

# Unidad 2

---

- Planeación Táctica I. Técnicas de planeación

*“ ... Las técnicas de planeación a través de redes y calendarios tiene un considerable atractivo, y son ampliamente usadas en muy diferentes tipos de proyectos. Las técnicas pueden usarse en cualquier tipo de proyecto, y ser establecidas para desarrollar en detalle, en concordancia con los requerimientos de un proyecto en particular...”*

Es sin duda indispensable hoy día, valerse de métodos y medios a través de los cuales sea posible establecer objetivamente aquello que se ha planeado, con el propósito de tener una guía sobre la cual encaminar los pasos a seguir, controlar el ritmo de desarrollo establecido y retroalimentar el encauce de cada etapa hacia lo presupuestado.

Es verdaderamente difícil separar la planeación y el control, ya que para establecer y poner en práctica un plan es necesario pensar en la forma que se ha de medir su progreso y cuáles deben ser las acciones correctivas que deben instituirse. Además, el uso de técnicas como el PERT hacen más difícil hacer la separación de planeación y control.

Las técnicas de planeación a través de redes y calendarios tienen un considerable atractivo, y son ampliamente usadas en muy diferentes tipos de proyectos. Las técnicas pueden usarse en cualquier proyecto, y ser establecidas para desarrollarse en detalle, en concordancia con los requerimientos de un proyecto en particular.

Para grandes proyectos, integrados por cientos de tareas separadas que deben ser planeadas detalladamente, la utilización de un computador es un requisito indispensable para manejar los cálculos requeridos en el proceso de análisis. Para pequeños proyectos, el análisis puede hacerse en forma manual.

## **Técnicas de planeación**

Las técnicas que de una manera directa o indirecta nos proporciona la administración científica, y que en el caso específico de la planeación y programación puede aplicarse para formular planes, para presentarlos, explicarlos, discutirlos, etc., suelen ser las más abundantes y diversificadas dentro de las etapas de la propia administración.

A continuación se estudian las técnicas más comunes.

### **Manuales de objetivos y políticas**

Un manual es una guía autorizada dentro de la estructura de un organismo social; contiene un grupo de objetivos a alcanzar a corto y a largo plazo, clasificados por departamentos, con expresión de las políticas correspondientes a esos objetivos y a veces de algunas reglas muy generales que ayudan a aplicar adecuadamente las políticas.

### **Gráficas de proceso y de flujo**

La representación gráfica de la situación actual o de las labores a desarrollar por cualquier organismo social puede estar contenida en un diagrama de flujo, que servirá de auxiliar en la construcción de planes a corto y a largo plazo. Este tipo de diagramas puede ser considerado desde el punto de vista mecánico, que corresponde a lo que se va a hacer, y desde un punto de vista dinámico, cómo se está haciendo. El primero de ellos está referido a los pasos que se piensa se podrían dar en determinado proceso, sin ninguna otra base que la experiencia. El segundo dará el punto de partida para la evaluación de un proceso establecido, donde permita hacer comparaciones, detecte flujos inadecuados, exceso de recorrido, etc; en fin, una serie de herramientas útiles,

económicas y bastante sencillas de manejar.

Las gráficas de flujo son las más importantes y las que se emplean con mayor amplitud en el curso de los sistemas. Brevemente definida, la gráfica de flujo es la representación simbólica o pictórica de un procedimiento administrativo; debido a su extenso uso, esta gráfica ha tomado variaciones con objeto de adaptarse a problemas especiales. Aparece en diversas formas y bajo diferentes títulos como resultado de variaciones del método básico. Por esta razón se utilizan variantes para ajustarse a distintas situaciones y producir diversos resultados.

Se presentan enseguida seis clases básicas de gráficas de flujo como representativas de esta variedad y como ayuda en la selección y uso de los tipos y condiciones que mejor satisfagan las necesidades de una asignación en particular. (Algunas denominaciones diferentes se ponen entre paréntesis).

1. Gráfica de flujo de operaciones (gráficas de flujo del proceso), incluyendo los numerosos tipos de gráfica conocidas como gráficas de proceso ó gráficas de flujo del proceso.
2. Gráficas esquemáticas de flujo ó diagramas (gráficas pictóricas de flujo).
3. Gráfica de flujo de formas.
4. Gráficas de flujo en relación con la ubicación del equipó (gráficas de la ruta de las formas), incluyendo las gráficas de la accesabilidad de los registros.
5. Gráficas de flujo y/o de bloque; es decir, de la secuencia de los procedimientos de la computadora (diagrama lógico ó de bloque).
6. Gráficas de distribución de formas, incluyendo el diagrama del cursó de las formas.

### *Gráficas de flujo de operaciones*

La gráfica de flujo de la operación ó del procedimiento, es el nombre que se da a las gráficas que no son gráficas de proceso y que utilizan símbolos para representar los pasos de un procedimiento administrativo. Estas gráficas pueden tener una gran variedad de formas. Con algunas excepciones, las gráficas de flujo por lo común no se dibujan sobre formas impresas.

Al estudiar el tema de gráficas, conviene que el lector no se desoriente pensando que las complejas gráficas de flujo pueden hacerse con toda precisión de buenas a primeras. La mayoría de estas gráficas deben prepararse al principio en forma de borrador, sin emplear plantillas. De ordinario estos borradores son un laberinto de líneas que se entrecruzan y anotaciones un tanto sucias.

A menudo, así como están son útiles para el propósito que se persigue; pero si se quiere elaborar una gráfica para una presentación especial, habrá que recurrir a procedimientos de trazado a disposición, tediosos hasta para el experto en gráficas. Como resultado del amplio uso no coordinado de las gráficas de flujo, se emplean numerosos convencionalismos en su utilización.

### *Símbolos convencionales*

Los símbolos en las gráficas tienen a los Therbligs como origen de su linaje, ó sean los símbolos diseñados por el doctor Frank Gilbreth (la palabra Therbligs es un

anagrama del apellido del autor) para analizar las operaciones. Los símbolos de las gráficas actualmente en uso varían desde simples perfiles de figuras geométricas hasta complicados dibujos simbólicos que diferencian a los numerosos tipos de operación en las empresas. Se han hecho esfuerzos para estandarizar los signos convencionales de las gráficas, especialmente por la American Society of Mechanical Engineers, pero sólo se ha conseguido una aceptación limitada.

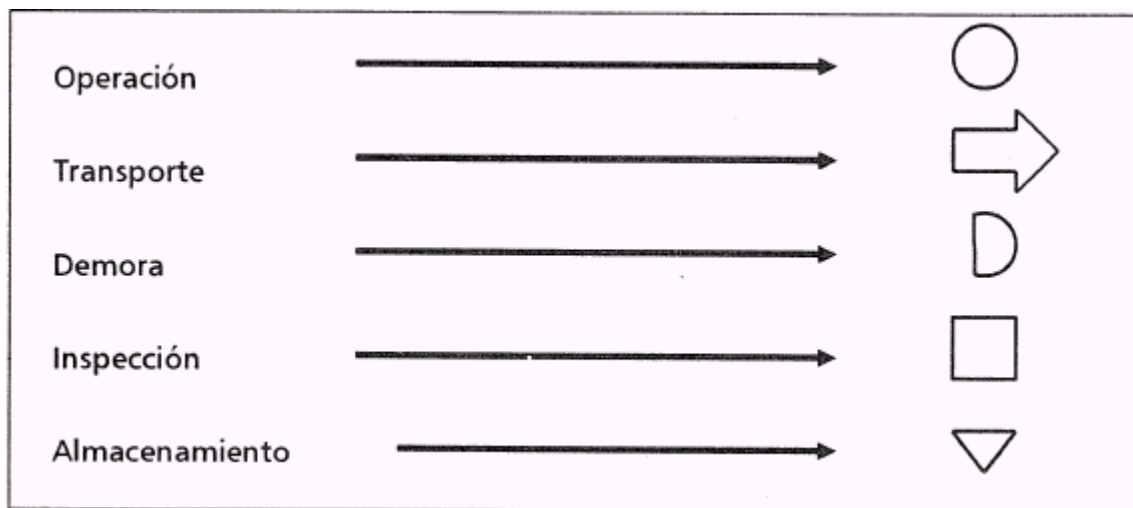
La selección de los símbolos convencionales depende el procedimiento que va a ponerse en las gráficas y del empleo que vaya a darse a las mismas. Claro está que siempre habrá un medio óptimo para poner en gráfica cualquier operación, pero no ha surgido ningún símbolo convencional que satisfaga mejor todas las necesidades.

La norma ASME es una de las más usadas y consta simplemente de un círculo para una operación, un cuadro para una inspección, un perfil de la letra D para significar demora, el de una flecha para una transmisión, y el de un triángulo para almacenaje. Gráfica 3-1.

Con grados variantes de éxito, numerosos fabricantes de equipos y formas han procurado que sus símbolos convencionales sean de uso general.

Los diagramas de flujo nos sirven para conocer un trámite, un procedimiento o un proceso, representando sus operaciones desde su inicio hasta su término.

Cuando se siguen los pasos de una persona, se le conoce como secuencia de trabajo. Cuando se sigue a un material o documento, se le denomina proceso y expresa todas las alteraciones que sufre, de acuerdo con los siguientes símbolos:



Gráfica 3-1 Símbolos usados para el diagrama de flujo

### *Arreglos convencionales*

El problema de las gráficas horizontales o verticales, así como su representación en una hoja o en varias, son otras áreas que dependen de los requerimientos individuales del trabajo. Cuando se hace la gráfica de procedimientos en más de una hoja, es obligatorio cifrar las hojas y relacionar el movimiento de los documentos en las bajas intermedias. Frecuentemente el sistema de referencias de un código nemotécnico

facilitará su empleo cuando las letras del código sugieran los nombres de los departamentos o unidades de trabajo.

En los casos en que los procedimientos van a anotarse en gráficas que tengan varias hojas de papel, el analista encontrará conveniente dibujar las gráficas horizontalmente colocándolas en orden progresivo en una ó en varias paredes de una oficina. En otras ocasiones será más fácil su uso, si las gráficas se dibujan verticalmente, por ejemplo, siguiendo el formato de arriba hacia abajo de las páginas de un manual de procedimientos.

Las diferentes zonas de las gráficas podrán delimitarse y clasificarse de manera que representen diferentes unidades de organización con objeto de acentuar el flujo de trabajo entre los departamentos ó los grupos. Se dibujarán formas simbólicas sólo una vez, al principio de una línea de flujo para indicar la creación ó el recibo inicial de un documento, y podrán volver a dibujarse en el lugar en que la forma se detiene para procesarla.

Podrán emplearse líneas de diferentes grosores y coloridos para distintos tipos de flujo, ó bien podrá lograrse este propósito por líneas de tipos diferentes, ya sean continuas, quebradas, de puntos, etc. Las gráficas de flujo podrán dibujarse en formas impresas ó en papel blanco rayado, de acuerdo con lo que se necesite.

### *Textos convencionales*

La cuestión de los textos por lo que se refiere a la forma de encabezados de operación, notas explicativas y demás, también se presta al tratamiento diverso. Cuando se requiere una cantidad de redacción escrita para describir las operaciones, tal vez sea más práctico numerar ó nominar los símbolos de la operación en serie, colocando la descripción en una página aparte ó en una columna a un lado de la gráfica para evitar confusiones y para simplificar la presentación. Una ventaja adicional de este modelo es que las operaciones que se repiten con frecuencia, aparecen solo una vez en el texto, repitiendo el número de referencia dónde tenga efecto la operación. A la inversa, los encabezados de textos breves quedan mejor en el cuerpo mismo de la gráfica.

### *Diagrama esquemático de flujo*

La gráfica esquemática de flujo es de una naturaleza similar a la gráfica de flujo, pero presenta en forma considerablemente más sencilla los puntos más importantes de un procedimiento. Aun cuando este tipo de gráficas se usa poco en el análisis de sistemas, se emplea mucho en su presentación. La presentación de un concepto nuevo de sistemas a un grupo de personas que no están familiarizadas con él en absoluto, debe manejarse con cuidado. Es necesario evitar que el auditorio llegue a preocuparse indebidamente por los detalles, a fin de que concentre su atención en los principios más importantes de la proposición. Permitir que se discutan detalles tales como el dibujo de las formas ó puntos menores de la operación en este momento, podrá ocasionar que el auditorio se confunda y pierda de vista los componentes importantes del sistema. El diagrama esquemático de flujo sirve con eficacia a este propósito; solamente dice lo que se debe aprender en la primera lección (gráfica 3-2).

