

Mejora de la Productividad Just in Time y Lean Manufacturing

Ramón Martín-Andino
Operaciones y Logística
MBA- Edición 2006

©: Quedan reservados todos los derechos. (Ley de Propiedad Intelectual del 17 de noviembre de 1987 y Reales Decretos)

Documentación elaborada por el profesor para EOI.

Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización escrita de la EOI

ÍNDICE:

| | |
|---|----|
| 8.1. Razones para la aplicación industrial de los procesos JIT y <i>Lean</i> | 6 |
| 8.2. Bases de la gestión de los procesos JIT y <i>Lean</i> | 7 |
| 8.2.1. Los tiempos improductivos | 7 |
| 8.2.2. Sincronización de operaciones. La polivalencia del recurso humano | 10 |
| 8.2.3. Gestión Pull y kanban | 17 |
| 8.2.4. Otros elementos de perturbación en los procesos JIT y <i>Lean</i> | 18 |
| 8.3. Tipos de procesos eficientes de producción mezclada | 20 |
| 8.4. Los procesos JIT (El sistema de producción Toyota) | 21 |
| 8.5. Los procesos <i>Lean</i> | 27 |
| 8.6. Las actividades sin valor añadido | 28 |
| 8.7. Caso práctico | 31 |
| 8.8. Cuestionario de control | 36 |
| 8.9. BIBLIOGRAFÍA | |

eoi

8. MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD. LOS SISTEMAS JIT Y *LEAN*

8.1. Razones para su aplicación en la industria

Los procesos JIT y *Lean* forman parte de lo que llamaremos sistemas eficientes de producción mezclada, que son los que producen amplia variedad de productos, en cantidades bajas, utilizando eficientemente los recursos, con bajos costes y con alto cumplimiento en la atención al cliente.

Dentro de la diversidad de sistemas de producción, y de forma comparativa, los que producen gran cantidad de unidades de productos iguales o con pocas diferencias se gestionan de una forma más simple que los que producen amplia variedad y poca cantidad; por la razón de que estos últimos se enfrentan con cambios constantes en la demanda, lo que supone reprogramar recursos permanentemente, dificultades en mantener una carga productiva constante, cambios frecuentes en la capacidad productiva o imposibilidad de mantener inventarios.

Si esto es así, podemos preguntarnos por las razones para emplear sistemas con una gestión más compleja.

Para entender el porqué de ello tomemos un caso de la vida real. Si vamos a un concesionario de automóviles, sea por ejemplo Mercedes, y le solicitamos información sobre la serie C, nos entregará un impreso con las características de esta serie, en el que leemos una oferta consistente en poder elegir entre 3 tipos de carrocería – berlina, coupé o familiar, 12 colores de pintura, 16 acabados interiores, 6 tipos de motorización, 3 tipos de alumbrado exterior, 3 tipos de cajas de cambio, 4 tipos de llantas, 2 tipos de amortiguación, 2 tipos de radio-CD, etc. (hay más opciones, pero terminamos por simplificar el ejemplo)

El resultado final es que la serie C, según las opciones citadas, se compone de:

$$3 \times 12 \times 16 \times 6 \times 3 \times 3 \times 4 \times 2 \times 2 = 497.664 \text{ vehículos distintos}$$

Para atender a esta demanda de tan enorme diversidad de productos finales, este fabricante tiene varias formas de operar.

Una de ellas consistiría en que cada vez que le solicitan un modelo de esta clase, comenzaría la fabricación desde “cero” y fabricaría todo vehículo según la elección del cliente. Esto es posible sólo si el cliente está dispuesto a pagar un precio similar, o quizás mayor, al coste de un Rolls-Royce, ya que se trataría de un coche hecho “a medida”. A esto hay que añadir que el plazo de producción no sería de 40 días, sino de muchos meses, lo cual limitaría su mercado a unos cuantos clientes.

Otra posibilidad podría ser fabricar coches según las estimaciones de demanda y almacenarlos hasta que un cliente pida el modelo ajustado a sus necesidades. Sin embargo, dada la cantidad ingente de combinaciones de las opciones, la probabilidad de acertar con las deseadas por los futuros clientes es muy baja, por lo que adelantar su producción supone correr serios riesgos. Es verdad que algunas de estas combinaciones son las más demandadas y algunos fabricantes las fabrican por adelantado, pero eso no satisface a todos los clientes y supondría una desventaja competitiva no ofrecer la posibilidad de que los potenciales usuarios elijan las opciones que ellos consideren.

Otra alternativa distinta radica en fabricar con antelación ciertas partes comunes a todos los modelos y almacenarlas hasta que se demanden, lo que no es un gran problema, ya que al ser comunes siempre serán necesarias, sea cual sea el modelo solicitado. Para reducir al máximo su coste y aumentar la disponibilidad del producto, la empresa intentará diseñarlo de forma que estas partes comunes constituyan un alto porcentaje de la totalidad del vehículo y el resto lo formarán las opciones que, como su demanda resulta difícilmente predecible, habrá que montar en cada vehículo vendido conforme a la solicitud del cliente. Esto supone que el futuro usuario ha de esperar para recibir su producto, pero no tanto como si el vehículo se hiciera desde cero. En cuanto al coste, dado que las partes comunes se fabrican para todos los clientes, el precio del auto se habrá reducido sensiblemente.

Los procesos que nos ocupan deben funcionar según lo último descrito de manera que sean capaces de reducir el uso de recursos al mínimo posible, con el mayor cumplimiento de los plazos de entrega.

Veamos a ver cómo se gestionan este tipo de procesos.

8.2. Bases de la gestión de los procesos JIT y *Lean*

Como hemos dicho la gestión de los procesos eficientes de producción mezclada busca conseguir dos metas.

1. Atender exacta y puntualmente a la demanda. Esto supone que se ha de producir justo lo que se demande y cumplir las fechas acordadas con los clientes.
2. Hacerlo con el mínimo empleo de recursos.

8.2.1. Los tiempos improductivos

Para producir exactamente lo que se demande, no debe haber productos sobrantes y eso supone eliminar los stocks.

Una de las causas de generación de stocks es la producción por lotes; dado que la demanda no tiene por qué coincidir con el tamaño del lote económico, las cantidades sobrantes se almacenarán (veremos que la cantidad de unidades de un lote supera siempre a la demanda).

Por ejemplo, supongamos que en una producción por lotes se ha determinado como tamaño del lote económico la cantidad de 300 unidades. Cada vez que se fabrica este producto se hará por esta cantidad o múltiplos de ella –600, 900, 1200 unidades, etc., correspondientes a dos lotes, tres lotes, etc. Cuando un cliente pida, por ejemplo, 250 unidades, se fabrican 300 y se almacenan 50. En el supuesto caso de que pida 480 unidades, se hará necesario fabricar dos lotes de 300 y las 120 restantes, se almacenarán. Por lo que toda demanda que no coincida exactamente con los múltiplos del lote creará un sobrante que se almacenará.

Si en vez de un lote económico de 300 unidades, éste fuera de 50 unidades, las unidades sobrantes serían menos y, si el lote fuera de 10 unidades, sobrarían aún menos y, si, teóricamente, el lote fuera de una unidad, no habría unidades de sobra, siempre se adaptaría la producción a la demanda en cantidad.

Cuantas más unidades tiene un lote, más difícil es hacer coincidir, en cantidad, la producción y la demanda.

Cuanto menor es la cantidad de unidades producidas en un lote, mejor se adapta la producción a la demanda.

Esto quiere decir que para evitar stocks de productos, conviene fabricar los lotes tan pequeños como sea posible.

