

# 3

## Medios gráficos para el analista de métodos

Cuando el análisis de métodos se emplea para diseñar un nuevo centro de trabajo o para mejorar uno ya en operación, es útil presentar en forma clara y lógica la información factual (o de los hechos) relacionada con el proceso. En el capítulo 1 se expresó que después de que una exploración preliminar indica la conveniencia de proseguir con un estudio de métodos, el primer paso a este respecto es reunir todos los hechos necesarios relacionados con la operación o el proceso. Información pertinente —como cantidad de piezas a producir, programas de entrega, tiempos de operación, instalaciones diversas, capacidad de las máquinas, materiales y herramientas especiales— pueden tener una influencia importante en la resolución del problema. Este capítulo tratará de las técnicas que mejor presentan la información factual.

Todo operario debe tener las herramientas necesarias que le faciliten el trabajo. Del mismo modo en que un maquinista de taller cuenta con micrómetros y calibradores, y un carpintero dispone de escoplos y garlopas, el analista de métodos debe tener a su disposición las herramientas o medios que le ayuden a efectuar un mejor trabajo en el menor tiempo posible. Uno de los instrumentos de trabajo más importante para el ingeniero de métodos es el diagrama de proceso. Se define como *diagrama de proceso* a una representación gráfica relativa a un proceso industrial o administrativo. En el análisis de métodos se usan generalmente ocho tipos de diagramas de proceso, cada uno de los cuales tiene aplicaciones específicas. Ellos son:

1. Diagrama de operaciones de proceso
2. Diagrama de curso (o flujo) de proceso\*
3. Diagrama de recorrido de actividades\*

---

\* Se llama "diagrama de flujo" (en inglés, *flow chart* o *flowchart*) a un diagrama que indica cómo "fluye" o circula un producto, o se desarrolla un fenómeno, a través de un sistema o una serie de sistemas operativos. Empleando una analogía hidráulica, se usa a veces como sinónimo de "diagrama de flujo" el término reograma.

En esta versión, para mayor claridad, se emplearán las denominaciones de "diagrama de curso o flujo de proceso" y "diagrama de recorrido de actividades" como traducción de las expresiones *flow process chart* y *flow diagram*, respectivamente, que se utilizan en el original. (N. del T.)

4. Diagrama de interrelación hombre-máquina
5. Diagrama de proceso para grupo o cuadrilla
6. Diagrama de proceso para operario
7. Diagrama de viajes de material
8. Diagrama PERT

Los diagramas de operaciones y de curso de proceso, el diagrama PERT y el diagrama de recorrido de actividades se emplean principalmente para exponer un problema. Por lo general, un problema no puede resolverse correctamente si no se presenta en forma adecuada. De manera que conviene describir ahora estos medios gráficos de presentación. Los diagramas de proceso hombre-máquina, de grupo y de operario se estudiarán en el capítulo 6. El diagrama de viajes de material se describirá en el capítulo 5. Estos cuatro diagramas generalmente se elaboran junto con análisis de operaciones, lo cual se explica en los capítulos 4 y 5.

## **DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO**

Este diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones de taller o en máquinas, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque o arreglo final del producto terminado. Señala la entrada de todos los componentes y subconjuntos al ensamble con el conjunto principal. De igual manera que un plano o dibujo de taller presenta en conjunto detalles de diseño como ajustes, tolerancia y especificaciones, todos los detalles de fabricación o administración se aprecian globalmente en un diagrama de operaciones de proceso.

Antes de que se pueda mejorar un diseño se deben examinar primero los dibujos que indican el diseño actual del producto. Análogamente, antes de que sea posible mejorar un proceso de manufactura conviene elaborar un diagrama de operaciones que permita comprender perfectamente el problema, y determinar en qué áreas existen las mejores posibilidades de mejoramiento. El diagrama de operaciones de proceso permite exponer con claridad el problema, pues si no se plantea correctamente un problema difícilmente podrá ser resuelto.

### **Elaboración del diagrama de operaciones de proceso**

Cuando se elabora un diagrama de esta clase se utilizan dos símbolos: un círculo pequeño, que generalmente tiene 10 mm (o  $\frac{3}{8}$  plg) de diámetro, para representar una operación, y un cuadrado, con la misma medida por lado, que representa una inspección.

Una operación ocurre cuando la pieza en estudio se transforma intencionalmente, o bien, cuando se estudia o planea antes de realizar algún trabajo de producción en ella. Algunos analistas prefieren separar las operaciones manuales de aquellas que se refieren a trámites administrativos. Las operaciones manuales se relacionan con la mano de obra directa, mientras que los referentes a simples trámites ("papeleo") normalmente son una parte de los costos indirectos o gastos. Las diferentes clases de operaciones pueden ser codificadas como se muestra en la figura 3-3 de la página 32.

Una inspección tiene lugar cuando la parte se somete a examen para determinar su conformidad con una norma o estándar.

Antes de principiar a construir el diagrama de operaciones de proceso, el analista debe identificarlo con un título escrito en la parte superior de la hoja. Por lo general la información distintiva, que comprende el número de la pieza, el número del dibujo, la descripción del proceso, el método actual o propuesto, y la fecha y el nombre de la persona que elabora el diagrama, llevará el encabezado: "Diagrama de operaciones de proceso". A veces se agrega otra información para identificar completamente el asunto del diagrama. Los datos adicionales pueden ser los nombres o números del diagrama, de la planta, del edificio y del departamento.

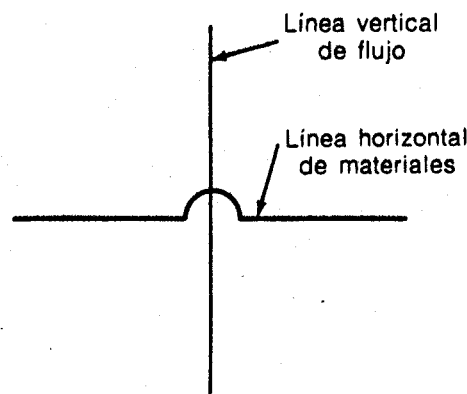
Se usan líneas verticales para indicar el flujo o curso general del proceso a medida que se realiza el trabajo, y se utilizan líneas horizontales que entroncan con las líneas de flujo verticales para indicar la introducción de material, ya sea proveniente de compras o sobre el que ya se ha hecho algún trabajo durante el proceso. En general, el diagrama de operaciones debe elaborarse de manera que las líneas de flujo verticales y las líneas de material horizontales, no se corten. Si por alguna razón fuera necesario un cruce entre una horizontal y una vertical, la práctica convencional para indicar que no hay intersección consiste en dibujar un pequeño semicírculo en la línea horizontal con centro en el punto donde cortarían a la línea vertical de flujo (véase la figura 3-1).

Los valores de tiempo deben ser asignados a cada operación e inspección. A menudo estos valores no están disponibles (en especial en el caso de inspecciones), por lo que los analistas deben hacer estimaciones de los tiempos necesarios para ejecutar diversas acciones. En tales casos, el analista debe acudir al lugar de trabajo y efectuar mediciones de tiempo. Los analistas de métodos, más que cualesquiera otras personas, consideran que "el tiempo es dinero"; en consecuencia, la información de tiempo debe ser incluida en el diagrama de operaciones de proceso. Un típico diagrama de operaciones completo aparece en la figura 3-2.