Con frecuencia el uso de figuras, en vez de símbolos, ayuda a acentuar y describir ideas importantes y facilitar la comprensión de conceptos centrales. Los originales de las gráficas pueden construirse empleando fotostáticas de la mitad del tamaño de las formas de las fotografías, como las que pueden obtenerse de los folletos de venta de los fabricantes de equipos. Los encabezados y las letras de los títulos pueden tomarse fotográficamente de las copias de diversos impresos antes de añadirlas a las gráfica (gráfica 3-3).

El empleo de líneas de colores o cintas a menudo es valioso en las gráficas de esta clase.

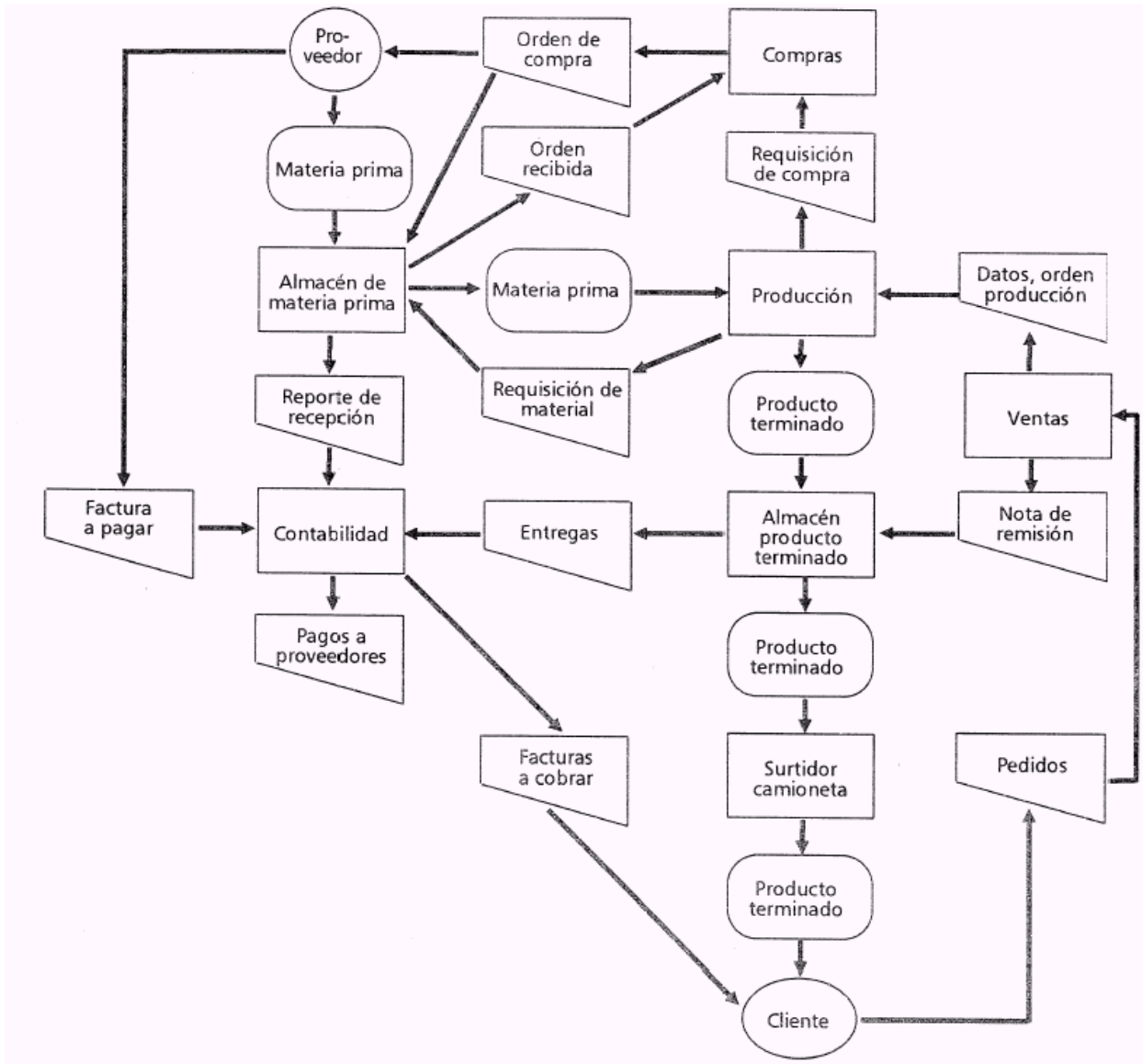
### *Gráficas de flujo de formas*

Este tipo de gráficas, estrictamente hablando, pertenece al capítulo de las gráficas de formas, pero se menciona aquí por su estrecha relación con el tipo de gráficas de flujo. La gráfica de flujo de formas consiste en originales o fotostáticas en donde se anotan asientos característicos. El objeto de la gráfica es representar, por medio de grabados, el flujo de información de una forma a las otras. La gráfica no se refiere a operaciones extrañas o a documentos no afectados.

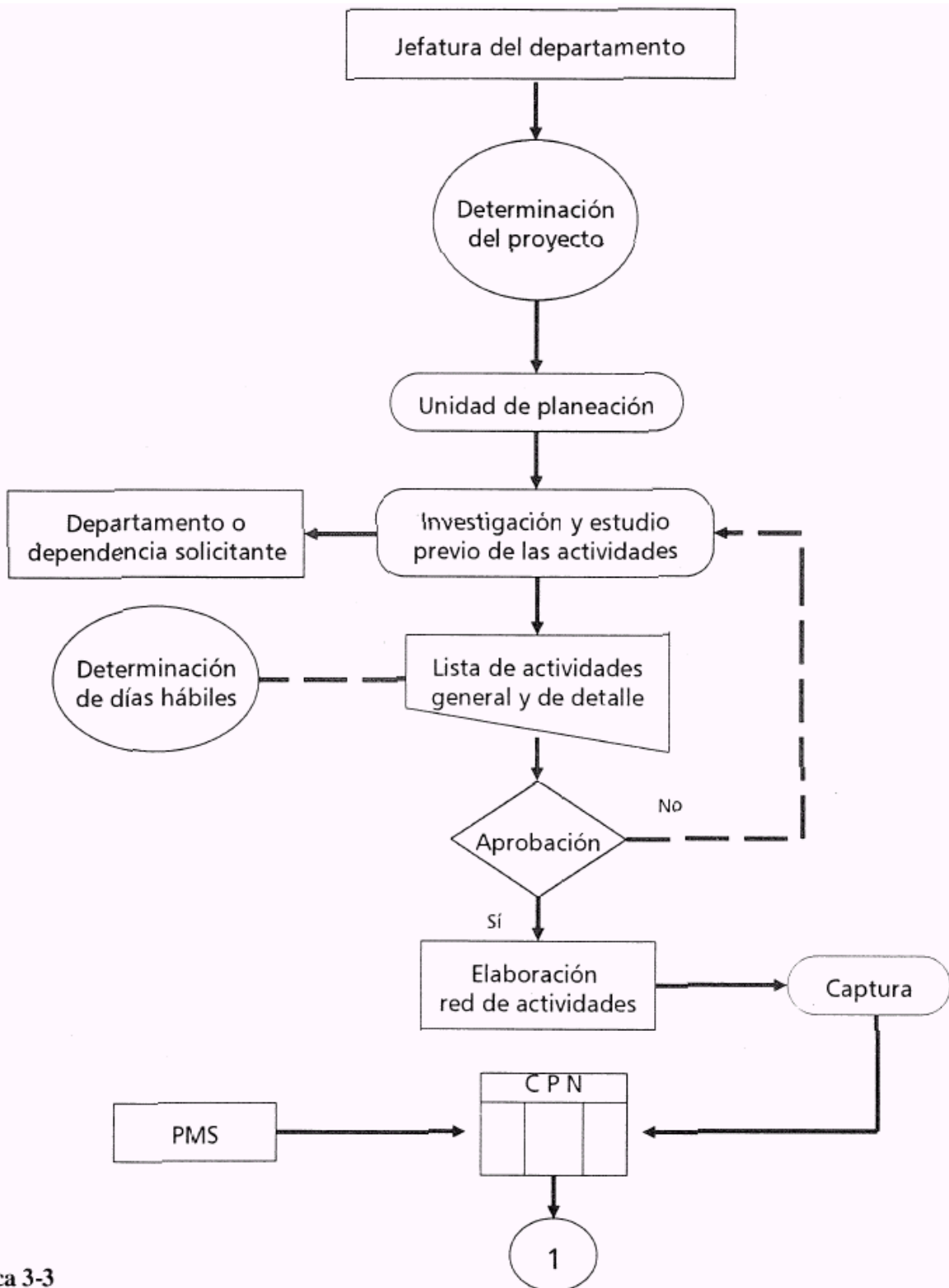
La información que se inserta en las formas que se emplean en la gráfica se refiere a la procedencia del documento anotado en la gráfica, y las líneas de conexión se usan para indicar que los informes se han tornado de un lugar y se han pasado a otro. Este tipo de gráficas es útil para analizar y mostrar gráficamente que el paso de los asientos de una forma a otra se ha duplicado. Se usa como base para combinar las formas conexas o para eliminar formas innecesarias.

### *Gráficas de flujo en relación con la ubicación del equipo*

La gráfica de flujo en relación con la ubicación del equipo, como su nombre lo indica, es una combinación de las gráficas de flujo y de ubicación del equipo de oficina. Primero se traza un diagrama de la localización física que se estudia y se superponen líneas casi siempre a colores, que representen el curso de los papeles de trabajo. Esta gráfica es un recurso muy útil para analizar el recorrido físico de un papel de trabajo en un procedimiento dado y como punto prominente en los recorridos difíciles o la búsqueda innecesaria de papeles. La gráfica de flujo en relación con la ubicación del equipo con frecuencia se usa para mejorar la distribución de oficina. La gráfica de accesibilidad a los registros es un caso especial de la gráfica anterior, y se usa para determinar el mejor lugar para los documentos archivados. En lugar que indiquen el movimiento de los papeles de trabajo, las líneas de la gráfica indican los caminos que recorre el personal con referencia a los documentos archivados. Se trazan líneas entre los escritorios y los archivos, que pueden marcarse con el número de pasos involucrados y el número de veces que se hace el recorrido cada día. Puede formarse después una hoja analítica para llegar a la valoración matemática del presente comparándolo con el archivo y la localización de los escritorios que se propone.

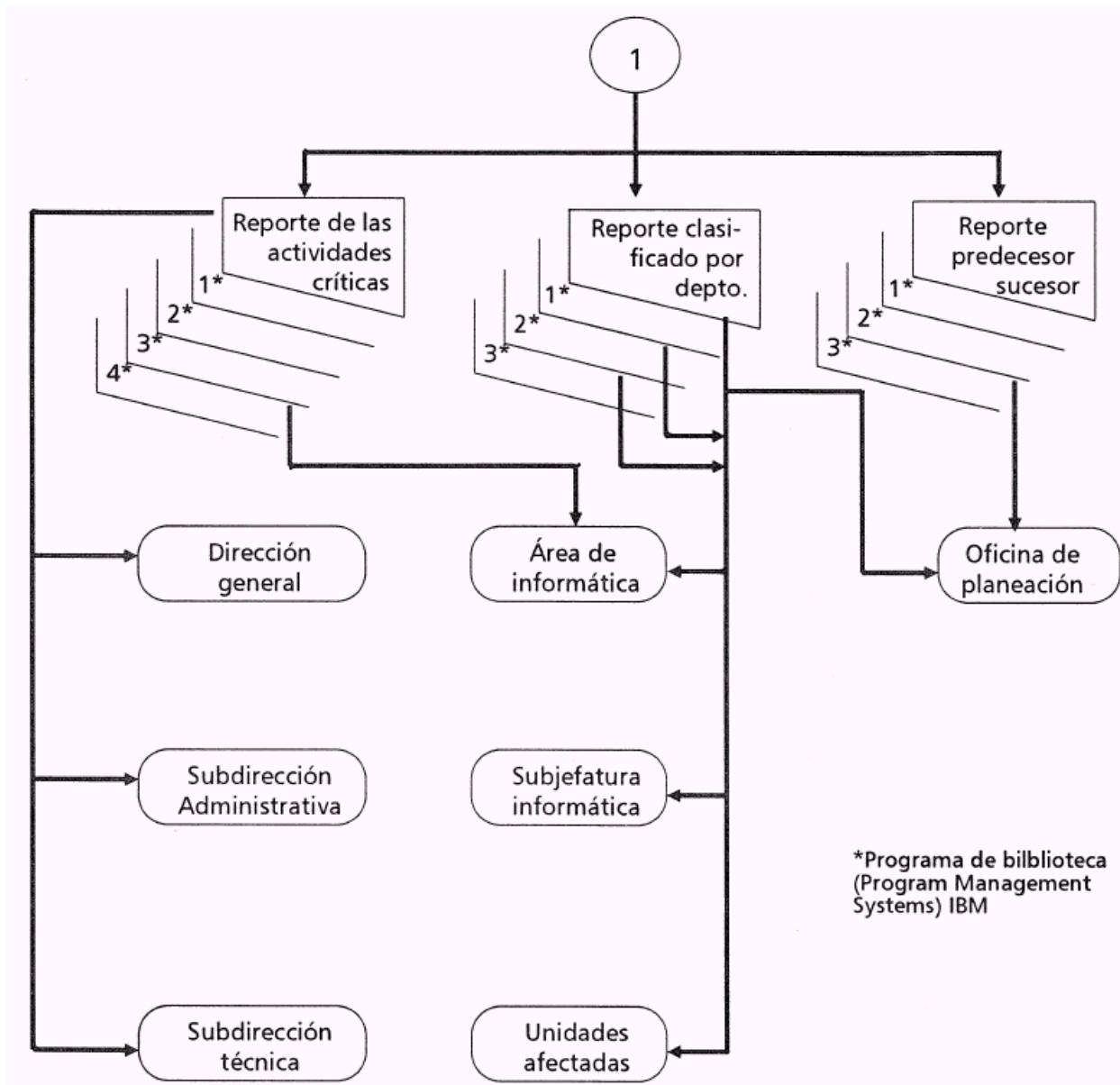


Gráfica 3-2 Diagrama de flujo de información de materiales



Gráfica 3-3





Gráfica 3-3 Continuación Diagrama general del sistema de planeación (para obtener los reportes de planeación y programación de aplicaciones).