Ahora bien, la cantidad de unidades que fabricamos en cada lote está determinada por los costes unitarios.

Para entender esto, conviene recordar que el ciclo de trabajo o tiempo que se tarda en hacer una operación, es la suma de unos tiempos que son los siguientes: tiempo de espera (T_w), tiempo de ajuste (T_s), tiempo de operación (T_o), tiempo de transferencia (T_T) y tiempos administrativos (T_A). De todos estos tiempos, el único que añade valor es el de operación, los otros deben ser prescindibles y, por tanto, hay que reducirlos o eliminarlos.

Recordemos también que, por ejemplo, cuanto mayor es el tiempo de ajuste, más unidades deben fabricarse en el lote, porque distribuimos este coste de ajuste entre un número de unidades mayor y, de esta forma, el coste unitario del producto se reduce.

Por ejemplo, supongamos que una empresa fabrica tartas de manzana, y que el proceso termina con el horneado del producto. La capacidad del horno es de 100 unidades y el coste de calentar el horno para alcanzar la temperatura adecuada es de 100 euros. El coste unitario del producto antes del horneado es de 3 euros por unidad. Nos preguntamos por el coste unitario después del horneado.

Fácilmente, la respuesta es:

$$C_p = 3 \text{ euros} + C_a/N = 3 \text{ euros} + 100 \text{ euros}/100 \text{ unidades} = 4 \text{ euros}$$

C_a es el coste ajustar (calentar) el horno, que es de 100 euros y N es el tamaño del lote, 100 tartas.

Si en lugar de hornear 100 unidades, horneamos 50, el coste del producto aumentará.

Hay dos formas de reducir este coste, una, aumentando el número de unidades del lote – lo que en el ejemplo sólo es posible hasta 100 unidades- y otra, bajar el coste del ajuste (calentamiento previo).

En el caso de que el coste de calentamiento fuera de 50 euros podríamos hornear 50 tartas sin que el coste unitario aumente. Esto tiene la ventaja de que con el mismo coste, nos adaptamos mejor a la demanda. Aún nos adaptaríamos mejor si el coste del calentamiento previo se reduce a 25 euros, puesto que para el mismo coste unitario necesitamos fabricar menos unidades.

En otras palabras, para conseguir lotes pequeños se requiere reducir, si es este el caso, los tiempos de ajuste y así la repercusión de este coste por cada unidad de producto disminuirá.

Pensemos ahora en otro proceso en el que dos operaciones consecutivas se hallan alejadas una cierta distancia, lo cual representa un cierto coste debido al transporte entre dichas operaciones y supongamos que esta distancia no hace aconsejable, económicamente, transferir entre ellas cantidades unitarias de producto.

Lo oportuno, en estas condiciones, será acumular una cantidad de producto -un lote- de varias unidades en la primera operación para proceder a su transferencia a la segunda.

Como vemos, vuelve otra vez a aparecer el lote como forma de compensar los costes; en este caso como consecuencia del tiempo de transporte.

Como se deducirá, el efecto de los tiempos de transporte sobre la acumulación de stocks resulta ser el mismo que los originados por los tiempos de ajuste ya descritos. Estos mismos efectos tendrán lugar con cualquier otro tiempo improductivo, o tiempos que no añadan valor.

En ambos ejemplos los causantes de los stocks son los lotes y los causantes de los lotes son los tiempos que no añaden valor (ajuste, transferencia, administrativos, etc.). Luego, para realizar una producción sin stocks se requiere, en principio, que los tiempos improductivos sean muy reducidos al máximo posible.

Concluimos por tanto que los stocks son consecuencia de tiempos improductivos, o tiempos ineficientes, o tiempos que no añaden valor, que todo es lo mismo.

Por lo que:

Si queremos eliminar los inventarios deberemos eliminar una de las causas que los crean, que son los tiempos que no añaden valor

Eliminar stocks no debe ser el objetivo primario de un gerente, más bien ha de centrarse en eliminar las causas que los originan. Si no hay ineficiencias no habrá stocks, pero no al revés.

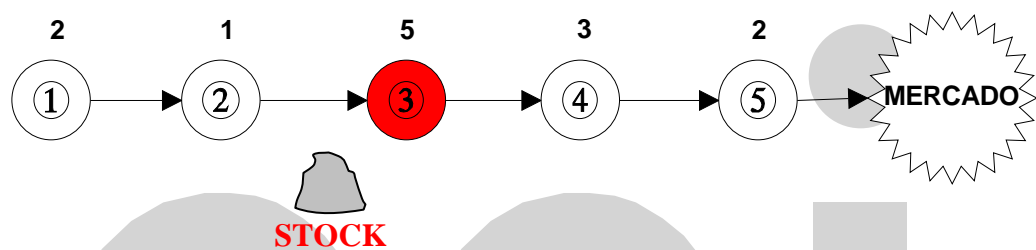
Hechas las anteriores aclaraciones podemos decir que en estas producciones eficientes, como los tamaños de los lotes son muy pequeños –casi unitarios- debido a que no hay costes derivados de tiempos ineficientes, ya que se han eliminado, se puede alternar el tipo de producto al ritmo solicitado por el mercado sin incurrir en costes suplementarios por pérdidas de eficiencia.

La producción mezclada eficiente sólo es posible, si se reducen los tiempos improductivos, esto acarrea las ventajas adicionales de una mayor rapidez en la respuesta a la demanda, ya que no se emplea tiempo en producir lo que no se vende, esto es, lo que se almacena.

8.2.2. Sincronismo entre operaciones. La polivalencia del recurso humano

Hay otra posible causa de los stocks; como consecuencia de otras ineficiencias distintas a las descritas con anterioridad, que citamos a continuación.

En la figura se indica simbólicamente un proceso con cinco operaciones realizadas seguidas y sin interrupciones. Cada una de ellas requiere un tiempo de ejecución escrito encima de la operación.



La operación tercera es la más lenta (5 minutos).

Al ser la primera (2 minutos) y segunda (1 minuto) más rápidas, que la tercera se acumulará stock de producto en curso de fabricación entre la segunda y la tercera operación.

Tenemos por tanto un efecto indeseado de una acumulación de producto, consecuencia de una descompensación en los tiempos de operación. ¿Cómo solucionarlo?

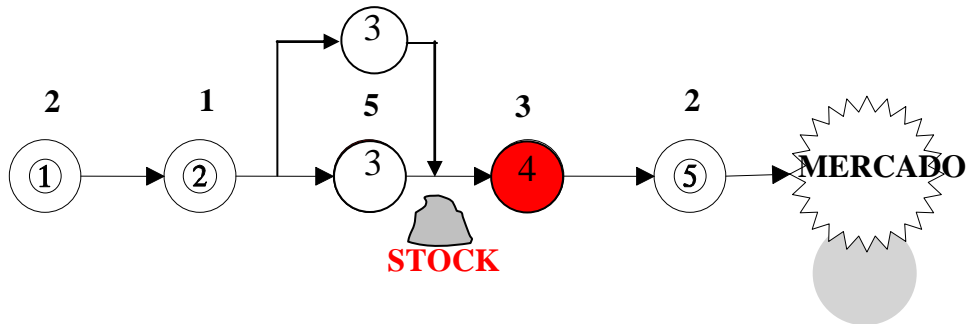
Obviamente, intentando compensar estos tiempos, de manera que todas las operaciones duren lo mismos (equilbrar la cadena).

Esto se puede conseguir de varias formas.

- a. Duplicando la operación más lenta, u operación *Cuello de Botella*.