### Utilización del diagrama de operaciones de proceso

Una vez que el analista ha terminado su diagrama de operaciones, deberá prepararse para utilizarlo. Debe revisar cada operación y cada inspección desde el punto de vis-

**FIGURA 3—1**  
Símbolo para indicar que no hay intersección entre una línea de flujo vertical y una línea de materiales horizontal.

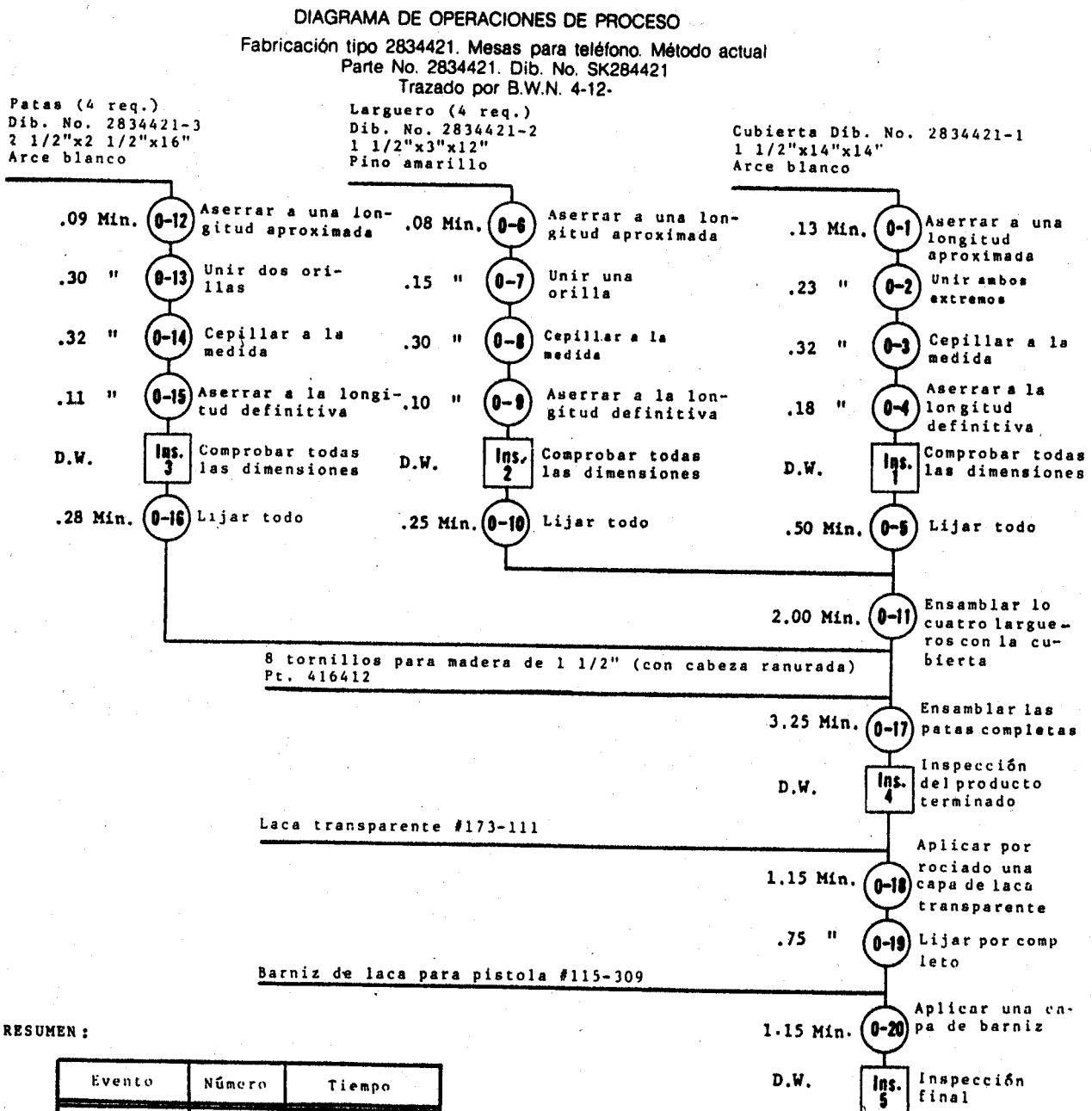


ta de los enfoques primarios del análisis de operaciones (véanse los capítulos 4 y 5). Los siguientes enfoques se aplican, en particular, cuando se estudia el diagrama de operaciones:

1. Propósito de la operación
2. Diseño de la parte o pieza
3. Tolerancias y especificaciones
4. Materiales
5. Proceso de fabricación
6. Preparación y herramental
7. Condiciones de trabajo
8. Manejo de materiales
9. Distribución en la planta
10. Principios de la economía de movimientos

FIGURA 3-2

Diagrama de operaciones de proceso que ilustra la fabricación de mesillas para teléfono.



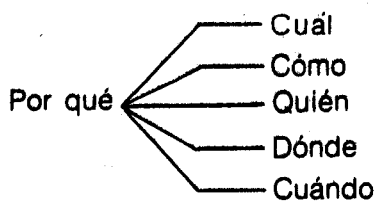
El procedimiento del analista consiste en adoptar una actitud inquisitiva acerca de cada uno de los diez criterios enumerados, en lo que respecta a su influencia en el costo y la producción del producto en estudio.

La cuestión más importante que el analista tiene que plantear cuando estudia los eventos del diagrama de operaciones es "¿Por qué?" Las preguntas típicas que se deben hacer son:

- "¿Por qué es necesaria esta operación?"
- "¿Por qué esta operación se efectúa de esta manera?"
- "¿Por qué son tan estrechas estas tolerancias?"
- "¿Por qué se ha especificado este material?"
- "¿Por qué se ha asignado esta clase de operario para ejecutar el trabajo?"

El analista no debe considerar nada como cosa ya sabida. Debe hacer estas y otras preguntas pertinentes acerca de todas las fases del proceso, y luego proceder a reunir la información necesaria para contestar adecuadamente todas las preguntas, de modo que pueda introducirse una mejor manera de hacer el trabajo.

La interrogante "¿Por qué?" sugiere de inmediato otras como "¿Cuál?", "¿Cómo?", "¿Quién?", "¿Dónde?" y "¿Cuándo?" Por tanto, el analista podría preguntar:



1. "¿Cuál es la finalidad de la operación?"
2. "¿Cómo podría efectuarse mejor la operación?"
3. "¿Quién la podría realizar mejor?"
4. "¿Dónde podría ejecutarse a más bajo costo la operación?"
5. "¿Cuándo debe llevarse a cabo la operación para que el manejo de materiales sea mínimo?"

Por ejemplo, en el diagrama de operaciones de la figura 3-2, el analista podría plantear las preguntas enlistadas en la tabla 3-1 para determinar la factibilidad de las mejoras indicadas de los métodos.

Respondiendo a estas preguntas, el analista advertirá otras cuestiones que pueden conducir al mejoramiento. Unas ideas parecen generar otras, y un analista experimentado encontrará siempre varias posibilidades de mejoramiento. Debe mantener la mente abierta y no dejar que contratiempos anteriores lo desanimen de ensayar las nuevas ideas.

El diagrama de operaciones de proceso ya terminado ayuda a visualizar en todos sus detalles el método presente, pudiendo así vislumbrar nuevos y mejores procedimientos. El diagrama indica al analista qué efecto tendría un cambio en una operación dada sobre las operaciones precedente y subsecuente. La sola elaboración del diagrama de operaciones señalará inevitablemente diversas posibilidades de mejoramiento al analista avizor. No es raro realizar un 30% de reducción en el tiempo de ejecución utilizando los principios de análisis de operaciones en relación con el diagrama de operaciones de proceso.