### Diagramas lógicos o de bloque

El diagrama lógico o diagrama de bloque es igual a la gráfica de flujo en tipo y objetivo, pero tiene una característica que lo distingue: mientras que la gráfica de flujo representa los procedimientos ejecutados por el personal que trabaja con máquinas o sin ellas, el diagrama lógico representa los procedimientos que tienen lugar dentro del computador electrónico. El diagrama lógico tiene una aplicación más limitada que la

gráfica de flujo, debido a que es una ayuda eficaz en el programa para un computador.

El diagrama lógico consta de la entrada o rutina de arranque, el caso en marcha o procedimiento central y la salida o paro de la rutina. Debido a que el arranque o el paro de la rutina de un computador son procedimientos excepcionales, y el gran volumen del trabajo se lleva a cabo en el caso en marcha o sea el cuerpo del procedimiento, el diagrama lógico principia generalmente en el centro y las rutinas de entrada y salida se añaden una vez que se ha establecido el procedimiento central. Esta forma de hacer las gráficas permite al analista representar vívidamente los pasos que deben ser tomados por el computador para el manejo de un problema en particular. Gráficas 3-4 y 3-5. (La gráfica 3-6 es un diagrama convencional administrativo.)

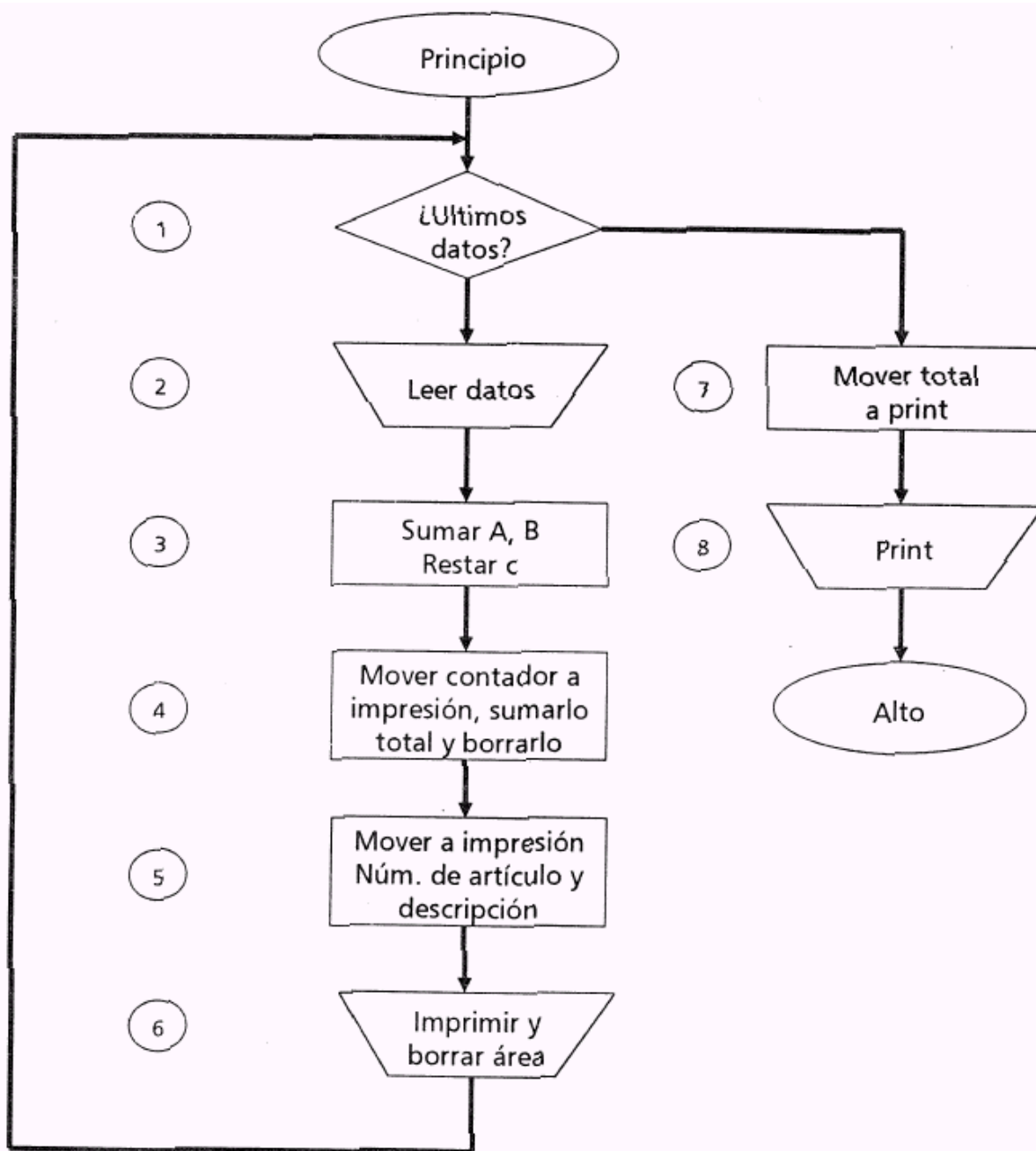
### *Gráficas de distribución de formas*

La gráfica de distribución de formas es otra de las gráficas que tienen un propósito especial y utilizan el procedimiento básico de la gráfica de flujo, pero sólo en lo referente a las formas y con muy poca o ninguna descripción de las operaciones. Como también hay numerosas variaciones de las gráficas de distribución de formas, todas ellas retratan la distribución de múltiples copias de formas a un número de individuos diferentes o a unidades de la organización. Las formas pueden representarse:

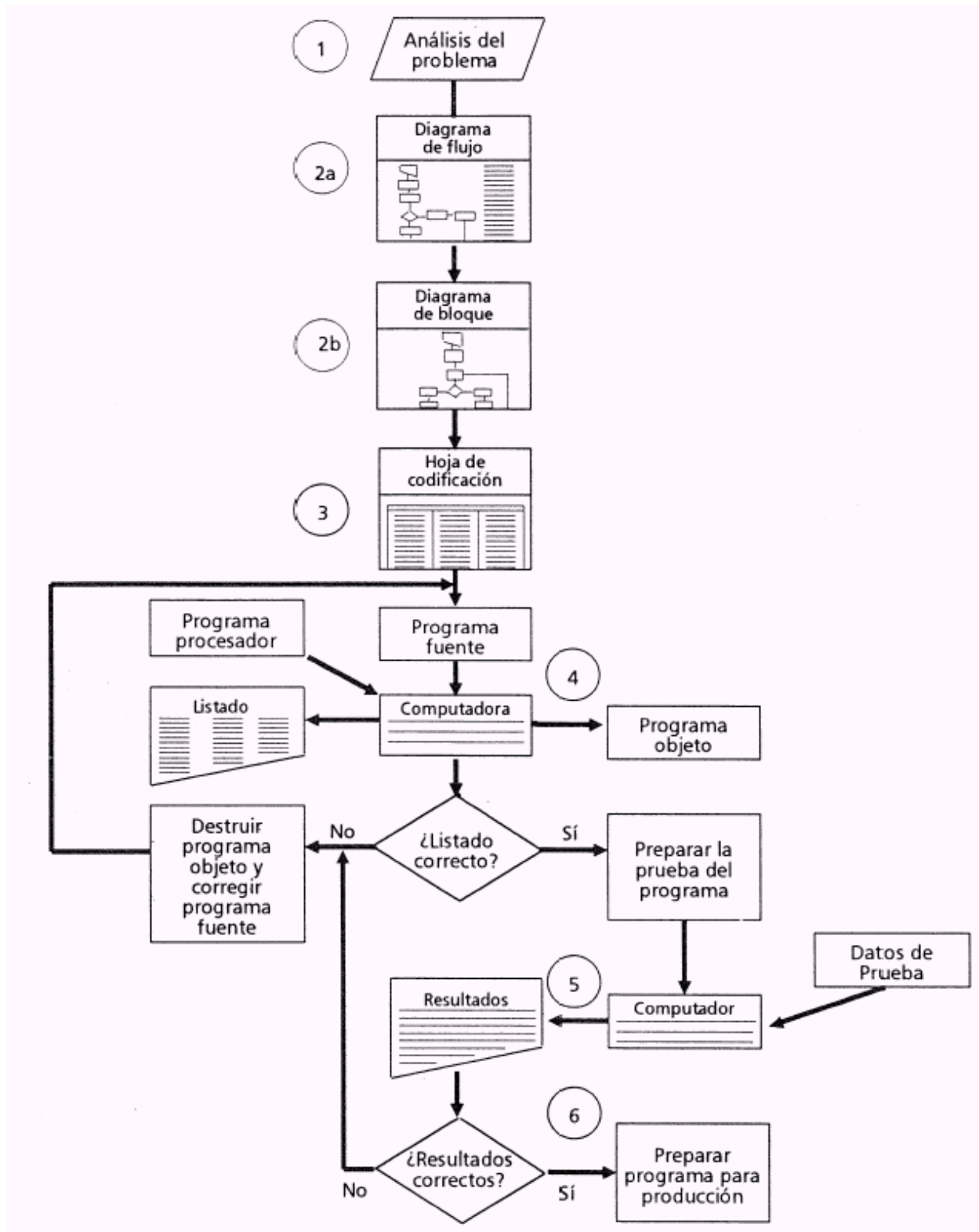
- a) por símbolos
- b) por fotografías reducidas de la forma misma
- c) sencillamente por palabras descriptivas

Se representa o se explica la forma en el lado izquierdo de la gráfica y por lo común, en progresión horizontal cruzando las diferentes columnas asignadas a las unidades de la organización o a los individuos.