Por lo que ahora, según la figura, el puesto de trabajo de la tercera operación se ha duplicado, con lo que el número de unidades producidas se dobla y el efecto teórico,

no real, es como si se hubiera reducido a la mitad el tiempo de operación. El nuevo cuello de botella es la operación cuarta, que es la más lenta.



Como se ve, siempre se puede eliminar un cuello de botella asignando recursos a ese puesto de trabajo.

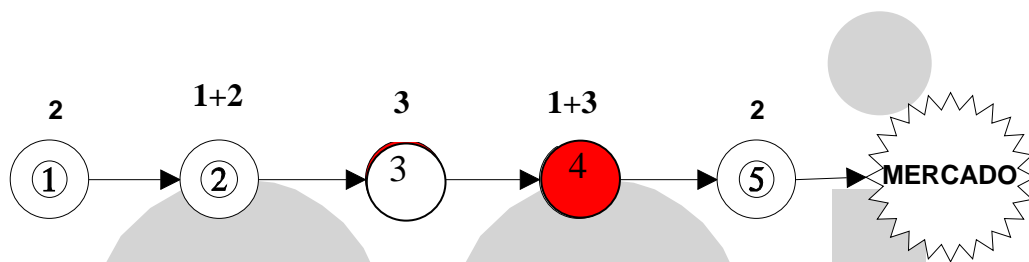
Sin embargo, los tiempos por operación dados inicialmente (2, 1, 5, 3 y 2 segundos) corresponden a un determinado producto. Al cambiar de producto de la familia (como sería el caso de coches con otras opciones) cambiarán los tiempos de las operaciones, con lo cual surgiran otros cuellos de botella, lo que motivaría nuevas necesidades de duplicar o triplicar otros puestos de trabajo distintos en función del producto tratado. Nos preguntamos que, si hay que duplicar recursos según cambia el cuello de botella al cambiar de producto, ¿no sería mejor montar procesos en paralelo que fabricarán las otras opciones?

Hacer esto es costoso, e inviable cuando se intenta producir una amplia variedad con poca cantidad, dado que exige inversiones difícilmente amortizables.

b. Otra posible solución consiste en compartir tareas entre recursos contiguos y reasignarlas según el producto fabricado.

La operación tercera, que es el cuello de botella, pueda ser dividida, por ejemplo, en tres operaciones más simples con duraciones 2, 3 y 1 minuto (el tiempo total sigue siendo 5 minutos).

Ahora procedamos a reasignar estos tiempos, de manera que el tramo de 2 minutos se realizará por el operario de la operación segunda, con lo que este operario tiene ahora una tarea formada por el minuto de la suya más la que le asignamos de 2 minutos, lo que da una duración de 3 minutos para la operación segunda. La operación tercera queda con 3 minutos y el operario de la cuarta operación realiza el tramo de 1 minuto, sobrante de la tercera, más la suya de 3 minutos, con lo que la nueva duración es de 4 minutos.



Este procedimiento se repite nuevamente reasignando tiempos hasta que se consigue que todas las operaciones tengan igual duración y lo mismo se repite para cualquier producto, por lo que no es necesario la duplicación de recursos.

Sólo se necesita un estudio previo de las operaciones para conseguir una asignación de tareas que elimine, o disminuya los cuellos de botella y que se cambia según sea el producto en proceso. Esta forma de jugar con los recursos requiere dos cosas.

- Para los recursos tipo “máquina”: sobredimensionar la disponibilidad de este recurso (en los procesos reales suele haber un exceso del 20% de capacidad para permitir cierto juego en la adaptación de la capacidad a la demanda).
- Para el recurso humano: flexibilizar de manera que pueda asumir cualquier función en la línea de producción, es lo que se llama *Polivalencia* del recurso humano.

Se puede considerar que, en estos procesos, el recurso humano es el factor productivo esencial, por ser la base para permitir ajustes en la capacidad productiva y en el equilibrado de las líneas de producción.

Para conseguir la polivalencia es necesario una amplia formación y motivación, y la rotación frecuente entre los operarios. El resultado es una producción equilibrada y flexible.

Otra forma de ver esta reasignación del recurso humano, es la que mostramos en el ejemplo siguiente.

Supongamos un proceso consistente en dos operaciones, fotocopiar y encuadernar en el que fabricamos dos productos A y B.

| | | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------------------|-------|-------------|-----------|
| Capacidad | | 10 horas/operario | | | |
| | | Operaciones | | | |
| | | Fotocopiar | | Encuadernar | |
| Productos | Carga | Operarios | Carga | Operarios | Total |
| A | 60 | 6 | 20 | 2 | 8 |
| B | 10 | 1 | 30 | 3 | 4 |
| Dos líneas separadas monoproducto | | | | | 12 |
| Dos línea separadas con mezclado | | | | | 14 |

El horario de trabajo es de 10 horas por operario y día y los tiempos de operación para atender la demanda (en la tabla aparece este dato como carga de trabajo) son: 60 horas y 10 horas, respectivamente para A y B, en la operación fotocopiar y 20 horas y 30 horas, respectivamente para A y B, en la operación encuadernar.

Conforme a estos datos los operarios necesarios serán: 6 operarios para A y 1 operario para B en la primera operación y 2 operarios para A y 3 para B en la segunda operación.

Si queremos, podemos montar una línea productiva para hacer A y otra distinta para hacer B tendríamos

Línea A, cantidad de operarios = 6 en fotocopiar y 2 en encuadernar = 8 operarios.

Línea B, cantidad de operarios = 1 en fotocopiar y 3 en encuadernar = 4 operarios.

Operarios totales en líneas separadas = 12 operarios.

Otra forma de montar la producción de estos dos productos sería que ambas líneas hicieran los mismos productos, esto lo llamamos producción mezclada. En este caso el total de horas necesarias para fotocopiar es de 70 horas por día, dado que la carga de trabajo para esta operación es

Carga de trabajo para fotocopiar = 60 + 10 horas por día

y puesto que vamos a dividir el trabajo entre dos líneas debemos hacer 35 horas por operario y día (suponemos que esta carga se puede partir por la mitad).

Puesto que la jornada es de 10 horas, serán necesarios 3,5 operarios, por lo que contrataremos 4 operarios por línea para fotocopiar.

Por las mismas razones, si repetimos las cuentas para la operación de encuadernar, obtendremos 3 operarios por línea. Luego.

Línea 1, cantidad de operarios = 4 en fotocopiar y 3 en encuadernar = 7 operarios para la mitad de la carga de trabajo diaria.

Puesto que ambas líneas son iguales, el resultado final es el doble de operarios, esto es 14 operarios

La ventaja de esta alternativa frente a la anterior es que, en el caso de parada de una línea, dispondremos de ambos productos y en la anterior, al fabricar cada producto en líneas diferentes, la parada de una línea nos deja sin uno de ellos. Por el contrario, el inconveniente es que requerimos más operarios para el mismo trabajo, lo que supone desaprovechamiento de recursos. Suponemos que las tareas diarias consisten en fabricar primero uno de los productos y luego el otro.

Podemos estudiar una tercera solución que disponga de ciertas ventajas sobre las dos anteriores.

Podemos montar una sola línea de producción con 12 operarios (cifra mínima para cualquier alternativa debido a la cantidad de trabajo y al horario disponible) y dedicar los operarios a fotocopiar o encuadernar en función de las necesidades.

Cuando haya que fotocopiar el producto A serán necesarios

$$12 \text{ operarios} \frac{60 \text{ horas de fotocopiar}}{80 \text{ horas totales}} = 9 \text{ operarios para fotocopiar}$$

Para encuadernar necesitaremos el resto.

$$12 \text{ operarios} - 9 \text{ operarios} = 3 \text{ operarios para encuadernar}$$

Cuando hay que fotocopiar el producto B necesitaremos.

$$12 \text{ operarios} \frac{10 \text{ horas de fotocopiar}}{40 \text{ horas totales}} = 3 \text{ operarios para fotocopiar}$$

Para encuadernar serán necesarios los restantes.