Este diagrama de proceso indica la afluencia general de todos los componentes que entrarán en un producto y, como cada paso aparece en su orden o secuencia cronológica apropiada, es en sí un diagrama de la distribución ideal en la planta o

TABLA 3-1

Pregunta

Mejoras en el método

1. ¿Se puede comprar la madera de arce blanco en longitudes de 1 ½" x 14" sin ningún costo extra por pie cuadrado?	Eliminar los extremos desperdiciados en los tramos que no sean múltiplos de 14".
2. ¿Se puede conseguir que las tablas de arce compradas tengan sus cantos lisos y paralelos?	Eliminar las juntas de los extremos (operación 2).
3. ¿Se pueden comprar las tablas al espesor requerido y que tengan por lo menos una cara cepillada? En tal caso, ¿cuánto aumentaría el costo?	Eliminar el cepillado al tamaño. Reducir el tiempo de 0.18 (operación 4).
4. ¿Por qué no juntar dos tablas y cortarlas simultáneamente en secciones de 14"?	Si el porcentaje es bajo quizá podría eliminarse esta inspección.
5. ¿Qué porcentaje de rechazos se tendrá en la primera estación de inspección?	Eliminar el lijado de un lado de la cubierta y reducir el tiempo (operación 5).
6. ¿Por qué debe lijarse toda la parte superior de la cubierta?	Eliminar los extremos desperdiciados en los tramos que no sean múltiplos de 12".
7. ¿Se puede comprar la madera de pino amarillo en longitudes fijas de 1 ½" x 3" sin costo extra por pie cuadrado?	Eliminar el junteo de un canto o arista.
8. ¿Se puede conseguir que las tablas de pino compradas tengan sus cantos lisos y paralelos?	Eliminar el cepillado al tamaño.
9. ¿Se pueden comprar las tablas de largueros al espesor requerido y con una de sus caras cepillada? En tal caso, ¿cuánto más costaría esto?	Reducir el tiempo de 0.10 (operación 9).
10. ¿Por qué no juntar dos o más tablas y cortarlas simultáneamente en secciones de 14"?	Si el porcentaje es pequeño, posiblemente pueda eliminarse inspección. Eliminar parte del lijado y reducir el tiempo (operación 10).
11. ¿Qué porcentaje de rechazos se tendrá en la primera inspección de largueros?	Eliminar los extremos desperdiciados en tramos que no sean múltiplos de 16".
12. ¿Por qué habría que lijar completamente éstos?	Reducir el costo del material.
13. ¿Se puede comprar la madera de arce blanco en longitudes fijas de 2 ½ x 2 ½ sin costo extra por pie cuadrado?	Eliminar el junteo de las aristas o cantos.
14. ¿Es posible utilizar un tamaño menor que 2 ½" x 2 ½"?	Eliminar el cepillado al tamaño.
15. ¿Se puede conseguir que las tablas de arce blanco compradas tengan sus cantos lisos y paralelos?	Reducir el tiempo (operación 15).
16. ¿Se pueden comprar las piezas de las patas al espesor requerido y con sus lados cepillados? Si fuera así, ¿cuánto más costaría esto?	Si el porcentaje es bajo, posiblemente se pueda eliminar esta inspección.
17. ¿Por qué no juntar dos o más tablas y cortarlas simultáneamente en secciones de 14"?	Eliminar parte del lijado y reducir el tiempo (operación 16).
18. ¿Qué porcentaje de rechazos se tendrá en la primera inspección de las patas?	Reducir el tiempo de montaje (operación 11).
19. ¿Por qué es necesario lijar por completo éstas?	Reducir el tiempo de inspección (operación 4).
20. ¿Un sujetador facilitaría el montaje de los largueros en la cubierta?	Eliminar la operación 19.
21. ¿Se podría emplear una inspección de muestreo en la primera inspección del conjunto?	
22. ¿Es necesario lijar después de aplicar una capa de barniz claro?	

taller. En consecuencia, los analistas de métodos, los ingenieros de distribución de equipo en la planta y otras personas que trabajen en campos relacionados, hallarán extremadamente útil este medio gráfico para poder efectuar nuevas distribuciones o mejorar las existentes.

El diagrama de operaciones ayuda a promover y explicar un método propuesto determinado. Como proporciona claramente una gran cantidad de información, es un medio de comparación ideal entre dos soluciones competidoras.

### **DIAGRAMA DE CURSO (O FLUJO) DE PROCESO**

Este diagrama contiene, en general, muchos más detalles que el de operaciones. Por lo tanto, no se adapta al caso de considerar en conjunto ensambles complicados. Se aplica sobre todo a un componente de un ensamble o sistema para lograr la mayor economía en la fabricación, o en los procedimientos aplicables a un componente o una sucesión de trabajos en particular. Este diagrama de flujo es especialmente útil para poner de manifiesto costos ocultos como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales. Una vez expuestos estos periodos no productivos, el analista puede proceder a su mejoramiento.

Además de registrar las operaciones y las inspecciones, el diagrama de flujo de proceso muestra todos los traslados y retrasos de almacenamiento con los que tropieza un artículo en su recorrido por la planta. En él se utilizan otros símbolos además de los de operación e inspección empleados en el diagrama de operaciones. Una pequeña flecha indica transporte, que se define como el movimiento de un lugar a otro, o traslado, de un objeto, cuando no forma parte del curso normal de una operación o una inspección. Un símbolo como la letra D mayúscula indica demora o retraso, el cual ocurre cuando no se permite a una pieza ser procesada inmediatamente en la siguiente estación de trabajo. Un triángulo equilátero puesto sobre su vértice indica almacenamiento, o sea, cuando una pieza se retira y protege contra un traslado no autorizado. Cuando es necesario mostrar una actividad combinada, por ejemplo, cuando un operario efectúa una operación y una inspección en una estación de trabajo, se utiliza como símbolo un cuadro de 10 mm (o  $\frac{3}{8}$  plg) por lado con un círculo inscrito de este diámetro. La figura 3-3 ilustra el empleo de los símbolos de los diagramas de proceso para identificar una actividad industrial.


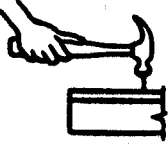




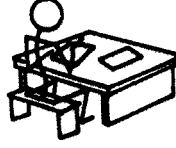








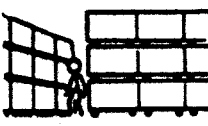









Generalmente se usan dos tipos de diagrama de flujo: de producto (véase la figura 3-4) y operativo (véase la figura 3-5). Mientras el diagrama de producto muestra todos los detalles de los hechos que tienen lugar para un producto o a un material, el diagrama de flujo operativo muestra los detalles de cómo una persona ejecuta una secuencia de operaciones.

#### **Elaboración del diagrama de curso de proceso**

Como el diagrama de operaciones, el de flujo de un proceso debe ser identificado correctamente con un título. Es usual encabezar la información identificadora con el de "Diagrama de curso de proceso". La información mencionada comprende, por lo general, número de la pieza, número del plano, descripción del proceso, método actual o propuesto, fecha y nombre de la persona que elabora el diagrama.

Algunas veces hacen falta datos adicionales para identificar por completo el trabajo que se diagrama. Estos pueden ser los nombres de la planta, edificio o departamento, número de diagrama, cantidad de producción e información sobre costos.