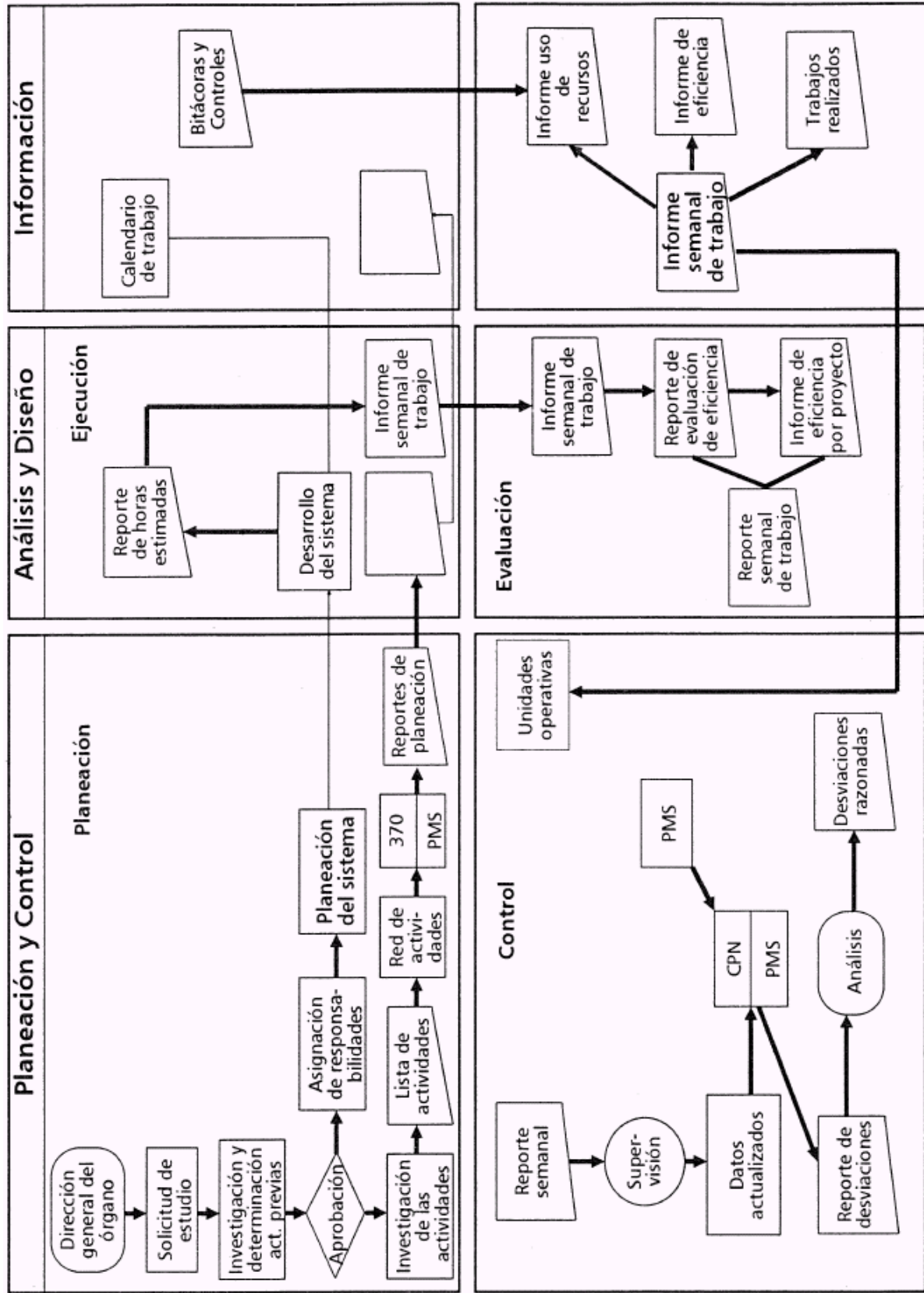
La gráfica sirve para el útil, aun cuando limitado, propósito de presentar la simple historia de la distribución de formas a fin de que el analista pueda eliminar copias o archivos innecesarios, distribuciones no autorizadas, etc. En sus variedades pictóricas, la gráfica es útil para la instrucción, demostración y el análisis, tanto antes como después de las presentaciones, además de contar con la ventaja adicional de prepararse rápida y fácilmente. El uso de estas gráficas a menudo va ligado a las gráficas de flujo, especialmente en aquellos casos en que la distribución de las copias pudiera causar confusión en las mencionadas gráficas o cuando se desea obtener un detalle particular en este campo.



Gráfica 3-4 Diagrama de bloque para elaborar un reporte de existencias de almacén



**Gráfica 3 –5** Diagrama de bloque para desarrollar un programa por computadora.



Gráfica 3-6 Sistema de planeación y control para un órgano administrativo

Se emplea una variación de la gráfica de flujo en relación con la ubicación del equipó, en lugar de ó como un suplemento de la gráfica de distribución de formas en el que las líneas que representan la distribución de las copias de las formas están sobrepuestas en un diagrama de equipó de oficina. A este tipo de gráfica se le ha denominado diagrama de cursó de las formas.

## Gráficas de Gantt

Antes de la aparición de las técnicas de redes de actividades, las actividades que comprendían un plan ó proyecto fueron representadas por diagramas de barras ó gráficas de Gantt, que muestran la ocurrencia de actividades en paralelo ó en serie en un determinado periodo.

La mayoría de los estudiosos de la administración están familiarizados con el nombre de Henry L. Gantt (1861-1919).

En sus escritos, Gantt resaltó la importancia de los principios administrativos en el desarrollo, conservación y explotación de las empresas industriales; dió gran importancia a la dignidad del trabajador como hombre y no como máquina, y sugirió el reparto de utilidades a los trabajadores de las empresas. Sin embargó, su aportación más conocida es la gráfica de Gantt ó diagrama de barras, que se usa para una diversidad de propósitos, cuando es necesario representar la ejecución ó la producción total relacionándolos con el tiempo.

Para la elaboración de una gráfica de Gantt deben seguirse los siguientes pasos:

- a) Se elabora una lista de las actividades que intervienen en el proyecto, las cuales se relacionan y ordenan de acuerdo con su ejecución
- b) Se establece en forma horizontal una escala de tiempos representada en años, meses, semanas, días, horas, etc., según sean la necesidades.
- c) Se estima la duración de cada actividad.
- d) Se representa la duración estimada de cada actividad con una barra horizontal, cuya longitud obedecerá a la duración establecida de acuerdo con la escala horizontal.
- e) El control se realiza por la simple comparación de las barras a una fecha determinada.

La gráfica de Gantt muestra una magnitud de tiempo y una de trabajó que debe ejecutarse en ese tiempo. Las líneas trazadas horizontalmente a través de ese espació muestran la relación entre el volumen realmente ejecutado de trabajó en ese tiempo y el volumen programado.

El ejemplo de la gráfica puede aclarar el método; supóngase que se proyecta un calendario-semana por cubrir los temas del curso. Figura 3-1.

Aun cuando estas gráficas permiten un control muy eficiente en aspectos tales como producción de una fábrica o taller, tiene desventajas como:

- Dificultad para obtener estimaciones de tiempo real, cuando no se tiene experiencia en un proyecto.
- Imposibilidad para determinar el efecto de un retraso o un adelanto de una actividad en el resto de las actividades de un proyecto.
- El hecho vital de que estos diagramas no ponen de manifiesto la interdependencia de varias actividades.
- La longitud de las barras hace difícil definir exactamente el trabajo que debe efectuarse en un instante preciso.

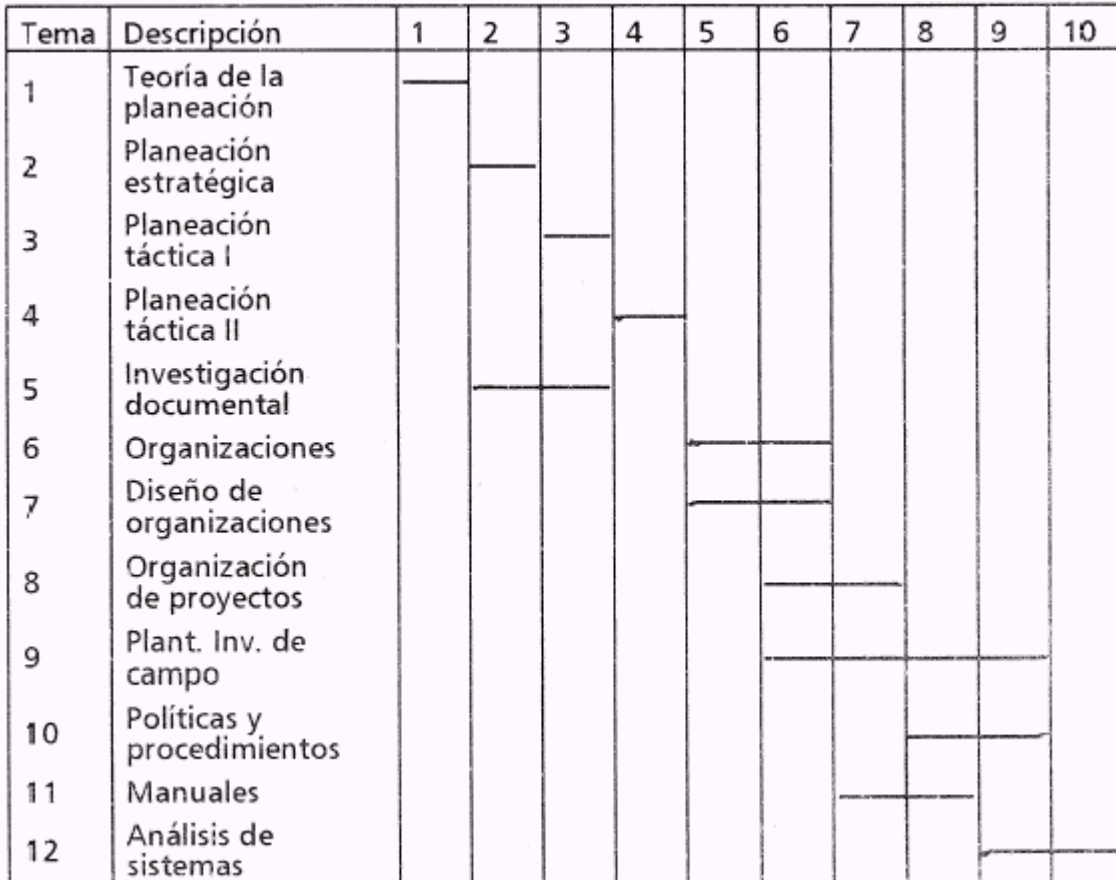


Figura 3-1 Gráfica de Gantt que muestra el calendario programa del curso y sus relaciones con el tipo y desempeño.

### Programas de muy diversas formas

Aquellos planes en los que no sólo se fijan los objetivos y las secuencias de operaciones, sino además el tiempo y los recursos necesarios para su realización.

Los sistemas que tienen como base común el trazo de una red de actividades y que han sido colocados bajo el nombre genérico de METRA

(Métodos de Evaluación de Trayectorias en Redes de Actividades.) Se puede decir que METRA abarca las construcciones de redes de actividades y que las técnicas más comunes son: PERT, CPM y RAMPS, las cuales suelen conocerse también como técnicas de trayectoria crítica porque buscan planear y programar, en forma gráfica y cuantitativa, una serie de actividades simultáneas que tienen el mismo fin y el mismo origen, haciendo incapié en la duración, costo, etc., de aquellas operaciones que resulten las más largas y costosas.

## Otras técnicas

Como ya se dijo, las técnicas para elaborar planes pueden ser tan diversas como los mismos planes, por lo que de manera enunciativa y no limitativa se detallan a continuación otras técnicas, que se pueden enmarcar dentro del campo de la investigación de operaciones y cuyo objetivo es determinar las soluciones óptimas de los problemas mediante métodos matemáticos y estadísticos.

*Programación lineal.* Es una técnica que consiste en analizar aquellos problemas en los que se ha de encontrar el máximo beneficio o mínimo costo de los recursos. El objetivo lineal deriva de la condición de que las relaciones implicadas sean de primer grado.

Los problemas que se resuelven a través de esta técnica son:

- Problemas de transporte.
- Problemas de mezclas.
- Problemas de asignación.

*Modelos de inventarios.* Mediante esta técnica se fija un nivel mínimo en el cual las existencias quedan reducidas a la cantidad prevista como adecuada para mantener el nivel de inventarios.

Los problemas que se resuelven a través de esta técnica son:

- Cómo reducir los inventarios y ayudar a la función financiera.
- Evitar la escasez de existencias.
- Integrar el inventario óptimo.
- Determinar las bases necesarias para controlar las existencias.

*Líneas de espera.* A través de esta técnica se solucionan problemas en los que se deben proporcionar medios suficientes para atender las necesidades de personas o de cosas que llegan hasta el punto en el cual reciben atención y posteriormente se van. Aquí se está frente a un fenómeno de espera, o lo que en la investigación de operaciones se llama "teoría de las colas". Los problemas que se resuelven mediante esta técnica son:



- Circulación de productos.
- Paros de máquinas.
- Esperas de clientes en ventanillas a cajas recibidoras.
- Esperas de camiones en plataforma de carga.

*Modelos de remplazo.* La aplicación de esta técnica se refiere a decisiones que se deben tomar sobre desgaste, remplazo y mantenimiento de maquinaria y equipo. Una mala decisión en este aspecto puede ocasionar paros o interrupciones en la producción, que se traducen en pérdidas para la empresa.

Los problemas que se resuelven con esta técnica son:

- Sustituir una máquina completa.
- Cambiar sólo ciertas partes que sufren desgaste por el uso.
- Fijar políticas de mantenimiento de equipo en general.