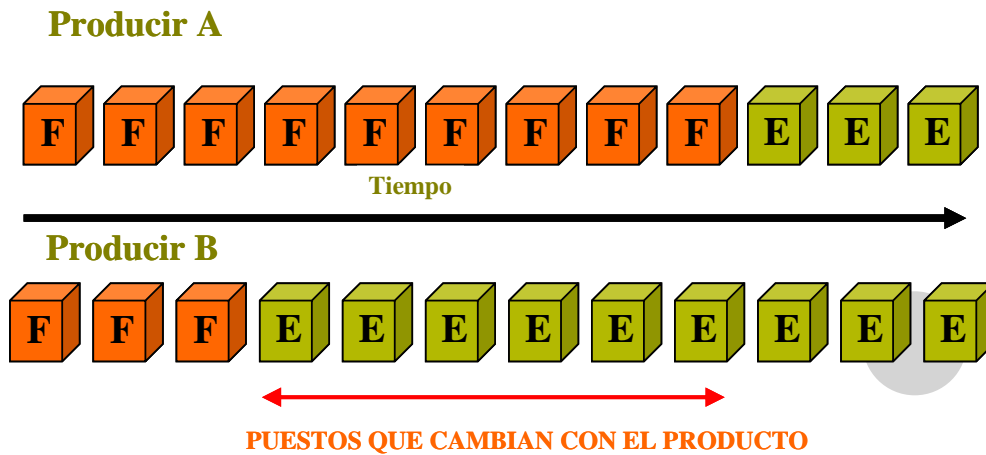
$$12 \text{ operarios} - 3 \text{ operarios} = 9 \text{ operarios para encuadernar}$$

Esto supone que, de los 12 operarios integrantes de la cadena, los seis del medio están alternando la producción según se cambia de producto.

Una de las ventajas es la de poder producir lotes con tamaño unidad y por lo dicho en el punto anterior, estos seis operarios deben cambiar casi continuamente de tarea.

Hemos explicado un ejemplo con dos productos, ya vimos que en la realidad hay cientos de miles de productos diferentes, lo que supondrá que algunos operarios alternan sus tareas múltiples veces por día. Comparando esta forma de trabajar con la de una cadena tradicional, se comprenderá que no hay nada tan alejado de una cadena

tradicional, en la que el operario siempre repite la misma operación constantemente, como una cadena de un proceso eficiente, en la que esto no ocurre.



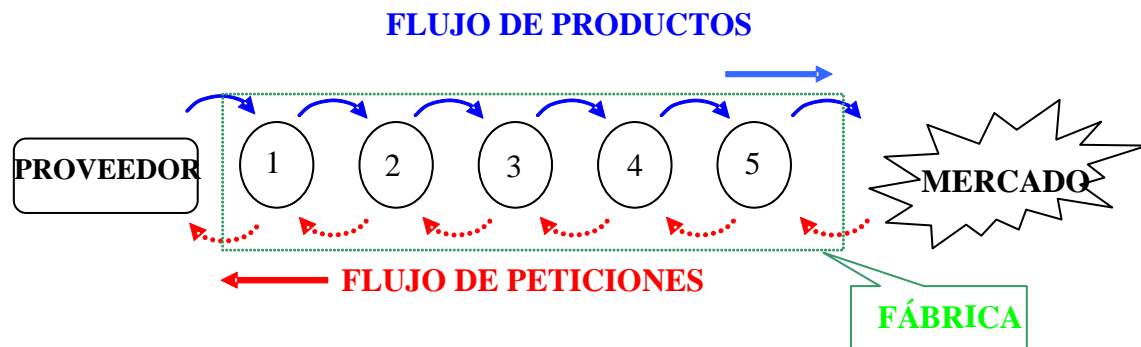
8.2.3. Gestión PULL y Kanban

Otra forma de crear ineficiencias consiste en producir sobre las previsiones de la demanda. Como el futuro nunca está asegurado, cualquier previsión es errónea, de aquí que en la producción por estimación no coincidirá lo producido con la demanda y los excedentes constituirán un inventario y un uso innecesario de recursos, y por tanto mayor coste.

Producir basándose en previsiones de demanda es lo que se conoce como producción tipo PUSH. Se empuja (en inglés PUSH) el producto al mercado según estimaciones.

Producir según las peticiones cursadas por el mercado y satisfacer éstas en el más breve plazo aceptable, se conoce como producción tipo PULL, o producción de arrastre (en inglés, PULL) porque el mercado es el que tira, o condiciona lo producido por la empresa. En estos casos no habrá excedente de producción, porque se fabrica justo lo que quiere el mercado.

En la figura se representa, simbólicamente, lo que sería una línea de producción que se gestiona mediante técnica PULL.



En este ejemplo las peticiones del mercado se van trasladando hacia arriba en la cadena logística, mediante un “trueque” o intercambio entre puestos de trabajo. La regla es: “dime tus necesidades (flujo de peticiones) y yo te daré el producto (flujo de producto)”.

Lo que en sí constituye un flujo productivo tipo “PULL” y este debe ser el orden: primero definir las necesidades, después la entrega de producto.

Un fallo en cualquier punto de una línea que opera de esta manera, detendrá inmediatamente la transferencia de producto: no se transmitirán peticiones y tampoco se cederá producto, por lo que la línea se parará. Parar una línea de producción supone un grave inconveniente, pero es tal la trascendencia por su incidencia, que se ha de procurar que no suceda nunca.

Producir con este sincronismo es lo que se conoce como *producción con Kanban*, que es un término japonés acuñado en la factoría Toyota.

La producción con kanban alcanza a toda la línea y también a los proveedores, que necesariamente han de actuar en la producción de la misma manera que el fabricante.

8.2.4. Otros elementos de perturbación en los procesos JIT y *Lean*

Recopilando lo dicho, vemos que no son necesarios los inventarios de materias primas, porque los proveedores se hallan sincronizados con la fábrica y sólo entregan lo estrictamente necesario (se trabaja con kanban). No se necesitan inventarios de producto final, porque atendemos la demanda según justamente sus necesidades (atención Pull

del mercado). No se necesitan inventarios entre operaciones, porque hemos sincronizado las tareas (polivalencia en el trabajo). Finalmente, no se acumula ningún otro tipo de inventario, porque no hay costes improductivos que lo justifiquen (eliminamos las tareas que no añaden valor).

Se puede decir, en puridad, que todos los inventarios son prescindibles.

En estas condiciones, una alteración o perturbación en la cadena, o en el mercado, no podrá ser asumida por el sistema de producción y se incurrirá en incumplimientos en la atención al cliente.

Por ejemplo, puede suceder que alguna operación se retrase, o que una máquina se averíe, o que un producto sea rechazado por falta de calidad, o que un operario se ausente indebidamente. En tales casos, y dada la ausencia de inventarios, se incumplirá la entrega al cliente. Para evitarlo es necesario tomar las acciones que evitan que tales cosas sucedan.

7.2.5. Características de un sistema de producción eficiente

Concluyendo diremos que:

Un sistema de producción eficiente ha de cumplir con:

- Cero averías.
- Cero ausencias imprevistas.
- Cero retrasos en las entregas.
- Cero errores en la calidad.
- Eliminar los tiempos que no añaden valor
- Sincronizar la producción con la técnica kanban.
- Trabajar en Pull con el mercado

- Formar al recurso humano en la polivalencia.