**FIGURA 3-3**  
Ejemplos de símbolos para diagramas de proceso.

<p>OPERACION</p>  <p>Un círculo grande indica una operación como →</p>	 <p>Clavar</p>	 <p>Mezclar</p>	 <p>Taladrar</p>
 <p>Operación de trámite para crear un registro o conjunto de informes →</p>	 <p>Mecanografiar cartas</p>	 <p>Hacer órdenes de reparación</p>	 <p>Iniciar registro de herramientas en mal estado</p>
 <p>Operación de trámite para agregar información a un registro →</p>	 <p>Registrar la cuenta de piezas</p>	 <p>Actualizar los saldos de almacén</p>	 <p>Registrar el programa de control de producción</p>
<p>TRANSPORTE</p>  <p>Una flecha indica un transporte o traslado como →</p>	 <p>Mover material con un carro</p>	 <p>Mover material mediante un transportador</p>	 <p>Mover material trasladándolo sin ayuda alguna (por mozo o mensajero)</p>
<p>ALMACENAMIENTO</p>  <p>Un triángulo indica un almacenamiento como →</p>	 <p>Materia prima almacenada a granel</p>	 <p>Productos terminados apilados sobre tarimas</p>	 <p>Documentos en muebles de archivo especiales</p>
<p>RETRASO O DEMORA</p>  <p>Un símbolo grande en forma de "D" indica una demora o retraso como →</p>	 <p>Espera ante el elevador o ascensor</p>	 <p>Material colocado en un carro o sobre el piso al lado de un banco de trabajo en espera de ser procesado</p>	 <p>Papeles en espera de ser archivados</p>
<p>INSPECCION</p>  <p>Un cuadro indica una inspección como →</p>	 <p>Examen de material según calidad o cantidad</p>	 <p>Observar el manómetro de una caldera</p>	 <p>Leer información impresa para obtener datos</p>



Puesto que el diagrama de flujo de proceso corresponde sólo a una pieza o artículo y no a un ensamble o conjunto, puede elaborarse un diagrama más nítidamente empezando en el centro de la parte superior del papel. Primero se traza una línea horizontal de material, sobre la cual se escribe el número de la pieza y su descrip-

**FIGURA 3-4**  
Diagrama de curso de proceso.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO							
OBJETO DEL DIAGRAMA <u>Cabeza de regadera (cara)</u>				DIAGRAMA NO. <u>1128</u>			
DIBUJO NO. <u>BA-14782</u>		PARTE NO. <u>B-14782-2</u>		DIAGRAMA DEL METODO <u>actual</u>			
EL DIAGRAMA EMPIEZA EN <u>almacén de barras en existencia</u>				ELABORADO POR <u>E. Dunnick</u>			
EL DIAGRAMA TERMINA EN <u>Bodega del departamento de ensamble</u>				FECHA <u>9-7</u> HOJA <u>1</u> DE <u>2</u>			
DIST. EN PIES	UNID. TIEMPO EN MIN	SIMBOLOS	DESCRIPCION DEL PROCESO	DIST EN PIES	UNID. TIEMPO EN MIN	SIMBOLOS	PROCESO DE DESCRIPCION
		▽	En almacén de barras hasta que se haga requisición		60	6	Esperar al operador de la prensa
20	.02	1	Al recibir requisición se cargan las barras en carro	100		5	A la prensa Bliss 74 1/2 por el operario
600	.05	1	Varilla extrusionada a la sierra neumática # 72		.075	6	Hacer 6 agujeros por el operario
15	.02	2	Sacar las barras del carro y almacenarlas en estante cerca de la máquina		120	7	Esperar al operario la taladradora
	120	1	Esperar que empiece la operación	50		6	A la taladradora por el operario
	.077	3	Aserrar con la sierra neumática		.334	7	Escarindo basto y achaflanado en Taladradora L. & G. No. 19
	30	2	Esperar al encargado de llevar el material		30	8	Esperar al operario de la taladradora
70	.03	2	Material a la prensa No. 8 (Nat. Maxi-press)	20		7	A la taladradora Avery No. 21 por el operario
	15	3	Esperar la operación de forja		.152	8	Hacer tres agujeros de 13/64" en taladradora Avery No. 21
	.234	1	Forjado (operación de 3 hombres) o inspección		20	9	Esperar al operario del torno revolver
	10	4	Esperar al operador de la prensa	60		8	A la sección de torno revolver por el operario
30		3	A la prensa por el operador		.522	9	Tornear vástago y cara en torno W. & S. No. 3
	.061	4	A la prensa Bliss 74 1/2 por el operario		60	10	Esperar al operario del torno revolver
	30	5	Esperar al operario del baño en ácido	30		9	Al operador de torno revolver contiguo
100		4	A los tanques de ácido por el operario		.648	10	Formar diámetro externo y refrentado
	.007	5	Baño en ácido (tanque de HCl.)		15	11	Esperar al operador de la prensa





ción, así como el material con el que se procesa. Se traza luego una corta línea vertical de flujo, de unos 5 mm (o  $1/4$  plg) de longitud al primer símbolo de evento, el cual puede ser una flecha que indica un transporte desde la bodega o almacén. Inmediatamente a la derecha del símbolo de transporte se anota una breve descripción del movimiento, tal como "llevado a la sierra recortadora por el manipulador del material". Inmediatamente abajo se anota el tipo de equipo para manejo de material empleado, si se utiliza. Por ejemplo: "carro de mano de dos ruedas" o "carro montacargas con motor de gasolina" identificarán el equipo empleado. A la izquierda del símbolo se indica el tiempo requerido para desarrollar el evento, y a unos 25 mm más a la izquierda, se registra la distancia recorrida (en metros, por ejemplo).

Se continúa este procedimiento de diagramación registrando todas las operaciones, inspecciones, movimientos, demoras, almacenamientos permanentes y almacenamientos temporales que ocurran durante el procesado de la pieza o parte. Se numeran cronológicamente para futuras referencias todos los eventos utilizando una serie particular para cada clase de evento.

El símbolo de transporte se emplea para indicar el sentido de la circulación. Así, cuando hay flujo en línea recta se coloca el símbolo con la flecha apuntando a la derecha del papel. Cuando el proceso se invierte o retrocede, el cambio de sentido o dirección se señala dibujando la flecha de modo que apunte a la izquierda. Si el proceso se efectúa en un edificio de varios pisos, una flecha apuntando hacia arriba indica que el proceso se efectúa siguiendo esa dirección, y una flecha que apunte hacia abajo indicará que el flujo del trabajo es descendente.

No es necesario determinar con exactitud cada movimiento con una regla o cinta de medir para evaluar las distancias recorridas. Por lo general se obtiene un valor bastante correcto contando el número de columnas del edificio por las que ha pasado el material al ser trasladado, y multiplicado este número menos 1, por el claro entre columnas. Los trayectos de 1.50 m o menos, no se registran comúnmente, aunque podría hacerse esto si el analista cree que influirán considerablemente en el costo total del método que se estudia.

Es importante indicar en el diagrama todas las demoras y tiempos de almacenamiento. No basta con indicar que tiene lugar un retraso o un almacenaje. Cuanto mayor sea el tiempo de almacenamiento o retraso de una pieza, tanto mayor será el incremento en el costo acumulado y, por tanto, es de importancia saber qué tiempo corresponde a la demora o al almacenamiento.