*Teoría de los juegos.* Ayuda a analizar situaciones de competencia mediante el estudio de los efectos de las diferentes acciones que una empresa lleve a cabo, frente a lo que podría hacer su competidor.

El objetivo de esta técnica es minimizar el riesgo o reducir las oportunidades de pérdida.

Tiene aplicaciones comerciales en la investigación de mercados.

En la siguiente página, como referencia se presenta un esquema general de las técnicas para la planeación y su aplicación:

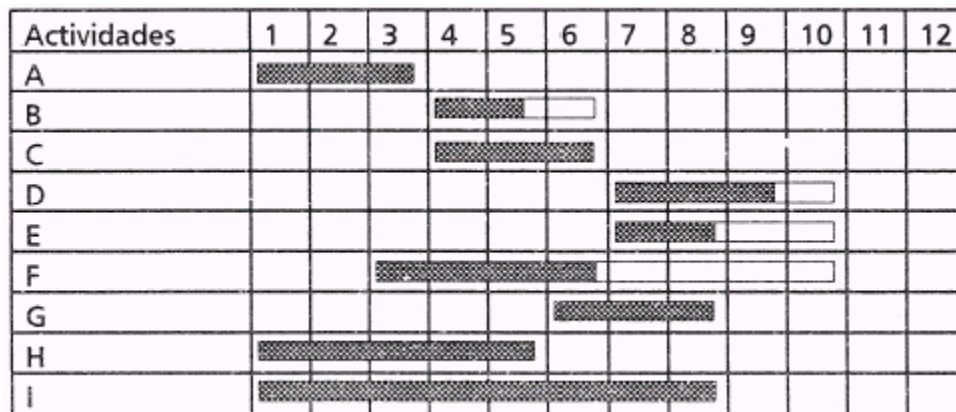
## Resumen de las técnicas para la planeación y su aplicación

Nombre de la técnica	Uso	Empresa
Pronósticos	Ventas, producción, utilidades, fijación de precios, inversiones de capital, etcétera.	Cualquier empresa que realice las funciones principales (Ventas-producción, finanzas, personal).
Presupuestos	Planeación de recursos financieros. Ventas, producción, gastos, etcétera.	Cualquier empresa.
Manuales de objetivos y políticas	Como planeación de un desarrollo organizacional y de diversificación y ampliación de cualquier empresa.	Cualquier empresa.
Diagramas de proceso y flujo	Actividades de oficina y de taller.	Cualquier empresa que realice actividades de producción y de oficina.
Gráficas de Gantt	Planes de diversa índole en los que debe delimitarse la duración de las actividades.	Aquellas empresas que se dedican a la elaboración de productos programados.
PERT, CPM y	Proyectos de cualquier índole (carreteras, construcciones e instalaciones).	Empresas constructoras y las que realicen proyectos en las que el factor tiempo sea determinante.
RAMPS	Lanzamiento de un nuevo producto al mercado, instalación de un centro de proceso de datos, planeación de seminarios y convenciones, etc.	
Programación lineal	Problema de transporte (reducir el costo de transporte cuando se tiene un número determinado de orígenes y destinos).	Empresas que tiene sucursales y las de transporte.
	Problema de la mezcla (se refiere a las cantidades de materia prima que se deben mezclar para obtener un producto).	Empresas industriales, alimenticias, farmacéuticas, etcétera.
Modelos de inventarios	Problema de asignación (se refiere a dar destino a distintos recursos. El objetivo es que el costo o tiempo de trabajo sean mínimos o máximos al producto o utilidades. Por ejemplo, efectuar tareas diferentes con equipos diferentes).	Empresas que tienen maquinaria muy diversa.
	Reducción de inventarios (evitar la escasez de existencias, integrar el inventario óptimo, determinar las bases necesarias para controlar las existencias).	Cualquier tipo de empresa que mantenga grandes volúmenes de inventarios.
Líneas de espera	Circulación de productos, paros de maquinaria, espera de clientes en ventanillas o cajas, espera de camiones en plataforma, etcétera.	Gasolineras, autoservicio, bancos, embotelladoras, panificadoras.
Modelo de remplazo	Sustituir máquinas, cambiar partes de maquinaria por desgaste y mantenimiento en general	Empresas industriales y de transformación.
Teoría de los juegos	Investigación de mercados, estrategias para atacar la competencia.	Empresas comerciales y de servicios.

## Gráficas de etapas predeterminadas

Antes de precisar los conceptos de evaluación de trayectorias en redes de actividades, es necesario establecer un marco de referencia con relación a las técnicas originales de formulación de gráficas de Gantt en la planeación y control de programas, como un intento para modificarla, añadiendo nuevos elementos y aumentando la capacidad del procedimiento técnico para satisfacer las necesidades contemporáneas. Hay una tentativa que ha tenido éxito relativo y que establece un eslabón importante en la evolución de la gráfica de Gantt, antes de convertirse en el enfoque de redes: CPM y PERT. Esta innovación es el sistema de etapas predeterminadas, usada ampliamente en la industria militar y en la industrial antes del advenimiento del PERT. Las etapas predeterminadas son los elementos clave o los puntos (momentos críticos) en el tiempo, que es posible identificar al adelantar el programa. El sistema ofrece una lista de las diversas tareas por realizar en el programa. La lista de tareas y de etapas predeterminadas se exhibe en gráficas adjuntas a una escala de tiempo o de fecha. Los símbolos, en la escala de tiempo, determinan las fechas en que está programada cada etapa, la fecha o tiempo en que termina, su retraso, y así sucesivamente.

Para captar la forma en que el enfoque de etapas predeterminadas tiende un puente entre las gráficas de Gantt y CPM/PERT, supóngase que existen tres operaciones que deben efectuarse en orden de secuencia y en paralelo; la gráfica 3-7 revela claramente cómo debe adelantarse el trabajo de cada secuencia de operaciones.



Gráfica 3-7 Gráfica de etapas predeterminadas que muestra 9 operaciones para realizarse en 12 semanas

Para el observador, la forma en que se adelantó realmente el trabajo puede representarse por una barra sólida dentro de las verticales del símbolo de la actividad. La longitud de la barra representa el volumen del trabajo terminado.

La gráfica 3-7 muestra 9 operaciones relacionadas entre sí. Si la gráfica fue correctamente trazada y se revisa el término de la octava semana, la información debe de estar de inmediato disponible:

La actividad A debe estar terminada, y efectivamente lo está; la actividad B debe estar terminada, pero en realidad sólo ha terminado un 50 %; la actividad C debe estar terminada, y efectivamente lo está. La actividad D debe estar terminada en un 50 %, y efectivamente lo está, al igual que la actividad E y G. La actividad F debe de estar terminada en un 70 %, pero sólo se ha hecho el 50 %. Las actividades H e I deben estar concluidas, y de hecho están totalmente terminadas.

### Limitaciones del sistema Gantt de etapas predeterminadas

1. La falta de determinación de las relaciones existentes entre las etapas predeterminadas.
2. No se ponen de manifiesto las relaciones mutuas importantes, ya que se hace la lista en secuencia cronológica y no se relacionan en el orden sucesivo lógico.
3. No puede hacerse uso completo de una computadora, aunque el empleo de equipo EDP ofrezca una capacidad muy notable en el aspecto de clasificación y enlistado.

Como ejemplo de la limitación considérese el siguiente proyecto a realizar:

1. El proyecto termina cuando finalicen las actividades C, H e I.
2. La actividad H no puede empezar sino hasta que termine la D.
3. La actividad I no puede empezar hasta que terminen E, F y G.
4. La actividad G no puede empezar sino hasta que esté terminada la D, la cual a su vez no puede empezar sino hasta que concluya la actividad B.
5. La actividad E tiene que seguir a la B y la F a otra actividad más, la A.
6. Todo el proyecto se inicia al empezar las operaciones A, B y C. La duración de las diversas operaciones se muestran en la tabla siguiente:

Actividad	Duración (semanas)	
A	10	
B	15	
C	25	Con los tiempos prepare una gráfica de etapas predeterminadas y una red de flechas para las operaciones mostradas en la gráfica 3-7. (Solución problemas 5-1 y 5-2)
D	20	
E	15	
F	10	
G	5	
H	10	
I	16	

# Métodos modernos de evaluación de trayectorias en redes de actividades

Al instituirse las bases de la moderna administración científica, Federico W. Taylor establece métodos para controlar el trabajo y costo de la mano de obra directa. Henry Fayol prevé las bases de sistematizar las funciones administrativas, refiriéndose en concreto a la elaboración de programas de acción.

El desarrollo de los métodos modernos de la administración científica fue paralelo al avance de la tecnología, apareciendo nuevas técnicas para el control de producción a través de las gráficas de Gantt.

Las gráficas de Gantt hicieron posible un control más fácil del tiempo en un proyecto grande, y esta técnica es la que más parecido tiene con las redes de actividades.

A medida que las empresas aumentan sus volúmenes de producción, aumenta la complejidad de sus problemas; es decir, no sólo se cuenta con alternativas en grado creciente, sino que el manejo de todos los recursos resulta muy difícil, para lo cual se hace indispensable el manejo de nuevas técnicas de planeación.

La citada complejidad de los problemas modernos dio nacimiento a un nuevo método para el control de proyectos, proporcionando grandes mejoras en la técnica de la administración.

El nuevo método, denominado METRA, obligó en la vida moderna a emplear técnicas administrativas para la planeación y control de proyectos. Existen una serie de ventajas que obligan a utilizar estas técnicas:

1. Cada vez es mayor la necesidad de prever hechos futuros para poder tomar medidas preventivas adecuadas con anticipación a los hechos, y no después de haber ocurrido los acontecimientos.
2. Necesidad de mejorar la eficacia de trabajo mediante métodos de control rápidos e integrales.
3. Necesidad de métodos que permitan reducir en tiempo y en costo el desarrollo de proyectos y trabajos.
4. Necesidad de métodos que ayuden al ejecutivo a tomar decisiones más precisas para guiarlos en la determinación del curso que deben seguir las áreas bajo su responsabilidad.

Tres de estas técnicas prototipo en los métodos METRA son PERT, CPM y RAMPS, que a su vez tienen como base común el trazo de una red de actividades; es por esto que han sido colocadas bajo el nombre genérico de METRA las siguientes etapas:

1. Redes de actividades
2. PERT
3. CPM
4. RAMPS

La red de actividades, que es en esencia un diagrama de flujo de trabajo, representa gráficamente las relaciones de dependencia entre las actividades que componen un proyecto y proporciona las bases para la aplicación de las etapas restantes METRA

PERT es el conjunto de: Técnicas de Revisión y Evaluación de Proyectos

CPM es: Modificación de PERT con Costos

RAMPS es la: Sistematización de Proyectos Múltiples Asignación de Recursos

## Sistema de redes

Los planeadores de sistemas han encontrado que la mayor parte de su trabajo, tanto en los aspectos de la planeación como de la realización, es parte de un proyecto. Los proyectos se han tomado en algo de tanta importancia para el comercio, la industria y el gobierno, que se ha dedicado gran cantidad de tiempo y esfuerzo para idear herramientas apropiadas a ese objeto, ya que la administración o manejo de los proyectos requiere distintos instrumentos y técnicas que los de la administración de empresa ordinaria.

PERT (Program Evaluation and Review Technique = técnica de evaluación y revisión de programas) y CPM (Crítica] Path Method - método de camino crítico) figuran entre las herramientas administrativas que han surgido en estos últimos años. Son técnicas que poco a poco se han difundido en lo que popularmente se suele denominar "sistema de redes". Cuando se aplican de una manera adecuada, estos sistemas garantizan una acuciosa planeación, programación y control de proyectos complicados, pues proporcionan:

1. Una base disciplinada para planear el proyecto.
2. Un cuadro claro y fácil de entender del alcance del proyecto.
3. Un método para evaluar planes y objetivos alternativos.
4. Un programa realista para todas las operaciones.
5. Una comunicación eficaz entre las distintas personas que intervienen.
6. Una indicación de actividades o tareas que son críticas desde el punto de vista del itinerario.
7. Encauzamiento de la atención directiva a las áreas críticas.
8. Evaluación precisa del tiempo y costo contra el programa.
9. Una estructura para una mejor programación de la fuerza de trabajo, recursos económicos, equipo, abastecimientos y otros recursos.

El sistema de redes puede aplicarse a la mayoría de las labores de administración para conseguir costos más bajos y reducir las necesidades de tiempo y mano de obra. Su empleo es particularmente indicado en la planeación y administración de proyectos complicados en los que se tiene que atender a múltiples actividades e interrelaciones. Ayuda a la dirección obligando a que la planeación sea completa y

lógica y muestra todos los elementos vinculados al problema.