Como hemos dicho, cumplir con tales condiciones hace innecesario los inventarios. Pero, dado que el mercado es cambiante, cualquier alteración por encima de lo esperado creará un problema en estos sistemas. Es decir, los sistemas de este tipo son muy sensibles a las oscilaciones del mercado y ha de quedar claro que todo proceso eficiente de producción mezclada, que cumple lo descrito, no puede operar en mercados con cierto grado de inestabilidad: alteraciones bruscas de la demanda.

8.3. Tipos de procesos eficientes de producción mezclada

Hay muchas maneras de hacer que un proceso cumpla con los puntos citados, aunque luego hay particularidades propias que hacen distintas las aplicaciones concretas. Por ejemplo:

Just In Time es un proceso que cumple los requisitos citados y cuya meta es poder atender la demanda sin necesidad de inventarios. Ya se ha descrito cómo se puede prescindir de los inventarios.

*Total Quality Management*¹ aplica lo ya citado, pero su meta es la atención de la demanda con máxima calidad; entendido por calidad todo lo que produce la satisfacción de los clientes, sean internos o externos.

Si se reflexiona, se comprenderá que no es posible alcanzar esta meta sin aplicar los puntos anteriores, ya que el cumplimiento en fechas, los costes de los recursos, etc., que son aspectos relacionados con la calidad, exigen disponer de un sistema productivo con las características descritas.

*Lean Production*² su meta está en eliminar del sistema productivo todo aquello que no añade valor. La única forma de conseguir esto es aplicar las reglas citadas.

¹ TQM, Gestión con Calidad Total.

² Hay muchas traducciones de estas dos palabras. Nosotros lo traduciremos por Producción Ajustada, entendiendo por tal, de manera simbólica, la producción que es capaz de desprenderse de todo lo innecesario desde el punto de vista de recursos.

*Total Productive Maintenance*³ busca producir sin interrupciones, aplicando políticas de mantenimiento muy rigurosas, para lo que requiere una alta motivación del personal y eliminar recursos innecesarios. Aunque la meta es diferente a los anteriores sistemas productivos, nuevamente se requiere la aplicación de lo ya dicho.

*Time Based Manufacturing*⁴ su meta es acelerar todas las tareas empleando los recursos justos. Para esto requiere aplicar lo anterior.

En definitiva, todos los procesos eficientes de producción mezclada lo son, porque aplican lo ya dicho, aunque su forma de llevarlo a la práctica los hagan diferentes y sus metas sean también distintas.

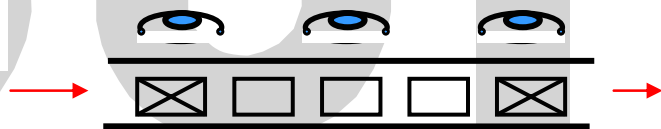
8.4. Los procesos JIT (Sistema de Producción Toyota)

A parte de los principios citados, iguales para todos, las aplicaciones reales implementan ciertas particularidades para conseguir mejor sus metas.

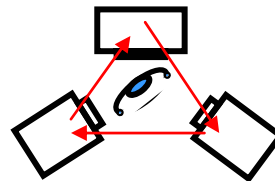
Veamos algunos de estos aspectos particulares de los JIT (entendiendo que también se utilizan por otros procesos citados)

- Distribuciones en “U”.

Puesto de trabajo abierto

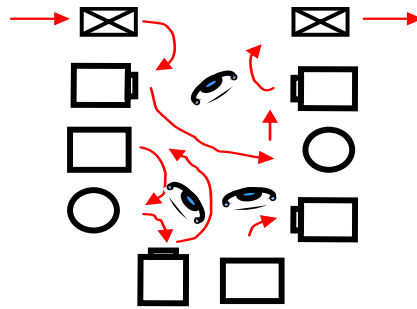
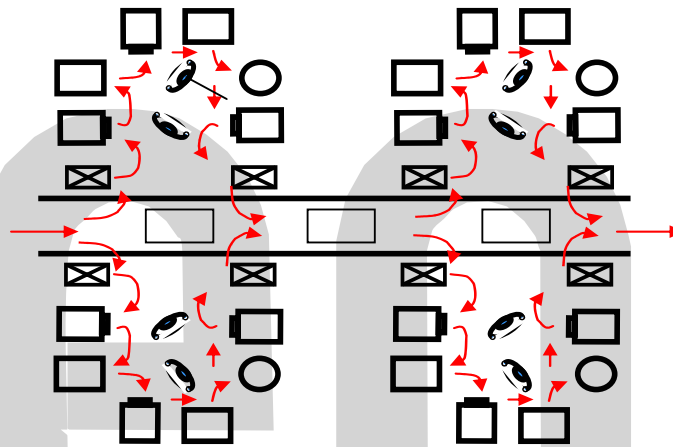


Puesto de trabajo cerrado



³ TPM. Mantenimiento Productivo Total.

⁴ TBM. Producción Basada en el Tiempo.

Puesto de trabajo en “U” con multitarea*Células de trabajo*

Los puestos de trabajo de las cadenas de producción presentan formas cerradas, en forma “U” o en “O”, en lugar de abiertas (en las figura se ven alguna de estas disposiciones). La ventaja estriba en que en, para un solo operario, las disposiciones abiertas, siguiendo la línea de producción, complican la vigilancia y manipulación de varias máquinas a la vez.

Al contrario sucede en este tipo de disposiciones en forma circular o en U en las que el operario tiene al alcance varias máquinas.

Hay otra ventaja más que consiste en que las formas cerradas permiten simultanear el uso de las máquinas por varios operarios a la vez, mientras que las disposiciones abiertas no, lo que permite variar de forma fácil la capacidad productiva de la fuerza

laboral sin modificar la topología de las instalaciones, añadiendo o quitando operarios en el puesto de trabajo.

Un conjunto de máquinas dispuestas de esta manera y en las que se realizan operaciones simples para completar un trabajo más complejo es lo que se denominan células de trabajo

- Ciclo estándar. *Takt Time*⁵

La duración del ciclo debe adaptarse a la demanda. En otras palabras, lo que determina la producción de un sistema JIT es la demanda de mercado y a ella queda subordinada la capacidad productiva. Si la demanda aumenta la capacidad productiva aumenta lo necesario para hacer frente a esa demanda y al contrario.

Es evidente que el tipo de capacidad productiva en una fábrica no es la de un servicio y no se puede aumentar o disminuir cuanto se quiera. En estos procesos el grado de flexibilidad necesario obliga a tener una sobrecapacidad del recurso máquina (el más difícil de flexibilizar), sobre el 20% más de la demanda, mientras que el recurso humano, como sucede en los servicios, permite unos márgenes mucho mayores.

Cuando la demanda cae, la producción disminuye y la mano de obra sobrante, hace labores de mantenimiento.

Cuando la demanda aumenta, se recurre a aumentar la fuerza laboral con contratos temporales, que se rescinden en caso contrario.

Por lo que respecta al tiempo de ciclo, sirve para establecer el ritmo exacto que deben seguir todas las operaciones de una cadena para adaptarse a la demanda.