El método más económico para determinar la duración de los retrasos y los almacenamientos consiste en marcar varias piezas o partes con gis indicando la hora exacta en que fueron almacenadas o demoradas. Después hay que inspeccionar periódicamente la sección para ver cuándo regresaron a la producción las partes marcadas. El analista obtendrá valores de tiempo suficientemente exactos, si considera un cierto número de casos, registra el tiempo transcurrido y promedia luego los resultados.

### **Utilización del diagrama de curso de proceso**

Este diagrama, como el diagrama de operaciones de proceso, no es un fin en sí, sino sólo un medio para lograr una meta. Se utiliza como instrumento de análisis para eliminar los costos ocultos de un componente. Como el reograma muestra claramente todos los transportes, retrasos y almacenamientos, es conveniente para reducir la cantidad y la duración de estos elementos.

Una vez que el analista ha elaborado el diagrama de curso de proceso, debe empezar a formular las preguntas o cuestiones basadas en las consideraciones de mayor importancia para el análisis de operaciones. En el caso de este diagrama se debe dar especial consideración a:

- 1) Manejo de materiales
- 2) Distribución de equipo en la planta
- 3) Tiempo de retrasos
- 4) Tiempo de almacenamientos

Es probable que el analista ya haya elaborado y analizado un diagrama de operaciones de proceso del ensamble o conjunto del cual es componente la parte que se estudia en el reograma. Este dispositivo se elaboró a partir de los componentes del ensamble particular donde se consideró que sería práctico hacer un estudio adicional de los costos ocultos. Al analizar el reograma el analista no deberá perder mucho tiempo volviendo a estudiar las operaciones o inspecciones efectuadas en el componente, cuando éstas ya hayan sido estudiadas. Debe importarle más el estudio de las distancias que las partes que deben recorrer de operación a operación, así como las demoras que ocurrirán. Desde luego que si el diagrama de curso de proceso fue elaborado inicialmente, entonces deberá emplearse todos los enfoques primarios en relación con el análisis de operaciones para estudiar los eventos que aparecen en él. Al analista le interesa principalmente mejorar lo siguiente: primero, el tiempo de cada operación, inspección, movimiento, retraso y almacenamiento; y segundo, la distancia de recorrido cada vez que se transporta el componente.

Para eliminar o reducir al mínimo los tiempos de retraso y almacenamiento a fin de mejorar las entregas a los clientes, así como para reducir costos, el analista debe considerar estas preguntas de comprobación al estudiar el trabajo:

1. ¿Con qué frecuencia no se entrega la cantidad completa de material a la operación?
2. ¿Qué se puede hacer para programar la llegada de materiales con objeto de que lleguen en cantidades más regulares?
3. ¿Cuál es el tamaño más eficiente de lote o cantidad de piezas en fabricación?
4. ¿Cómo pueden reorganizarse los programas para que se tengan ciclos o periodos de producción más largos?
5. ¿Cuál es la mejor sucesión o secuencia de programación de los pedidos teniendo en cuenta el tipo de operación, las herramientas requeridas, colores, etc.?
6. ¿Cómo se pueden agrupar operaciones de grupo semejantes de manera que puedan efectuarse al mismo tiempo?
7. ¿Cuánto pueden reducirse con una programación mejorada los tiempos muertos y el tiempo extra de trabajo?
8. ¿A qué se deben las operaciones de mantenimiento de emergencia y los pedidos urgentes?
9. ¿Cuánto tiempo de almacenamiento y retraso se puede ahorrar estableciendo horarios más regulares al trabajar ciertos productos en determinados días?
10. ¿Qué programas alternos pueden idearse para utilizar los materiales con mayor eficiencia?
11. ¿Valdría la pena acumular operaciones de recoger, entregar o enviar?
12. ¿Cuál es el departamento apropiado para hacer el trabajo de modo que pueda efectuarse donde hay la misma clase de trabajos y se pueda economizar así un traslado, un retraso o un almacenamiento?

13. ¿Cuánto se ahorraría haciendo el trabajo en otro turno? ¿O en otra planta?
14. ¿Cuál es el momento o lapso más conveniente y económico para realizar pruebas y experimentos?
15. ¿Qué información falta en los pedidos hechos a la fábrica que pudiera ocasionar un retraso o almacenamiento?
16. ¿Cuánto tiempo se pierde en cambiar turnos a horas diferentes en departamentos relacionados?
17. ¿Cuáles son las interrupciones frecuentes del trabajo y cómo deberían eliminarse?
18. ¿Cuánto tiempo pierde un obrero esperando o no recibiendo las instrucciones, copias de dibujos o especificaciones apropiadas?
19. ¿Cuántas veces ocasionan suspensiones del trabajo los pasillos congestionados?
20. ¿Qué mejoras se pueden hacer en la localización de puertas y pasillos, y haciendo pasillos que reduzcan los retrasos?

Las preguntas específicas de comprobación que debe formular el analista para acortar las distancias recorridas y reducir el tiempo de manejo de material, son las siguientes:

1. ¿Se está practicando la tecnología de grupos de productos para reducir el número de preparaciones y permitir mayores corridas o ciclos de producción? ¿La tecnología de grupos de productos es la clasificación de productos diferentes en configuraciones geométricas y tamaños similares a fin de aprovechar la economía en manufactura proporcionada por producción en grandes cantidades?
2. ¿Puede una instalación reubicarse económicamente para reducir las distancias recorridas?
3. ¿Qué puede hacerse para reducir el manejo de materiales?
4. ¿Cuál es el equipo adecuado para manipulación de materiales?
5. ¿Cuánto tiempo se pierde en llevar y traer materiales de la estación de trabajo?
6. ¿Se debería considerar el agrupamiento de productos en vez del agrupamiento de procesos?
7. ¿Qué puede hacerse para aumentar el tamaño de la unidad de material manipulado a fin de reducir el manejo, el desperdicio y los tiempos muertos?
8. ¿Cómo se podría mejorar el servicio de ascensores o elevadores?
9. ¿Qué podría hacerse acerca de los pasadizos y pasajes para vehículos a fin de acelerar el transporte?
10. ¿Cuál es la posición más apropiada en que debe colocarse el material para reducir la cantidad de manipulación requerida por un operario?
11. ¿Cómo podría utilizarse la entrega o traslado por gravedad?

Un estudio del reograma completo de un proceso (fig. 3-4) familiarizará al analista con todos los detalles pertinentes relacionados con los costos directos e indirectos de un proceso de fabricación, de modo que pueda analizarlos con vistas a introducir mejoras. Es difícil mejorar un método a menos que se conozcan todos los hechos relacionados con el mismo. La inspección casual de una operación no proporcionará la información necesaria para llevar a cabo un trabajo concienzudo de mejoramiento de métodos. El hecho de que las distancias se registren en el diagrama de flujo de proceso lo hace de gran valor para poner de manifiesto cómo podría mejorarse la distribución del equipo en la fábrica o planta. El empleo inteligente de este diagrama se traducirá en mejoras valiosas.

### El diagrama de recorrido de actividades

Aunque el diagrama de curso de proceso suministra la mayor parte de la información pertinente relacionada con un proceso de fabricación, no es una representación objetiva en el plano del curso del trabajo. Algunas veces esta información sirve para desarrollar un nuevo método. Por ejemplo, antes de que pueda acortarse un transporte es necesario ver o visualizar dónde habría sitio para agregar una instalación o dispositivo que permita disminuir la distancia. Asimismo, es útil considerar posibles áreas de almacenamiento temporal o permanente, estaciones de inspección y puntos de trabajo. La mejor manera de obtener esta información es tomar un plano de la distribución existente de las áreas a considerar en la planta, y trazar en él las líneas de flujo que indiquen el movimiento del material de una actividad a otra. Una representación objetiva o topográfica de la distribución de zonas y edificios, en la que se indica la localización de todas las actividades registradas en el *diagrama de curso de proceso*, se conoce como diagrama de recorrido de actividades.