No constituye una panacea, pero cuando se usa como debe ser, aporta datos valiosos y oportunos a quienes van a dirigir el proyecto.

## Antecedentes e historia

El enfoque de red es un adelanto de gran importancia en la continua mejoría de las herramientas a la disposición de los administradores. Por largo tiempo se emplearon las gráficas de barras como método estándar de programación, exhibición y revisión de los progresos realizados. Pero no cabe duda que resulta difícil medir un progreso en el curso de un proyecto, mediante una barra que represente un prolongado periodo. Asimismo, las dependencias que gobiernan la planeación y programación de proyectos se pueden analizar o exhibir por medio de una gráfica de barras.

Dicha técnica se mejoró insertando puntos de referencia a fin de tener un control más detallado y específico. Se les empleó para hacer resaltar sucesos de importancia en la gráfica de barras. Aun cuando la adición de dicho procedimiento constituyó un perfeccionamiento, las relaciones entre las citadas señales seguían siendo descuidadas. Por tanto, el siguiente paso lógico tuvo que ser el trazo de las relaciones de secuencia entre los "puntos de referencia" o sucesos, dentro de un proyecto. Esta red claramente describió las interdependencias e interpelaciones de las diversas tareas.

La base del sistema de redes se originó en dos desarrollos paralelos, uno constituido por el proyecto de renovación de la fábrica química de la compañía Dupont, y el otro por el proyecto de proyectiles balísticos de la marina de Estados Unidos.

En la década de los cincuenta Dupont estaba interesado en hallar un medio para programar los proyectos importantes de renovación y mantenimiento, a fin de que sólo se perdiera un mínimo de producción. Trabajando en combinación con un equipo de la división Univac de Remington Rand Company, Dupont perfeccionó una técnica para la planeación y programación de proyectos, basada en el análisis de redes, la cual se denominó "método de camino crítico", abreviado con las siglas del nombre en inglés, CPM. Esta técnica se empleó por el personal de dicha firma con gran éxito. Mediante ella vieron que podía ahorrarse una importante suma de dinero, al reducirse el tiempo improductivo.

Casi al mismo tiempo, el Departamento de Marina se vio ante el problema de supervisar el importantísimo y completo plan de proyectiles balísticos, conocido como Polaris. El problema se complicó debido a que la mayoría del trabajo a realizar era nuevo y a que había varios niveles de subcontratistas trabajando dentro de muchas divisiones importantes del proyecto. La marina buscaba un medio de calcular o predecir el efecto en una parte del proyecto, de lo que se hacía en otras partes del mismo. El objetivo consistía en aislar los puntos problemáticos con la suficiente anticipación para emprender una acción adecuada y sacar el mejor partido posible al tiempo y recursos disponibles.

La Oficina de Proyectos Navales Especiales, la Lockheed Aircraft Company y Booz, Allen & Hamilton, elaboraron en enero de 1958 una técnica que denominaron Project Evaluation and Review Technique: PERT (técnica para la evaluación y revisión de proyectos). Tratábase de un procedimiento para formular un programa para cada

proyecto, al mismo tiempo que una probabilidad estadística de cumplir con dicho programa.

El proyecto PERT tenía como meta desarrollar, probar y poner en operación una metodología que proporcionara a la dirección del Programa Polaris, una evaluación integrada y cuantitativa de:

- a) El progreso, la fecha y las proyecciones del plan de dotar a la flota estadounidense de un proyectil dirigido, disparado desde un submarino.
- b) La validez de los planes y los tiempos programados para lograr los objetivos.
- c) Los efectos de los cambios que pudieran proponerse a planes ya establecidos.

El método PERT fue aplicado satisfactoriamente en el desarrollo del proyecto Polaris, cuyo objetivo era la construcción de submarinos atómicos. Los problemas técnicos y de ingeniería asociados con este nuevo proyecto fueron bastante grandes; sin embargo, cabe hacer la consideración que los responsables del proyecto pudieron darse cuenta que los problemas más significativos no eran técnicos, sino más bien problemas de dirección, específicamente de planeación, coordinación y control de todos los recursos que intervenían en dicho proyecto.

Para dar una idea de la magnitud del proyecto, se puede decir que era indispensable el desarrollo de un método que permitiera a la dirección del proyecto tratar de controlar a 250 contratistas principales y no menos de 9 000 subcontratistas. Aparentemente no representaban dificultades en su control, pero cuando había fallas en la entrega de material, empezaban los graves problemas que ocasionaban retrasos o bien podían detener la totalidad del proyecto.

El problema al que se enfrentaba la dirección del proyecto Polaris, de coordinar los esfuerzos de todas estas firmas contratistas, para que pudiera evitarse en lo posible la ocurrencia de un cuello de botella y así alcanzar con acierto la terminación del proyecto, fue solucionado con el método PERT.

La Oficina Naval de Proyectos Especiales de la Marina de los Estados Unidos ha externado que con el uso del método PERT, el submarino Polaris fue puesto en servicio cerca de dos años antes de la fecha estipulada.

Mientras que el PERT es un sistema probabilístico, ya que considera la posibilidad estadística de tres tiempos: optimista, probable y pesimista, el CPM es un sistema determinista, ya que la estimación de los tiempos de duración de las actividades se hace sobre la base de la experiencia. El PERT, por su carácter probabilístico, se usa mucho en actividades de investigación, y el CPM se usa principalmente en la industria.

Por último, se puede decir que en el PERT no se calculan costos; esto no quiere decir que se omita por completo el concepto de costo, ya que en este sistema se considera que el costo varía directamente con el tiempo para todas las actividades dentro del proyecto. Así, cuando una reducción de tiempo ha sido efectuada, se asume que una reducción en costo también ha sido realizada; en cambio, el CPM sí determina los costos esperados para cada una de las actividades que intervienen en el proyecto.

Tanto PERT como CPM utilizan los mismos conceptos básicos, esto es, el empleo de un análisis en red para planear y programar proyectos. Las primitivas diferencias entre PERT y CPM han desaparecido a la fecha en gran parte, y el término "sistema de redes se está usando cada vez más. La red emplea las características de



PERT y CPM, así como algunos perfeccionamientos recientes, en un proceso continuo de tiempo y control de costos del proyecto.

RAMPS fue desarrollado por la División de Tecnología de procesos de información de la empresa consultora CEIR., Inc. de Washington, D.C.

Esta técnica extiende los conceptos de PERA y CPM al caso de varios proyectos que se llevan a cabo simultáneamente, pero además introduce conceptos de competencia en varias actividades, compara los costos de diversas alternativas en varios proyectos, identifica aquellos recursos en los que los incrementos adicionales son los más efectivos para alcanzar los objetivos, y que permite, a través del uso de una computadora electrónica, hacer evaluaciones del progreso y de las perspectivas de trabajo en un momento dado.

## Introducción a METRA

METRA alcanza su mayor efectividad cuando se utiliza para un trabajo específico, tan complejo como se quiera, y cuando ese trabajo está claramente definido, con la secuencia del trabajo perfectamente comprendida.

Un ejecutivo necesita (y debe exigirlo) un sistema que encienda luces ámbar de preventiva cuando se esté encaminando el proyecto hacia dificultades, pero que las encienda con la suficiente anticipación para poder tener tiempo de hacer algo para evitar esas dificultades.

El ejecutivo NO necesita un sistema que encienda luces rojas cuando el problema se presentó y se tiene que suspender parte del trabajo para trabajar en condiciones de emergencia.

Nuevos métodos y herramientas para la administración han sido desarrollados en los últimos años para ayudar al ejecutivo en su trabajo cotidiano de planear y controlar:

### *Campos en que se ha empleado METRA:*

- Construcción de supercarreteras.
- Construcción de barcos.
- Construcción de edificios y conjuntos urbanos.
- Instalación de un sistema de procesamiento de datos.
- El lanzamiento de un nuevo producto al mercado.
- El traslado de una nueva compañía a un nuevo local.
- Construcción, instalación y traslado de una fábrica a un nuevo local.
- Diseño y construcción de plantas.
- Planeación de seminarios y convenciones.

### *Elementos de un proyecto*

- a) *Actividades.* Son labores que hay que realizar. Se definen como cualesquiera tareas o elementos de trabajo que ocupan tiempo y consumen recursos.

b) *Recursos*. Son elementos a realizar:

- Hombres
- Maquinaria
- Materiales
- Dinero
- Tiempo

c) *Restricciones*. Son condiciones en las que hay que trabajar y que quedan fuera de nuestro control, tales como fechas de terminación, límites de recursos, ingredientes tomados de otros recursos, etc.

Bajo esta clasificación hay otras características que deben ser tomadas en cuenta en un proyecto.

Se está siempre afectando *vitalmente* la secuencia de las actividades o sea el orden en que deben realizarse.

Hay secuencia forzosa (comprar un terreno antes de construir en él) y secuencia conveniente (2 edificios que se construirán juntos, ¿cuál terreno se excava primero?).

### *Conceptos sobre redes de actividades*

La red de actividades es una representación objetiva del proyecto representado por una gráfica de flechas o diagramas de flujo; comprende la descripción del plan, mediante la secuencia de los pasos necesarios para obtener los objetivos que se han delineado.

Una red se forma por flechas que representan actividades, tareas que deben ser realizadas, y por eventos o acontecimientos que marcan la iniciación o terminación de una actividad.

Los elementos que integran una red de actividades, básicamente son:

#### a) Actividad

La actividad representa el trabajo que tiene que ser realizado, el cual forma parte del proyecto integral:

- Se representa con una flecha.
- No tiene magnitud ni dirección ni sentido.
- Consume tiempo y recursos.

#### b) Evento

El evento es la concurrencia en un punto del tiempo, en el cual se inician o se terminan una o varias actividades:

- Se representa por un círculo.
- Es un punto de control en el plan.
- Ocupa sólo un instante en el tiempo.

c) Principio de dependencia

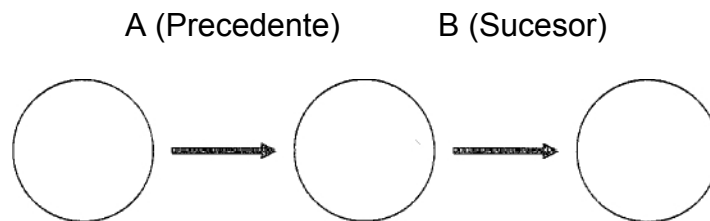
- Un evento no puede alcanzarse hasta que la actividad que lo precede no se haya completado.
- Una actividad no puede empezar hasta que el evento que le precede no se haya consumado.
- Todo evento lleva antes una actividad, excepto el primero.

d) Tipos de actividad

Las actividades pueden considerarse de acuerdo con el principio de dependencia, como:

- Precedentes o
- Sucesoras

Las cuales pueden ser: reales, virtuales o de espera.



Existen varios auxiliares para el trazo de una red, de los cuales sólo se mencionarán los más importantes.

a) Matriz de precedencia o sucesión

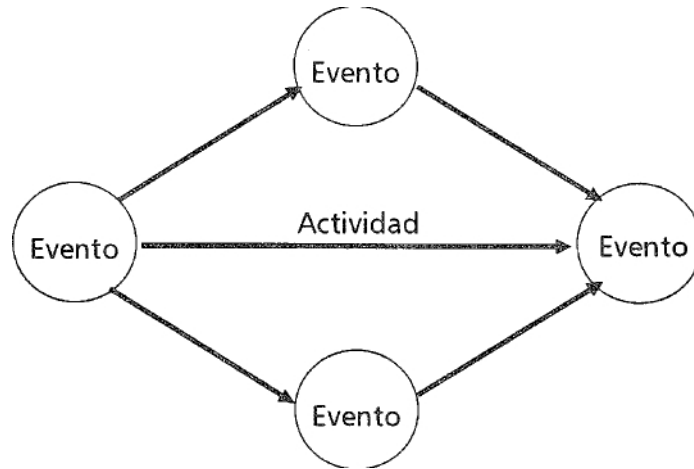
Empezando por el evento inicial que avanza con la pregunta: ¿qué debe hacerse *inmediatamente* después de completar este evento? Hacia atrás, empezando por el evento final se retrocede preguntando: ¿Qué se debe hacer inmediatamente antes de llegar a este evento?

b) La gráfica de Gantt

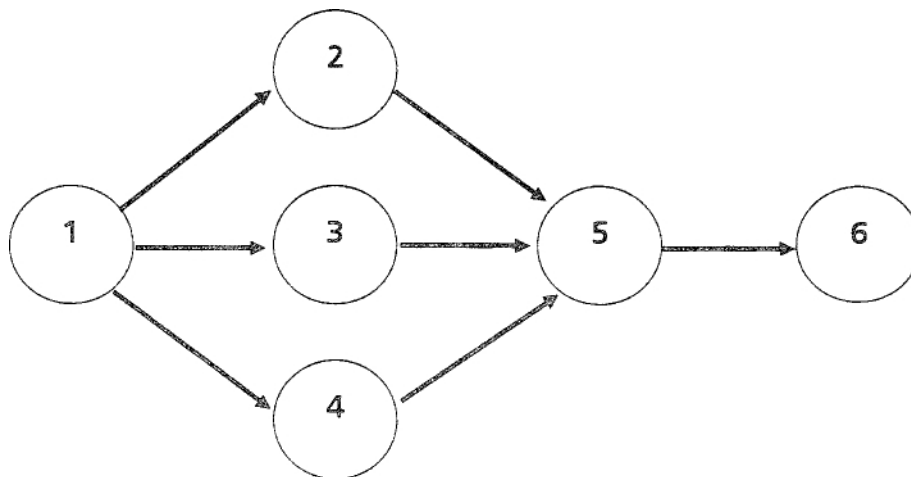
Generalmente ya se tiene estructurada y sólo bastaría aprobarla. Esta técnica no es muy dinámica ya que no indica la secuencia de las actividades y requiere una matriz de precedencia y sucesión para que se involucre el concepto de principio de dependencia.

