad .....	42	50	40
¿Sobrecarga? .....	8	0	- 11

$$Ic23 = 0,22.$$

El CT1 sigue con sobrecarga y el CT3 es el único CT con capacidad ociosa. El único pedido del CT1 es el pedido 2.

Habrá que ver qué cantidad de horas deben traspasarse al CT3:

P2 (CT1) a CT3	CT1	CT3
Sobrecarga CT1 .....	8	6,4
Total P2 (CT1) .....	50	40
Capacidad ociosa CT3 .....	13,75	11
Mínimo .....	8	6,4

El mínimo son las 8 horas del CT1, que equivalen a 6,4 horas en el CT3:

	CT1	CT2	CT3
P1 .....	42	20	4
P2 .....		30	6,4
P3 .....			25
P4 .....			
Carga .....	42	50	35,4
Capacidad .....	42	50	40
¿Sobrecarga? .....	0	0	-4,6

Ya se observa que no hay sobrecarga en ningún CT. Se ha llegado a la solución. Los costes totales serán:

	CT1	CT2	CT3
P1 .....	0	64	19
P2 .....	37,8	0	8,8
P3 .....	0	40	0
P4 .....	0	0	15
Coste CTi .....	37,8	104	42,8
Coste total .....	184,6		

Ahora se va a solucionar por mínimos tiempos:

	CT1				CT2				CT3			
Pi	Ct	Ici1	Tt	Iti1	Ct	Ici2	Tt	Iti2	Ct	Ici3	Tt	Iti3
P1 .....	100	0,25	20	0	80	0	25	0,25	95	0,19	20	0
P2 .....	45	0	50	0,25	50	0,11	45	0,13	55	0,22	40	0
P3 .....	45	0,13	30	0	40	0	30	0	50	0,25	35	0,17
P4 .....	25	0,67	15	0	35	1,33	20	0,33	15	0	25	0,67
Capacidad .....	42				50				40			

La tabla de carga por mínimos tiempos es la siguiente. Hay que tener en cuenta que en caso de dos índices iguales, se elige el mínimo coste.

	CT1	CT2	CT3
P1 .....			20
P2 .....			40
P3 .....		30	
P4 .....	15		
Carga .....	15	30	60
Capacidad .....	42	50	40
¿Sobrecarga? .....	-27	-20	20

En esta ocasión se tiene el CT3 con sobrecarga, y los otros 2 CT con capacidad ociosa. Habrá que analizar los índices de tiempo de los pedidos 1 y 2 en los CT con capacidad ociosa:

- $It_{11} = 0$  mínimo.
- $It_{12} = 0,25$ .
- $It_{21} = 0,25$ .
- $It_{22} = 0,13$ .

Habrà que pasar el pedido 1 al CT1. ¿En qué cantidad?

P1 (CT3) a CT1	CT3	CT1
Sobrecarga CT3 .....	20	20
Total P1 (CT3) .....	20	20
Capacidad ociosa CT1 .....	27	27
Mínimo .....	20	20

Habrà que traspasar 20 horas del P1 en el CT3, que se transformarán en 20 horas en el CT1:

	CT1	CT2	CT3
P1 .....	20		
P2 .....			40
P3 .....		30	
P4 .....	15		
Carga .....	35	30	40
Capacidad .....	42	50	40
¿Sobrecarga? .....	-7	-20	0

No existe ya un CT con sobrecapacidad. Los costes asociados a la solución son:

	CT1	CT2	CT3
P1 .....	100	0	0
P2 .....	0	0	55
P3 .....	0	40	0
P4 .....	25	0	0
Coste CTi .....	125	40	55
Coste total .....	220		



## EJERCICIOS VOLUNTARIOS

1. ¿Qué se entiende por carga infinita?
2. ¿Qué reglas de prioridad son las más habituales en el control de la actividad de producción?
3. ¿Cómo se calculan los índices de coste y de tiempo?





## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Básica

Chapman, S. N. *Planificación y control de la producción*, México, Pearson Education, 2006.

Domínguez Machuca, J. A. et al. *Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*, Madrid, McGraw-Hill, 1995.

Peña Esteban, F. D. de la. *Dirección de la producción*, Madrid, CEF, 2011.

Peña Esteban, F. D. de la et al. *Problemas de organización industrial*, Madrid, Vision Net, 2005.

### Avanzada

CEF. *Dirección de operaciones*, del Máster en Dirección de Negocios Internacionales, Madrid, CEF, 2010.

Davis, M. M.; Aquilano, N. J. y Chase, R. B. *Fundamentals of operations management*, International Edition, McGraw-Hill, 1999.

— *Administración de producción y operaciones. Manufactura y servicios*, Santa Fe de Bogotá, McGraw-Hill, 2000.

Gaither, N. y Frazier, G. *Administración de producción y operaciones*, México, Thomson Editores, 2000.

Heizer, J. y Render, B. *Dirección de la producción. Decisiones operativas*, Madrid, Pearson Education, 2001.