Al elaborar este reograma de recorrido el analista debe identificar cada actividad por símbolos y números que correspondan a los que aparecen en el diagrama de flujo de proceso. El sentido del flujo se indica colocando periódicamente pequeñas flechas a lo largo de las líneas de recorrido. Si se desea mostrar el recorrido de más de una pieza se puede utilizar un color diferente para cada una.

La figura 3-6 ilustra un diagrama de recorrido de actividades elaborado junto con un diagrama de curso de proceso con miras a mejorar la fabricación del fusil o rifle Garand (M1) en la Springfield Armory. Esta presentación gráfica, junto con el diagrama de flujo de proceso, dio como resultado poder lograr ahorros que aumentaron a 3 600 por turno, la producción anterior de 500 cañones de fusil con el mismo número de empleados. La figura 3-7 ilustra el diagrama de recorrido de actividades de la distribución revisada.

Es evidente que el diagrama de recorrido es un complemento valioso del diagrama de curso de proceso, pues en él puede trazarse el recorrido inverso y encontrar las áreas de posible congestionamiento de tránsito, y facilita así el poder lograr una mejor distribución en la planta.

### DIAGRAMA PERT

Este diagrama es un medio de pronóstico de planeación y control que revela gráficamente el camino óptimo a seguir para llegar a un objetivo predeterminado, por lo general en términos de tiempo. A menudo el analista de métodos puede utilizar el diagrama PERT para mejorar los programas desde el punto de vista de la reducción de costos y/o la satisfacción del cliente.

Al utilizar el PERT para programación el analista proporcionará generalmente dos o tres estimaciones de tiempo para cada actividad. Si se emplean tres estimaciones de tiempo, éstas se basarán en las siguientes preguntas:

1. ¿En qué tiempo se puede esperar que se termine esta actividad si todo funciona idealmente? (Estimación optimista).
2. En condiciones medias, ¿cuál sería la duración más probable de esta actividad?
3. ¿Cuál sería el tiempo requerido para terminar esta actividad si casi todo funcionara mal? (Estimación pesimista).

FIGURA 3-6

Diagrama de recorrido de actividades correspondiente a la antigua distribución de un grupo de operaciones para la manufactura del fusil Garand en Estados Unidos. (La parte sombreada del plano indica el espacio de piso total necesario para la distribución revisada [fig. 3-7]. Esta representa una economía de 40% en el espacio de piso.)

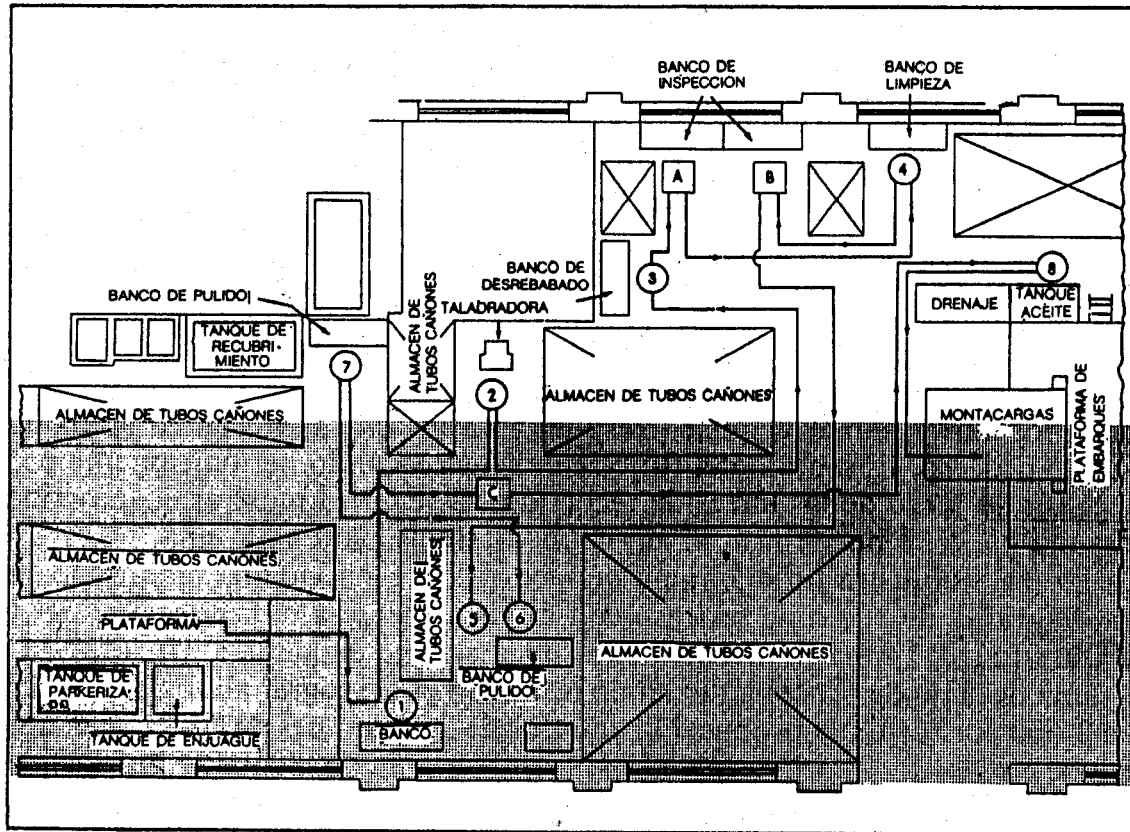
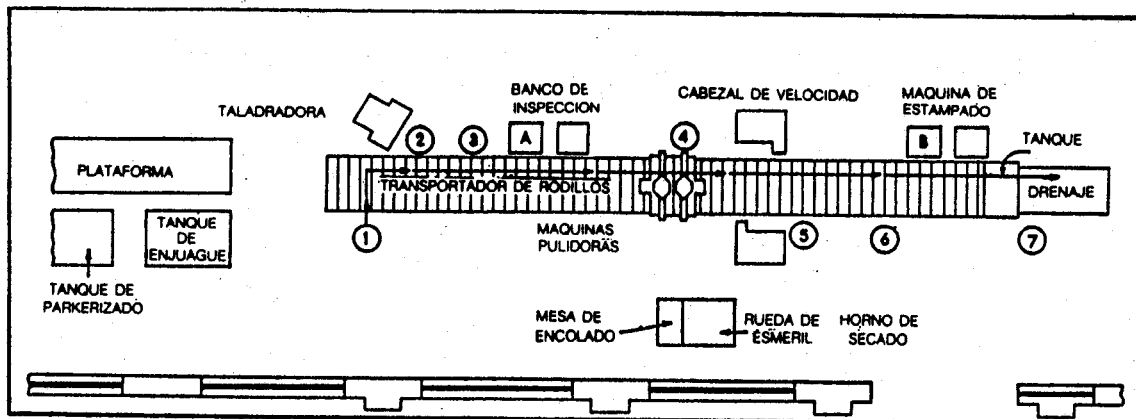


FIGURA 3-7

Diagrama de recorrido de actividades para la distribución revisada de un grupo de operaciones para la fabricación del fusil Garand.