*Resumen para el trazo de una red de actividades*

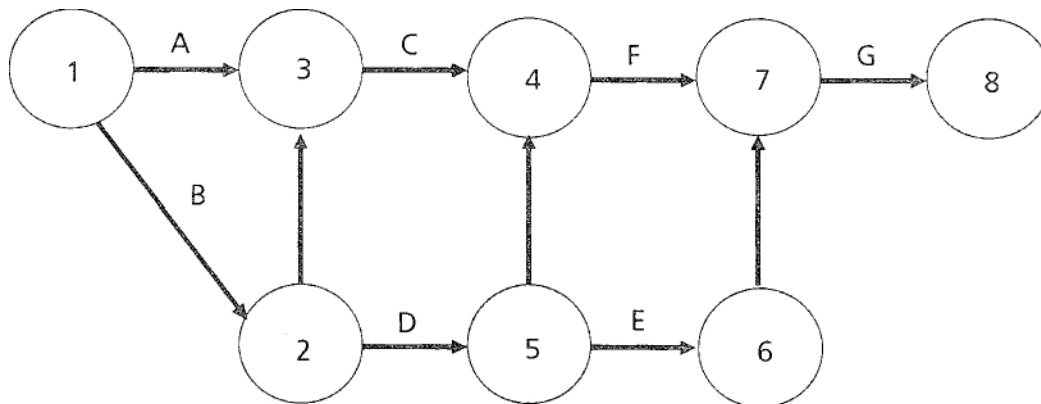
Concretamente la red de actividades comprende dos elementos básicos: los eventos y las tareas o actividades.



*Eventos.* Deben numerarse para indicar que la red está orientada hacia las actividades. En la numeración de los eventos debe prevalecer la siguiente regla: un número mayor debe ir siempre después de uno menor, por ejemplo:



*Actividad.* La red debe ser cerrada, para lo cual se utilizan actividades virtuales, a fin de expresar correlaciones de tiempo entre dos cadenas que actúan en paralelo. Ejemplo:

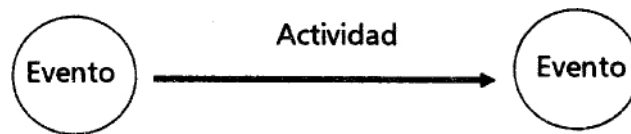


La actividad virtual 4-5 es necesaria para indicar que la actividad "F" puede comenzar a realizarse solo cuando hayan sido terminadas la "C" y la "D".

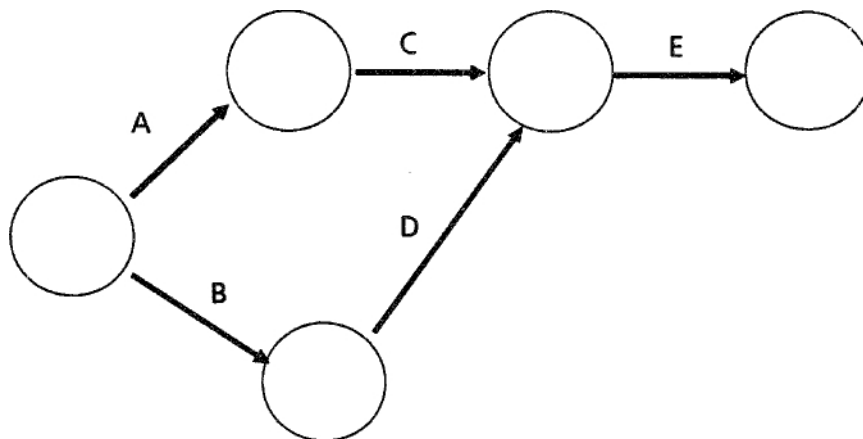
### Reglas para el trazo de una red

Existen seis reglas básicas importantes relacionadas con el manejo de los eventos y actividades de una red. Estas reglas reconocen que quienes ponen en práctica la técnica PERT, deben cumplirlas si se quiere conservar la topología correcta de la red.

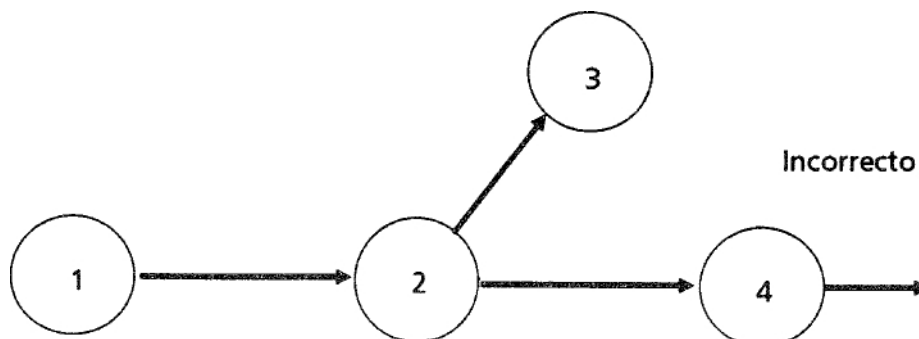
1. Cada actividad debe tener un evento predecesor y un evento sucesor, con excepción de los de iniciación y terminación. Los eventos se encierran en círculos que marcan el principio o el fin de una actividad, y entre los círculos se trazan flechas de interrelación.



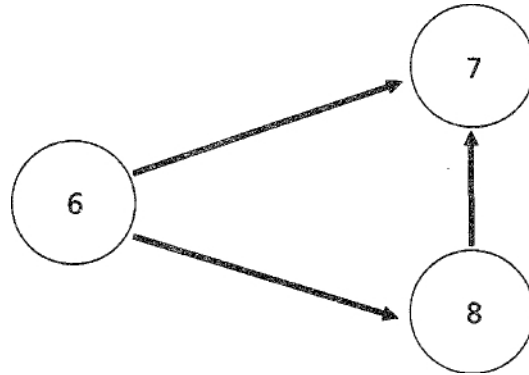
2. Ninguna actividad puede comenzar antes de que termine su evento predecesor; a su vez, ningún evento puede considerarse consumado antes de que hayan quedado terminadas todas las actividades que conducen a él.



3. Los eventos deben tener interrelación con otros eventos; es incorrecto que un evento quede suelto, ya que una red es cerrada:



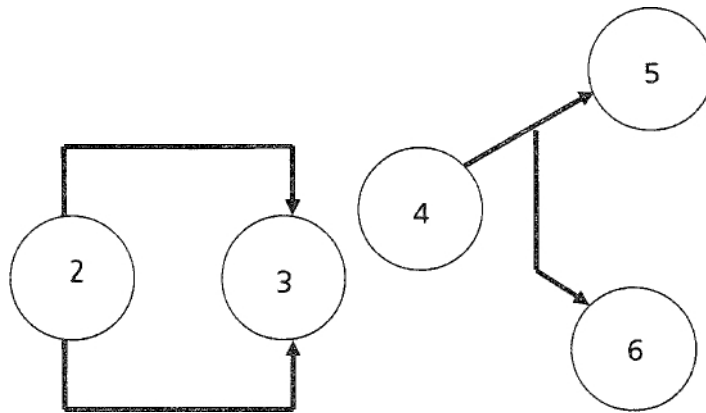
4. Algunos eventos sólo tienen referencia con otros eventos, sin que ello indique dependencia; en estos casos se usan flechas de liga o actividades virtuales que no tienen tiempo de ocurrencia, pero que indican entrega de resultados, o bien espera a que se complete el evento con el que hay liga.



Solución correcta al ejemplo de la regla de 3

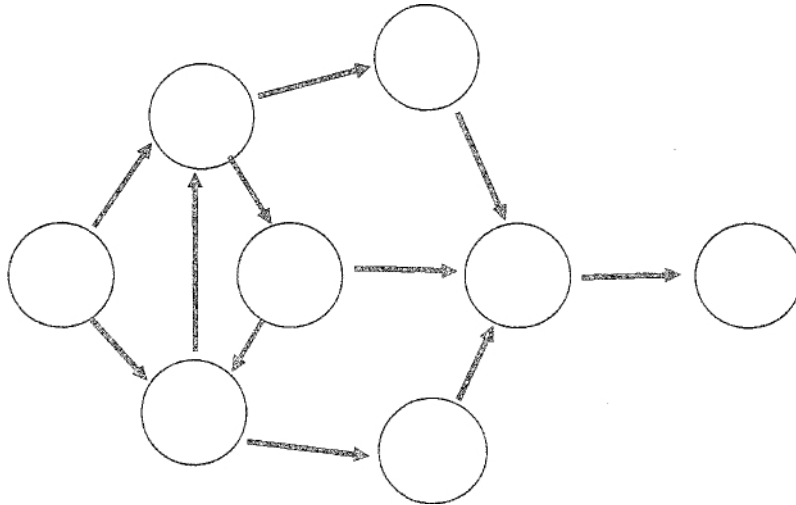
5. No puede haber flechas en ambos sentidos entre dos eventos. Tampoco es posible derivar una

flecha de la mitad de una existente.



6. La última regla para la construcción de la red se refiere a la formación de un ciclo. Ningún evento dado puede ser seguido por una ruta de actividad que conduzca de regreso al mismo evento.

Se prohíbe el ciclo



Para aplicar prácticamente los principios que rigen la elaboración de una red de actividades. prepare una de éstas basada en la información contenida en los problemas

#### Problema 1

1. A es la primera actividad del proyecto.
2. B y C son simultáneas y dependen de la realización de A.
3. D y E se pueden desarrollar en paralelo y dependen únicamente de la realización de C.
4. F sigue a E y precede a G.
5. H e I pueden iniciarse después de terminar B.
6. O sigue a H.
7. O, I, D y G deben ser terminadas antes de iniciar Z, que es la última actividad del proyecto.

#### Problema 2

1. Las actividades A, B y E son las primeras del proyecto.
2. Las actividades C y D pueden empezar al mismo tiempo, pero no antes de que se hayan concluido las A y B.
3. Las actividades F y G pueden empezar después de terminarse la actividad C.
4. La actividad H puede empezar después de haberse terminado las actividades D, E y F.
5. El proyecto termina al concluirse las actividades G y H.

Una vez terminada la red correspondiente a cada problema compare sus respuestas con las soluciones al final de este capítulo.

## Características del PERT

La técnica del PERT se utiliza para definir lo que debe hacerse para cumplir en término los objetivos de un programa. Es una técnica para la planeación, programación y control del tiempo de proyectos en los que se involucran varias actividades. Gracias a este

método es posible detectar las partes de un proyecto que deben ser corregidas, y puede determinarse el efecto del intercambio entre los tres factores básicos: tiempo, recursos y rendimiento técnico.

La característica del PERT consiste en que cuanto más grande y complejo sea un proyecto, mayores serán los beneficios.

Otra de las características del PERT es la de utilizar el tiempo como común denominador para reflejar la aplicación de los recursos asignados y las especificaciones de rendimiento.

Una de las primeras consideraciones que el PERA obliga a efectuar, es la de calcular el tiempo de duración para cada urea de las actividades de un proyecto, sin preocuparse explícitamente por la duración de la totalidad de éste. La duración total será obtenida automáticamente al sumar los tiempos de cada una de las actividades del proyecto, respetando las convenciones que la propia técnica dicta.