El tiempo de ciclo se calcula muy fácilmente. Por ejemplo, si la demanda prevista para el mes X es de 1000 unidades a 1 hora de trabajo por unidad en 20 días laborables, lo que representa 50 unidades por día, o 180.000 segundos de trabajo por día, y con una

⁵ *Takt* procede del alemán y significa ritmo.

jornada laboral es de 8 horas por día (28.800 segundos por día y operario) el tiempo de ciclo debe ser:

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{28.800 \text{ segundos/día}}{50 \text{ unidades/día}} = 576 \text{ segundos/unidad}$$

y el número de operarios necesarios será de

$$\text{Nº de operarios} = \frac{180.000 \text{ segundos/día}}{28.800 \text{ segundos/día.operario}} = 6,25 \approx 7 \text{ operarios}$$

Tomaremos 7 operarios lo que supone una capacidad de trabajo por día mayor de la teóricamente necesaria, de aquí que pueda irse más rápido aún de lo establecido en el Ciclo de trabajo. En concreto el ciclo mínimo será:

$$\text{Ciclo mínimo de trabajo} = 576 \frac{6,25}{7} = 514 \text{ segundos/unidad}$$

Por tanto, toda tarea en la cadena debe hacerse en este tiempo, por lo que sobrarán:

$$\text{Tiempo sobrante} = 28800 - 514 \cdot 50 = 3085 \text{ segundos por día}$$

El tiempo restante de 51 minutos por día se empleará en descansos y otras labores.

La ventaja de fijar el tiempo del ciclo de esta manera es que el producto sale al ritmo solicitado por el mercado y que todos en el sistema siguen ese mismo ritmo. Cuando la demanda sube el tiempo de ciclo disminuirá y será necesario la contratación de más empleados, cuando cae, se ajustará la plantilla para el nuevo tiempo de ciclo.

- Control de la calidad a prueba de errores⁶.

Se trata de crear sistemas sencillos que eviten hacer mal las operaciones.

- Mejora continua⁷.

⁶ En japonés *Poka-yoke*.

Otro aspecto más relacionados con la forma en la que se gestionan estos procesos es, aplicar métodos para conseguir la eliminación progresiva de todo lo que no está dirigido a la mejora del proceso. *Kaizen* consiste en unos principios, o consejos para conseguir esta meta y son: trabajo en equipo, disciplina personal, moral de mejora, círculos de calidad y sugerir mejoras.

- Control de la producción “autónomo”⁸.

Cada operario realiza un control de la calidad en su puesto de trabajo. De manera que se evite el progreso de unidades por la línea de producción que no cumplan los estándares.

- Producción altamente mezclada.

Lotes mínimos de productos que se alternan para conseguir las aportaciones de materiales de la manera más fluida.

Veamos cómo se calculan los lotes para mezclarlos al máximo posible. Recordamos que, según lo expuesto en puntos anteriores, para no acumular inventario y atender rápidamente a la demanda debemos producir lotes del menor tamaño posible.

Supongamos una empresa que monta tres tipos de TV con pantallas planas de alta definición. El modelo A lleva incorporado un sistema de sonido “home-cinema” y un lector/grabador de DVD. El modelo B, carece del sistema de sonido, pero lleva el sistema de grabación. C, no lleva sonido ni grabadora.

Las demandas diarias de estos equipos son: A, 300 unidades, B, 200 unidades y C, 100 unidades.

Una cadena de montaje que fabrique todas las unidades de A, las de B y las de C (no importa el orden) es una producción mezclada, pero no cumple con el criterio de eficiencia suficiente, ya que acumulamos inventario como sucedería si la demanda de B, por ejemplo, fuera realmente de 187 de unidades lo que generaría excedente de

⁷ En japonés *Kaizen*.

⁸ En japonés *Jidoka*.

producto, hasta que no se re programe la cadena. Sucedería al contrario, si la demanda de B aumenta a 240 unidades por día, con desabastecimiento del mercado.

Lo que debemos hacer es disminuir los lotes al mínimo posible y repetir estos lotes mínimos las veces necesarias para atender a la demanda.

Este sería el caso de que, de acuerdo con las demandas anteriores, hiciéramos los siguientes lotes.

Lote de A = 3 unidades.

Lote de B = 2 unidades.

Lote de C = 1 unidad

y repitiéramos 100 veces lo anterior. Por ejemplo podríamos repetir 100 veces la secuencia AAABBC, o también ABABAC, u otra secuencia de las seis unidades citadas.

No cabe duda de que, con estos tamaños de lotes, nos adaptamos mejor a la demanda que con los anteriores. Si cambia la demanda, cambiaremos la cantidad de productos en la secuencia básica, o cambiamos las veces que se repite ésta, sin necesidad de reprogramar nada.

La secuencia básica más idónea se determina para que produzca una carga de trabajo lo más uniforme posible en la cadena de producción y requiere de cálculos complejos, por lo que no entramos en ello

No así la repetición que es relativamente simple. Por ejemplo, si los lotes hubieran sido de 640, 240 y 400 unidades por día, el cálculo del tamaño de los lotes mínimos y de las repeticiones necesarias se haría calculando el “máximo común divisor”, lo que nos daría las veces que se repite la secuencia y después dividimos las demandas por este factor.

$$\text{MCD}(640, 240, 400) = 80$$

$$640 = 8 \times 80$$

$$240 = 3 \times 80$$

$$400 = 5 \times 80$$

Hay que repetir 80 veces la secuencia formada por 8 de A, 3 de B y 5 de C y, a continuación se calcula la mejor secuencia básica. A título de ejemplo, supongamos que, para estos tamaños de lote, fuera AABCAACBCAABCAAC, aunque se necesita hacer cálculos complejos para saber cuál es la combinación idónea. Como se deducirá al ver la secuencia básica, los operarios están cambiando continuamente de producto, de aquí la necesidad de una fuerte rotación en los puestos de trabajo y de la polivalencia.

En muchas ocasiones hay que retocar los datos de la demanda para poder hacer lotes mínimos. Por ejemplo, si la demanda hubiera sido de 250, 169 y 270, unidades por día, respectivamente para A, B y C, no habría manera de encontrar una secuencia más básica que las mismas cantidades. No sería así, si ajustamos la producción a 250, 150 y 300 unidades, cuya secuencia básica sería ahora de 5, 3 y 6 unidades y se repetiría 50 veces. Ahora bien, en lugar de repetirla 50 veces al día, que es lo oportuno, se repetiría un número de veces menor, digamos 45, y en las otras 5 repeticiones restantes se corregirán los excesos o defectos de los lotes para ajustar estos a la demanda real.

8.5. La Producción *Lean*

Es otra forma de gestionar eficientemente sistemas de producción mezclada. Por tanto, todo lo descrito con anterioridad es aplicable a este tipo de producciones, incluso las características expuestas para los procesos JIT.

El objetivo esencial de la Producción *Lean* es la de eliminar todo lo que no cree valor.

Desde este punto de vista las operaciones se clasifican en:

1. Tareas que sólo añaden coste. Consumen recursos innecesariamente.

2. Tareas que añaden valor para la empresa pero no para el cliente. Son tareas que deben hacerse, porque sin ellas no es posible llevar a cabo las siguientes.
3. Tareas que añaden valor para el mercado. Son las que el cliente recibe y “percibe” en forma de producto.

Por supuesto las primeras deben eliminarse. A este grupo pertenecen las esperas en las líneas de producción, controles repetidos, dobles operaciones y almacenamientos intermedios.

Las segundas son necesarias, pero han de reducirse. Ejemplo de ellas son los tiempos de ajuste, transportes, empaquetados y desempaquetados, controles, labores burocráticas de planificación, programación, organización y limpieza.

Las terceras son las que transforman los productos y materias primas para conseguir el producto terminado que, claramente, son necesarias para completar el producto con las condiciones deseadas por el mercado.