Con estas estimaciones se puede obtener una distribución de probabilidad del tiempo necesario para realizar la actividad. Véase la tabla 3-2.

En el diagrama PERT los eventos, representados por los nodos, son posiciones en tiempo que señalan el principio y/o la terminación de una operación o de un gru-



**TABLA 3-2**

Valores de costo y tiempo para realizar una variedad de actividades en condiciones normales y de emergencia.

Actividades	Normalidad		Emergencia	
	Semanas	Dólares	Semanas	Dólares
A . . . . .	4	4 000	2	6 000
B . . . . .	2	1 200	1	2 500
C . . . . .	3	3 600	2	4 800
D . . . . .	1	1 000	0.5	1 800
E . . . . .	5	6 000	3	8 000
F . . . . .	4	3 200	3	5 000
G . . . . .	3	3 000	2	5 000
H . . . . .	0	0	0	0
I . . . . .	6	7 200	4	8 400
J . . . . .	2	1 600	1	2 000
K . . . . .	5	3 000	3	4 000
L . . . . .	3	3 000	2	4 000
M . . . . .	4	1 600	3	2 000
N . . . . .	1	700	1	700
O . . . . .	4	4 400	2	6 000
P . . . . .	2	1 600	1	2 400

po de operaciones en particular. Cada operación o grupo de operaciones en un departamento se denomina "actividad" y se representa con un arco en el diagrama PERT. En cada arco se anota un número que indica el tiempo (días, semanas, meses) necesario para terminar la actividad. Las actividades en que no hay tiempo ni costo son necesarias, empero, para mantener una secuencia correcta, y se las designa como "falsas actividades" y se marcan como líneas punteadas.

El tiempo mínimo necesario para llevar a cabo el proyecto total correspondería al trayecto más largo desde el nodo inicial hasta el nodo final. En la figura 3-7 el tiempo mínimo necesario para terminar el proyecto sería el trayecto más largo desde el nodo 1 hasta el nodo 12. Este trayecto recibe el nombre de camino crítico y es el que establece el tiempo mínimo del proyecto. Existe siempre por lo menos un camino crítico en cualquier proyecto. Sin embargo, más de uno puede reflejar el tiempo mínimo necesario. Este es el significado subyacente en el concepto de las rutas críticas.

Es claro que las actividades que no se hallan en un camino crítico tienen una cierta flexibilidad de tiempo. Esta flexibilidad, o libertad, de tiempo, se denomina "flotación". La cantidad de flotación se calcula restando el tiempo normal del tiempo disponible. Por tanto, la flotación es la cantidad de tiempo en que puede alargarse una actividad no crítica sin que se retrase la fecha de terminación de la obra o proyecto.

La figura 3-8 ilustra una red elemental que muestra el camino crítico. Este, identificado por una línea gruesa, implicaría una duración de 27 semanas. Se pueden utilizar varios métodos para acortar la duración del proyecto. Es posible estimar el costo de diversas alternativas. Por ejemplo, supóngase que se ha elaborado la siguiente tabla de costos y que existe una relación lineal entre el tiempo y el costo por semana.

El costo de diversas alternativas de tiempo se calcula entonces fácilmente:

Programa de 27 semanas — Duración normal del proyecto .....	costo = \$22 500
Programa de 26 semanas — El modo menos costoso de ganar una semana sería reducir la actividad M o la J en una semana, con un costo adicional de \$400 .....	costo = \$22 900
Programa de 25 semanas — La manera menos costosa para ganar 2 semanas sería reducir las actividades M y J en una semana cada una, con un costo adicional de \$800 .....	costo = \$23 300
Programa de 24 semanas — La forma menos costosa de ganar 3 semanas sería reducir las actividades M, J y K en una semana cada una, con un costo adicional de \$1 300 .....	costo = \$23 800
Programa de 23 semanas — La forma menos costosa de ganar 4 semanas sería reducir las actividades M y J en una semana cada una y la actividad K en dos semanas, con un costo adicional de \$1 800 .....	costo = \$24 300
Programa de 22 semanas — La manera menos costosa de ganar 5 semanas sería reducir las actividades M y J en una semana cada una, la actividad K en dos semanas y la actividad I en una semana, con un costo adicional de \$2 400 .....	costo = \$24 900
Programa de 21 semanas — La forma menos costosa de ganar 6 semanas sería reducir las actividades M y J en una semana cada una y las actividades K e I en dos semanas cada una, con un costo adicional de \$3 000 .....	costo = \$25 500
Programa de 20 semanas — La forma menos costosa de ganar 7 semanas sería reducir las actividades M, J y P en una semana cada una y las actividades K e I en dos semanas cada una, con un costo adicional de \$3 800 .....	costo = \$26 300
Programa de 19 semanas — El modo menos costoso de ganar 8 semanas sería reducir las actividades M, J, P y C en una semana cada una y las actividades K e I en dos semanas cada una, con un costo adicional de \$5 000 .....	costo = \$27 500
(Obsérvese que un segundo camino crítico se forma ahora através de los nodos 1, 3, 5 y 7).	
Programa de 18 semanas — La forma menos costosa de ganar 9 semanas sería reducir las actividades M, J, P, C, E y F en una semana cada una y las actividades K e I en dos semanas cada una, con un costo adicional de \$7 800 .....	costo = \$30 300
(Nótese que acortando el tiempo a 18 semanas se origina una segunda ruta crítica)	

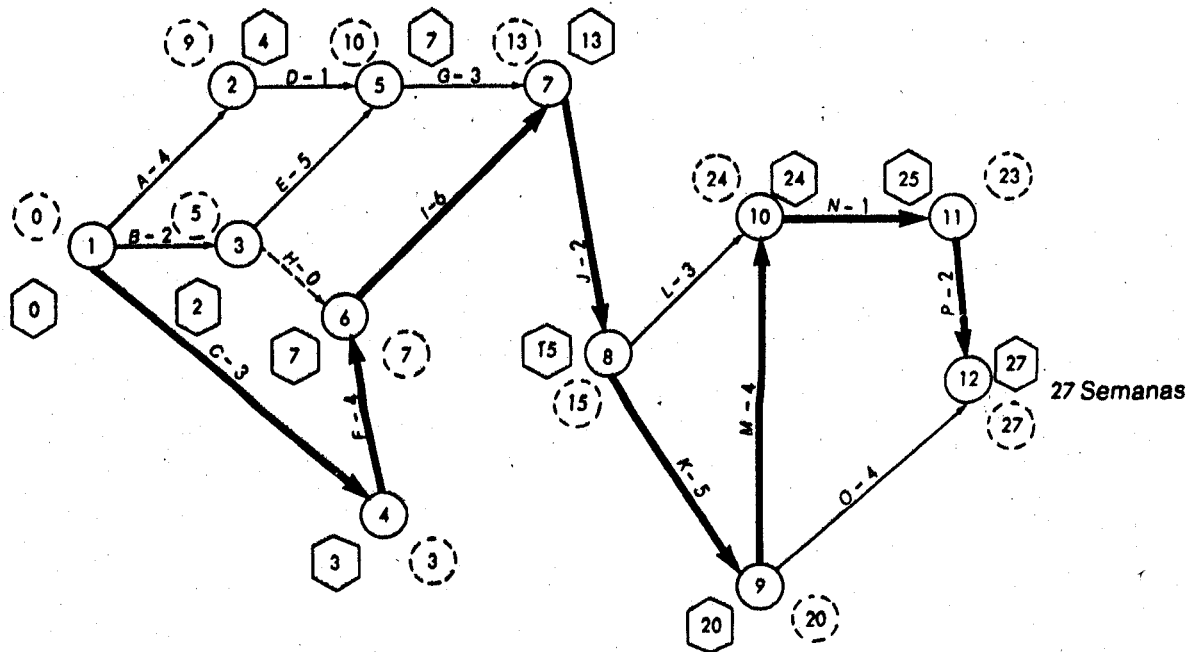
## RESUMEN

El analista de métodos debe familiarizarse bien con los diagramas de operaciones y de curso de proceso y de recorrido de actividades a fin de que esté capacitado para aprovechar estos valiosos instrumentos en la resolución de problemas. Así como existen diversos tipos de herramientas para efectuar un trabajo determinado, hay también diversos diseños de diagramas que ayudarán a resolver un problema dado de ingeniería. Sin embargo, para determinar una solución específica, un cierto diagrama puede tener ventajas sobre otro. El analista debe saber las funciones o utilidad específicas de cada diagrama de proceso, y emplear solamente aquellos que necesite para resolver su problema concreto. Las funciones de los diversos diagramas son como sigue:

1. **DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO.** Se utiliza para analizar las relaciones existentes entre operaciones. Es conveniente para estudiar operaciones e inspeccionar sobre ensambles en que intervienen varios componentes. Es útil en el trabajo de distribución de equipo en la planta.

FIGURA 3-8

Diagrama PERT. Red que muestra el camino crítico (línea gruesa).



El tiempo del evento más temprano se calcula por un procedimiento lógico comenzando con el primer evento y trabajando hacia adelante.



El tiempo del evento más tardío se calcula por un procedimiento lógico principiando con el último evento y trabajando hacia atrás.

Los números de clave dentro de los nodos representan eventos. Las líneas de unión direccionales (flechas) simbolizan operaciones que dependen de operaciones previas. Los números en las flechas indican duración normal en semanas. Los símbolos hexagonales adjuntos a los de eventos indican el tiempo de evento más temprano. Los círculos punteados adjuntos a los de eventos indican el tiempo de evento más tardío.

2. **DIAGRAMA DE CURSO DE PROCESO.** Se utiliza para analizar costos ocultos o indirectos como los de retrasos, los de almacenamiento y los de manejo de materiales. Es el mejor diagrama para un análisis completo de la fabricación de una pieza o componente.

3. **DIAGRAMA DE RECORRIDO DE ACTIVIDADES.** Se utiliza como complemento del diagrama de flujo de proceso, especialmente cuando en el proceso interviene un espacio considerable sobre el piso. Puede indicar el recorrido inverso y el congestionamiento del tránsito. Es un instrumento necesario para llevar a cabo revisiones de la distribución del equipo en la planta.

Tanto los diagramas de operaciones y de flujo o curso de proceso, como el diagrama de recorrido de actividades, tienen importancia en el desarrollo de mejoras. Su utilización correcta ayudará a formular el problema, a resolverlo, a hacer que se acepte su solución y a implantar ésta.

4. **DIAGRAMA PERT.** Se utiliza como instrumento para programar un proyec-

to. Es de especial utilidad en el caso de proyectos de gran envergadura que implican periodos o tiempos relativamente largos (seis meses o más).

Los diagramas de operaciones y de curso de proceso, el diagrama de recorrido de actividades y el diagrama PERT tienen utilidad destacada en el desarrollo de mejoras. Su uso correcto puede ayudar a exponer el problema, a su resolución y su propuesta e implantación de la solución. Estos diagramas son auxiliares descriptivos e informativos valiosos para entender un proceso y sus actividades relacionados. Son muy eficaces para presentar ante la dirección o administración los métodos mejorados, para adiestrar trabajadores en el método prescrito y para plantear detalles pertinentes junto con el trabajo de disposición en la planta.

### PREGUNTAS ACERCA DEL TEXTO

1. ¿Quién utiliza los diagramas de proceso?
2. ¿A quién se le considera como originador de los diagramas de proceso?
3. ¿Qué función tiene el diagrama de operaciones de proceso?
4. ¿Qué símbolos se emplean para elaborar un diagrama de operaciones de proceso?
5. ¿Cómo se indica la introducción de materiales al curso general de un proceso cuando se elabora un diagrama de operaciones?
6. ¿En qué se diferencia un diagrama de curso (o flujo) de proceso de uno de operaciones de proceso?
7. ¿Cuál es la finalidad principal de un diagrama de curso de proceso?
8. ¿Qué símbolos se emplean en la elaboración de uno de estos diagramas?
9. ¿En qué casos se consideraría apropiado utilizar un diagrama de recorrido de actividades?
10. ¿Cómo se puede indicar el curso o afluencia de diferentes productos en el diagrama de recorrido de actividades?
11. ¿Por qué son los diagramas de operaciones y de flujo de proceso sólo medios para un fin?
12. En la elaboración del diagrama de flujo de proceso, ¿qué método se puede utilizar para estimar las distancias recorridas?
13. ¿Cómo se pueden determinar los tiempos de retraso o demoras en la elaboración de un diagrama de curso de proceso? ¿Y los tiempos de almacenamiento?
14. ¿Cómo puede ahorrar dinero a una empresa la utilización del diagrama PERT?
15. ¿Cuáles son los dos símbolos de diagrama de flujo que se usan exclusivamente en el estudio de operaciones de trámite (o papeleo)?

### PREGUNTAS GENERALES

1. ¿Cuáles son las limitaciones de los diagramas de operaciones y de curso de proceso, y de recorrido de actividades?
2. ¿Qué relación existe entre un diagrama de flujo de proceso y el manejo de materiales?  
¿Entre el diagrama de recorrido de actividades y los "cuellos de botella" de la fabricación?  
¿Entre el diagrama de operaciones de proceso y las especificaciones de material?
3. ¿Qué conexión existe entre una efectiva distribución de equipo en la planta y el diagrama de operaciones de proceso?
4. Señale las diferencias entre agrupación de procesos y agrupación de productos.
5. ¿Qué se entiende por tecnología de grupos?
6. ¿Por qué es el diagrama de curso de proceso un medio muy útil para capacitar nuevos trabajadores o empleados?

**PROBLEMA**

1. Con base en la siguiente tabla de costos "de emergencia", ¿cuál sería el tiempo mínimo para terminar el proyecto descrito por la figura 3-8, cuyos costos normales se muestran en la tabla 3-2? ¿Cuál sería el costo agregado para terminar dicho proyecto dentro de tal periodo?

<i>Programa de emergencia</i>		
	<i>Semanas</i>	<i>Dólares</i>
A	2	\$7 000
B	1	\$2 500
C	2	\$5 000
D	0.5	\$2 000
E	4	\$6 000
F	3	\$5 000
G	2	\$6 000
H	0	0
I	4	\$7 600
J	1	\$2 200
K	4	\$4 500
L	2	\$2 200
M	3	\$3 000
N	1	\$1 000
O	2	\$6 000
P	1	\$3 000

**OBRAS DE CONSULTA**

- Buffa, Elwood S. *Operations Management*. 6a. ed. Nueva York: John Wiley & Sons, 1980.
- Francis, Richard L. y White, John A. *Facility Layout and Location: An Analytical Approach*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1974.
- Kadota, Takeja. "Charting Techniques", *Handbook of Industrial Engineering*, ed. Gabriel Salvendy. Nueva York: John Wiley & Sons, 1982.
- Konz, Stephan, *Work Desing*. Columbus, Ohio: Grid, 1983.