8.6. Las actividades sin valor añadido

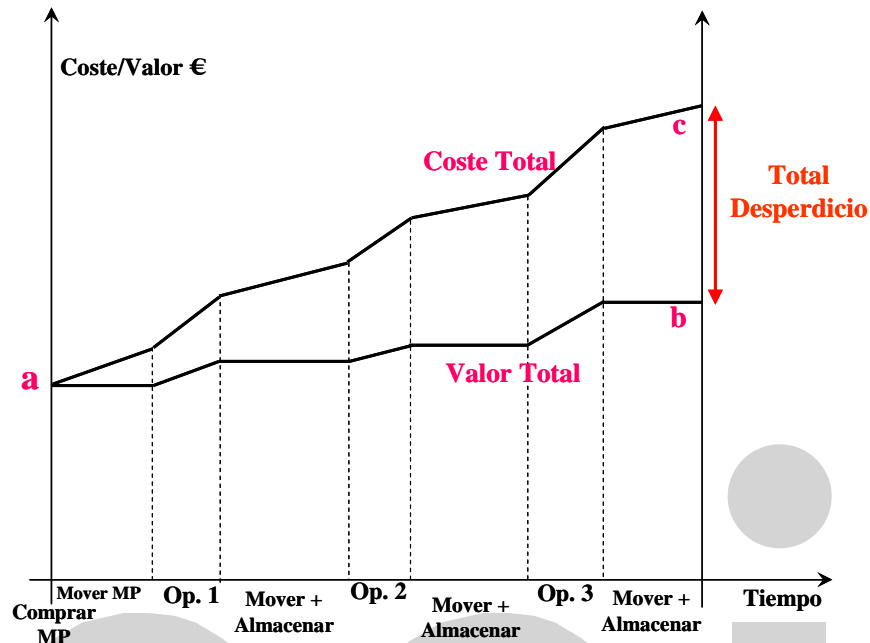
En la producción *Lean* se definen siete tipos de actividades que no añaden valor.

1. Sobreproducción. Es una de las más frecuentes y con peores resultados en la mejora del valor añadido. Tiene un efecto perjudicial en la calidad, ya que producir mayor cantidad, conduce a mayor probabilidad de error; también condiciona la estabilidad del flujo productivo, dado que operaciones más largas crean mayor dificultad en equilibrar la cadena; en las cantidades almacenadas por los inventarios; en los tiempos de respuesta, pues los recursos se dedican a producir unidades que no se venden, en lugar de acelerar la finalización de otras; en la saturación de la planta y ocupación de espacio, puesto que se impide un mejor movimiento de recursos y materiales.

La mejor manera de combatir este desperdicio de recursos es mediante la gestión kanban de la cadena.

2. Esperas. Es que el producto se halle parado sin que se le aplique ninguna operación. Las esperas surgen como consecuencia de cuellos de botella, mala organización de las tareas, incluso se puede deber a un problema de decisión de la gerencia.
3. Transportes. En una buena parte de los casos se deben a una deficiente disposición de las operaciones, distantes unas de otras o con un discurrir muy enrevesado del flujo de trabajo. Originan retrasos y pérdida de sincronismo entre operaciones.
4. Procesos inapropiados. Se refiere a la utilización de herramientas complejas para tareas simples o, al contrario, herramientas simples para tareas complejas. Se deben a falta de formación de los operarios; falta de visión de los gerentes sobre la realidad del proceso; falta de autoridad en la gestión del proceso, cuando los operarios hacen las tareas como ellos quieren.

Lo ideal es tener la menor cantidad de herramientas capaces de producir con la calidad requerida y localizadas lo más próximo posible a las operaciones anteriores y posteriores conforme al flujo de trabajo.
5. Inventarios inapropiados. Sus consecuencias ya han sido comentadas, consumen recursos y ocupan espacio, alargan los tiempos de respuesta, desmoralizan a los operarios, perjudican seriamente las finanzas de la empresa con influencia negativa en los costes y consecuente pérdida de competitividad. Las causas de su aparición ya se comentaron al principio del capítulo.
6. Tareas innecesarias. Se deben a programaciones deficientes, mala ergonomía de los puestos de trabajo, métodos de trabajo inadecuados o falta de formación. La eliminación requiere nuevos estudios y revisión de los métodos de trabajo.
7. Defectos. Es un claro coste para el proceso. Obliga a rehacer trabajos con la consiguiente detracción de recursos de otras tareas. El autocontrol y la mejora continua son las mejores formas de eliminar errores.



Para conseguir detecta y eliminar las actividades que no añaden valor en la producción *Lean* se emplean técnicas gráficas denominadas “Gráficos del Flujo de Valor”⁹, cuya finalidad es estudiar mediante una representación del proceso las tareas para ver cómo se incrementa el valor y el coste a lo largo del proceso. En teoría, en una gráfica del valor y coste, ambas líneas deberían transcurrir de forma similar. Sin embargo, esto no es así y hay subidas más fuertes en los costes sin ser acompañadas de la gráfica de valor, lo que indican actividades que no añaden valor.

⁹ *Value Stream Mapping*

8.7. Caso práctico

Supongamos una empresa que monta tres tipos de TV con pantallas planas de alta definición. El modelo A lleva incorporado un sistema de sonido “home-cinema” y un lector/grabador de DVD. El modelo B, carece del sistema de sonido, pero lleva el sistema de grabación. C, no lleva sonido ni grabadora.

Las demandas diarias de estos equipos son: A, 300 unidades, B, 200 unidades y C, 100 unidades.

El proceso productivo se compone de una cadena formada por 5 operaciones, los tiempos que se tarda en hacer cada operación por unidad de producto en esta cadena se indican en la tabla. La jornada laboral es de 28.800 segundos al día (8 horas/día). La operación 3 no es necesaria para el producto C, ni la operación 4 es necesaria para B ni para C.

Diseñar un sistema eficiente de producción mezclada, sabiendo que un estudio previo ha determinado que la mejor secuencia es la formada por el orden ABACBC repetida 100 veces por día.

| Tiempos en segundos | | | |
|----------------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| | Product A | Producto B | Producto C |
| | T | T | T |
| OP1 | 40 | 40 | 25 |
| OP2 | 60 | 30 | 40 |
| OP3 | 60 | 35 | |
| OP4 | 20 | | |
| OP5 | 20 | 25 | 15 |

Solución

Partimos de que los lotes mínimos posibles son $A = 3$, $B = 2$ y $C = 1$ (ver explicaciones al respecto en las páginas interiores) y la secuencia básica para estos lotes se ha determinado previamente como ABACBC.

Vamos a calcular el tiempo total TT para hacer todos los productos conforme a sus demandas.

$$\text{Tiempo Total para fabricar A} = 300 \cdot (40 + 60 + 60 + 20 + 20) = 60.000 \text{ segundos/día}$$

$$\text{Tiempo Total para fabricar B} = 200 \cdot (40 + 30 + 35 + 0 + 25) = 26.000 \text{ segundos/día}$$

$$\text{Tiempo Total para fabricar C} = 300 \cdot (25 + 40 + 0 + 0 + 15) = 8.000 \text{ segundos/día}$$

$$\text{Tiempo Total para toda la demanda} = 60.000 + 26.000 + 8.000 = 94.000 \text{ segundos/día}$$

Calculemos los operarios necesarios para hacer esta producción.

$$\text{Operarios} = \frac{94.000 \text{ segundos/día}}{28.800 \text{ segundos/día} \cdot \text{operario}} = 3,26 \text{ operarios}$$

Tomaremos 4 operarios.

Ahora analicemos la distribución de estos operarios por cada una de estas tareas.

Producto A.

Operación 1. Tiempo en esta operación para el total de la demanda.

$$T = 300 \cdot 40 = 12.000 \text{ segundos}$$

Cantidad de recursos necesarios para hacer esta operación

$$R = 3,26 \frac{12.000}{94.000} = 0,6528 \text{ operarios}$$

La explicación es que los recursos totales (3,26 operarios) debemos repartirlos proporcionalmente al tiempo que necesitan.

En la tabla se indica el resto de operaciones similares para todas las operaciones y productos.

| Necesidad de Recursos | | | | | | |
|------------------------------|------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|
| | Product A | | Producto B | | Producto C | |
| | T | Rec. | T | Rec. | T | Rec. |
| OP1 | 40 | 0,653 | 40 | 1,004 | 25 | 1,020 |
| OP2 | 60 | 0,979 | 30 | 0,753 | 40 | 1,632 |
| OP3 | 60 | 0,979 | 35 | 0,879 | | 0,000 |
| OP4 | 25 | 0,326 | | 0,000 | | 0,000 |
| OP5 | 20 | 0,326 | 25 | 0,628 | 20 | 0,612 |
| Total | | 3,264 | | 3,264 | | 3,264 |

Las columnas Recursos (Rec.) indican la cantidad de operarios que harían falta. Si observamos el producto A, las operaciones 4 y 5 se pueden hacer ambas por 1 sólo operario, ya que separadas no consumen cada una el tiempo necesario para un operario y junta tampoco. Por una razón similar, pero opuesta, la operación 2 sobre el producto C requiere 2 operarios, de otra forma no podría hacerse con uno sólo.

Siguiendo este criterio cuadramos al final los 4 operarios que hemos visto que nos hacen falta. Lo que se muestra en la siguiente tabla.

| Necesidad de Operarios (H) | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------------|--------------|----------|-------------------|--------------|----------|-------------------|--------------|----------|
| | Product A | | | Producto B | | | Producto C | | |
| | T | Rec. | H | T | Rec. | H | T | Rec. | H |
| OP1 | 40 | 0,653 | 1 | 40 | 1,004 | 1 | 25 | 1,020 | 1 |
| OP2 | 60 | 0,979 | 1 | 30 | 0,753 | 1 | 40 | 1,632 | 2 |
| OP3 | 60 | 0,979 | 1 | 35 | 0,879 | 1 | | 0,000 | 0 |
| OP4 | 25 | 0,326 | 1 | | 0,000 | 0 | | 0,000 | 0 |
| OP5 | 20 | 0,326 | | 25 | 0,628 | 1 | 20 | 0,612 | 1 |
| Total | | 3,264 | 4 | | 3,264 | 4 | | 3,264 | 4 |

Veamos ahora cómo deben actuar estos 4 operarios según pasa la secuencia básica.

En la tabla se muestra el transcurso de la serie básica por las cinco operaciones. Las explicaciones a la tabla son las siguientes.

Por mantener las operaciones según el orden de la secuencia básica a sido necesario la duplicación del puesto de trabajo 2 (duplicación de maquinaria) para actuar sobre el producto C (en la tabla aparece como OP2c). Este puesto solamente es utilizado por el operario H3 para ayudar al H2 a hacer parte de esta operación en producto C.

Los productos tachados indican que no es necesario hacer esa operación sobre ese producto.

Las operaciones 4 y 5 se hacen por el mismo operario H4

El operario H3 ayuda al H2 cuando hay que tratar el producto C

En ningún caso la suma de operaciones hechas por el mismo operario durante un paso de secuencia suma más de 1.

| OPERACIONES | | | | | | PRODUCTO SALIENTE |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|-------------------|
| H1 OP1 | H2 OP2 | H3 OP3 | H4 OP4 | H4 OP5 | | |
| A | C | B | A | A | | |
| B | A | C | B | B | A | A |
| A | B | A | A | A | B | BA |
| A | A | B | A | A | C | CBA |
| B | A | A | B | A | A | ACBA |
| C | B | A | A | A | B | BACBA |
| A | C | B | A | A | A | ABACBA |
| B | A | C | B | B | A | |

La asignación de tareas es la siguiente.

Operario H1, siempre hace la operación OP1.

Operario H2, siempre hace la operación OP2.

Operario H3, ayuda a hacer al operario H2 la operación OP2 en el producto C en una ocasión por secuencia; seguidamente debe cambiar a la operación 3 cuando entra el producto A, el resto del tiempo permanece aquí.

Operario H4, alterna las operaciones OP4 y OP5 según la secuencia mostrada en la tabla.

El operario H1 trabaja 22.500 segundos al día.

El operario H2, 26.000 segundos al día, hace la mitad de la operación OP2 en el producto C.

El operario H3, 27.000 segundos al día. Se supone que hace la mitad de la operación OP2 sobre C. Habrá que estudiar reducir con la ayuda de otro operario este trabajo por día. La solución puede ser el intercambiarse con el operario H4 que, como vemos, tiene un tiempo de inactividad mayor que ninguno

El operario H4, 18.500 segundos al día.

8.8. Cuestionario de control

1.Cuál o cuales de las siguientes razones son determinantes para implementar un proceso eficiente de producción mezclada.

- A. Conseguir economía de escala en la producción.
- B. Disminuir los inventarios de todos los productos
- C. Imposibilidad de predecir la demanda debido a la variedad de productos
- D. Producir lotes de gran tamaño.

(Sol. C)

2. Indique cuáles de las siguientes afirmaciones son ciertas.

- A. Los tiempos que forman el ciclo de trabajo siempre añaden valor.
- B. Los inventarios en la producción son consecuencia de las actividades que añaden valor.
- C. Los inventarios aumentan los tiempos de respuesta.
- D. La producción se ajusta mejor a la demanda cuanto menor son los tamaños de los lotes de producción.

(Sol. A, C, D)

3.Cuál de las afirmaciones siguientes son ciertas en un proceso JIT.

- A. Los proveedores deben trabajar sincronizados con la línea de producción
- B. La polivalencia del recurso humano permite equilibrar las cadenas de producción.

- C. La demanda de mercado debe ser atendida por el sistema de producción siguiendo una gestión PUSH.
- D. Los sistemas JIT pueden operar con eficiencia cualquiera que sean las condiciones del mercado a la que atienden.

(Sol. A y B)

4. Indique cuáles de las siguientes afirmaciones son ciertas.

- A. Un sistema de gestión de la producción TQM tiene como meta eliminar tareas sin valor añadido.
- B. Un sistema *Lean* tiene como meta un mantenimiento perfecto de las instalaciones.
- C. Un sistema JIT tiene como meta atender a la demanda sin inventarios.
- D. Un sistema TBM tiene como meta dar la máxima calidad en sus atenciones a los clientes.

(Sol. C)

5. Cuáles de las siguientes características son propias de la producción JIT.

- A. Mantener un ciclo de producción conforme a la demanda de mercado.
- B. Lotes de pocas unidades.
- C. La mejora continua.
- D. Operaciones a prueba de errores.

(Sol. Todas)

6. Cuáles de las siguientes acciones son causa de desperdicios (tareas o actividades que no añaden valor) en la producción *Lean*.

- A. Inventarios inapropiados.
- B. Lotes de pocas unidades.
- C. La mejora continua.
- D. Operaciones a prueba de errores.

(Sol. Todas)



BIBLIOGRAFÍA

- Toyota Production System

Taiichi Ono

Productivity Press

- La Máquina que Cambió en Mundo. La Historia de la Producción *Lean*

James Womark, Daniel Jones, Daniel Roos

McGraw-Hill

- Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them

William Feld

The St. Lucie Press/APICS

- Justo A Tiempo

David Hutchins

AENOR

<http://www.strategosinc.com/workcell.htm>
<http://www.lean.org/>