Dado que la realización de una actividad cualquiera está sujeta a un gran número de condiciones externas, el tiempo para realizarla no es un dato que se pueda predecir fácilmente. Tomando en cuenta lo anterior, así como la dificultad propiamente humana de estimar datos el PERT permite considerar tres posibles ocurrencias en el tiempo:

1. Plazo optimista ( $t_o$ ): tiempo que se necesita para efectuar la actividad si no se presentan dificultades o complicaciones imprevistas. Es el menor tiempo posible en que puede realizarse la actividad.
2. Plazo más probable ( $t_n$ ): tiempo que es más probable que necesite la actividad para su realización. Esta estimación resultaría si se repitiera muchas veces la actividad en condiciones exactamente iguales, o si se consultaran muchas personas expertas.
3. Plazo pesimista ( $t_p$ ): es el mayor tiempo que se necesita para efectuar la actividad si se presentan dificultades imprevistas. La regla práctica, en este caso, es que sólo existe la probabilidad de un uno por ciento de realizar la actividad en un tiempo mayor que la estimación pesimista.

En un principio surgió el problema en el manejo de tres tiempos para cada actividad, por lo que era necesario combinar de algún modo estos tres tiempos a fin de que resultara un solo tiempo para cada actividad. En un principio se pensó en un promedio aritmético, pero no dio resultado, ya que no podía darse el mismo valor a los tres tiempos.

Desde luego existen mayores probabilidades de que el proyecto sea completado en el tiempo normal que en el tiempo optimista o pesimista. Por lo tanto, al tiempo normal deberá dársele un valor mayor del que se le dará al tiempo optimista o pesimista.

De lo anterior resultó la siguiente fórmula algebraica, en la cual se da al tiempo optimista y al tiempo pesimista un valor de uno. Al tiempo normal se le da un valor de cuatro y se divide entre la suma de los valores representativos, que será de seis. Esto dará por resultado un solo tiempo para cada actividad llamado tiempo estimado, que se representa con las letras "Te"

$$Te = \frac{To + 4Tn + Tp}{6}$$



De donde  $T_e$  es el "tiempo esperado" o de mayor esperanza matemática. Si sólo se utiliza una estimación, ésta será la más probable ( $T_n$ ).

La estimación única de la duración posee las ventajas de simplificar los cálculos, tanto manuales como mediante calculadoras, y hace posible la preparación de la red con un gasto menor de tiempo y dinero. Sin embargo, la triple estimación es conveniente cuando no se tiene experiencia en determinado campo y se tienen opiniones o estimaciones muy diversas.

Una vez que las tres estimaciones de tiempo se han obtenido, éstas son interconectadas por una curva de distribución de probabilidades, siendo el tiempo probable ( $t_n$ ) el de mayor frecuencia. Los tiempos optimista y pesimista determinan los límites de la curva (figura 3-1).

De donde  $T_e$  es el "tiempo esperado" o el de mayor esperanza matemática. Estadísticamente, este tiempo esperado es un punto sobre la curva de probabilidad donde el área bajo la curva queda dividida en dos partes iguales ( $A_1$  y  $A_2$ ), o sea a la mitad. Este tiempo ( $T_e$ ) es tal que la probabilidad de terminar la actividad en un tiempo menor que  $T_e$  es de 50 %.

En un estudio realizado por la empresa Mac Crimmon & Ryavec de Los Angeles, Calif., para la Compañía Remington Rand, se ha dicho que la exactitud y validez en el cálculo del tiempo estimado por medio de la fórmula anterior ha sido comprobada.

Pero no es suficiente conocer los tiempos empleados en la realización de las diferentes actividades de un proyecto, sino que hay la necesidad de determinar la desviación estándar que nos indica cuán dispersos se encuentran los tiempos promediados dentro del campo total de estudio. Esta desviación que se representa con la letra " $\sigma$ " nos dará una idea de la probabilidad que existe de reducir o ampliar el tiempo estimado para cada actividad.

La fórmula PERT para determinar la desviación estándar derivada de los tiempos pesimistas y optimistas es la siguiente:

$$\sigma = \frac{t_p - t_o}{6}$$

La variancia es otra fórmula para describir la incertidumbre asociada con la actividad. Si la variancia es grande, existe una incertidumbre sobre el tiempo necesario para realizar una actividad. Si por el contrario es pequeña, nos indicará que existe una estimación más precisa sobre el tiempo que consumirá la actividad. (Es decir, que existe poca diferencia entre los tiempos óptimo y pésimo.)

El símbolo para indicar la variancia es  $\sigma^2$  y la ecuación para calcularla es:

$$\sigma^2 = \left( \frac{t_p - t_o}{6} \right)^2$$

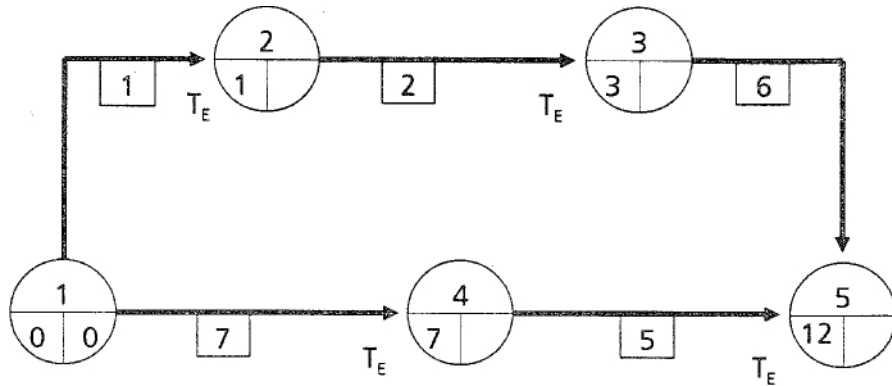
Que nos proporciona una idea clara del promedio de dispersión negativa o

positiva del tiempo estimado.

Siendo el PERT uno de los métodos que hace uso de las redes de actividades, se consideran los siguientes tiempos para su representación:

### *Tiempo esperado del evento ( $T_E$ )*

Se define como el tiempo mínimo que debe esperarse que transcurra para que el evento culmine.



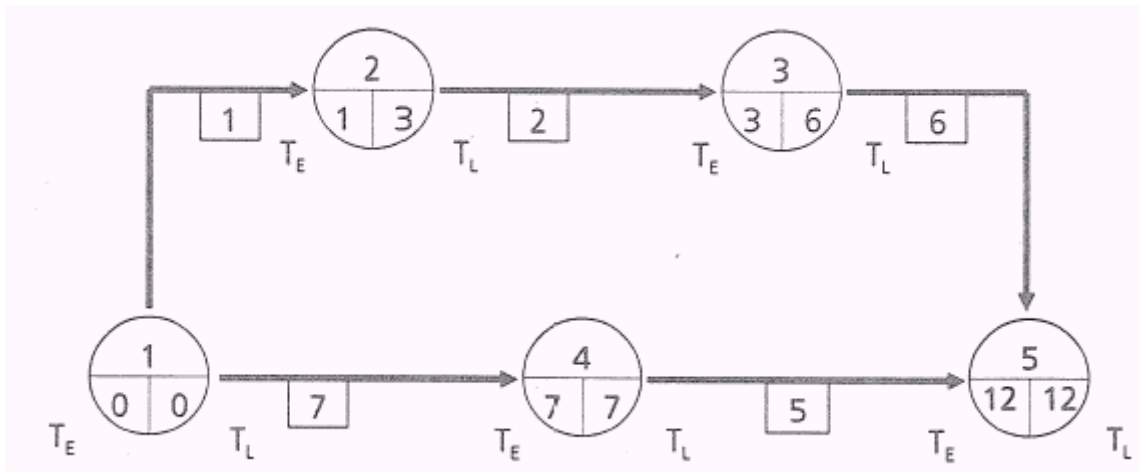
En la red, el  $T_E$  del evento (1) es cero, pues es el origen a partir del cual se cuentan los tiempos. Para que el evento (2) se cumpla, debe haberse terminado la actividad 1-2 y esto se eleva un  $T_E$  de una semana.

Para determinar el  $T_E$  del evento (5) se razona de la siguiente manera:

Para la trayectoria (1) - (2) - (3) - (5) se llega al evento (5) después de haber completado las actividades que le anteceden y sumando su duración  $1 + 2 + 6 = 9$  semanas. Sin embargo, por la trayectoria (1) - (4) - (5) se llega al evento (5) en  $7 + 5 = 12$  semanas, que será el tiempo en que se espera terminar el proyecto.

### *Tiempo límite del evento ( $T_L$ )*

El tiempo límite del evento representa el tiempo máximo permisible que puede transcurrir para que un evento culmine sin afectar la fecha de determinación del evento final de la red.



El método para calcular el TL es justamente el *inverso* para calcular el Te. Para el evento (2), la trayectoria será tomar el tiempo último del proyecto y regresar hasta el evento considerado el cual produce:

$$TL = 12 - 6 - 2 = 4$$

### Holguras

Holgura total. Es la cantidad de tiempo que puede demorar una actividad sin que se retrase el proyecto, y es igual a la diferencia entre el tiempo límite de terminación (TL) menos el tiempo esperado de terminación (Te).

Holgura libre. Es la cantidad de tiempo que se puede retrasar una actividad sin afectar la fecha de iniciación de las siguientes actividades, y será siempre menor o igual a la holgura total. Su cálculo se realiza restando la fecha próxima de terminación de una actividad, de la fecha próxima de iniciación de la actividad inmediata siguiente.

Los eventos de holgura mayor a cero se les llama "eventos de holgura".

### Trayectoria crítica

Se considera como trayectoria crítica a los eventos cuya holgura es cero porque su Te y TL son iguales.

Si alguna de las actividades a lo largo de la trayectoria crítica sufre una dilación, esta dilación se refleja irremediamente en la terminación del proyecto. Por ejemplo, si una actividad en la trayectoria crítica se esperaba que quedara terminada en la sexta semana de iniciado el proyecto, pero se reporta terminada hasta la octava semana, entonces la fecha de terminación del proyecto se retrasará dos semanas.

### Ventajas del PERT

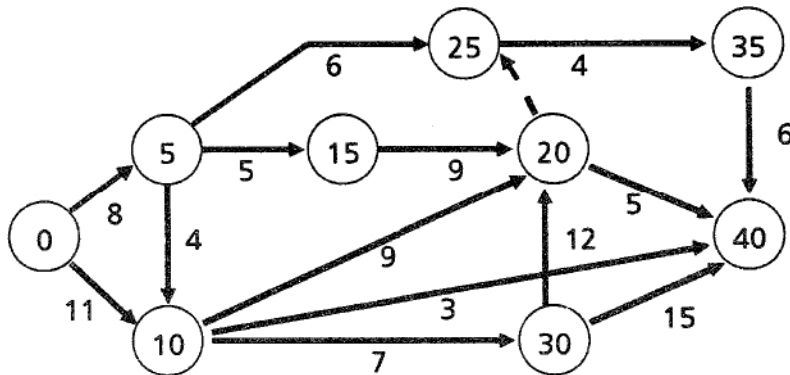
Una de las principales ventajas del PERT es que suministra un método para la representación gráfica de un programa. La metodología del PERT exige una planeación completa del proyecto a través de la producción de pequeños planes concretos que aumentan las probabilidades de alcanzar los objetivos del proyecto.

Diversas ventajas han convertido al PERT en un instrumento de planeación y control. Las principales son las siguientes:

1. La elaboración de planes realistas, detallados y de fácil difusión que incrementen las posibilidades de cubrir las metas del proyecto.
2. La predicción de las duraciones y de la certidumbre de las mismas.
3. Centrar la atención en las partes del proyecto que son susceptibles de impedir o demorar su realización o partes críticas.
4. Informar de la incompleta utilización de los recursos.
5. La simulación fácil de alternativas.
6. La obtención de informes completos y frecuentes del estado de proyecto.

### Problema 3

Utilizando la siguiente red.<sup>1</sup> calcule la duración total del proyecto y los próximos y remotos de realización de cada actividad, indicando asimismo tiempos cuál es la ruta crítica.



Después de resolver el problema compare su solución con la que se presenta al final del capítulo. Una vez calculadas las fechas próximas de iniciación y las remotas de terminación, determine las fechas remotas de iniciación, los tiempos próximos de terminación y los tiempos flotantes libres y totales de cada actividad. Compare su respuesta con el problema 3 (solución).

Para el cálculo de las holguras se procede:

#### *Tiempo flotante total u holgura total*

El máximo tiempo disponible para ejecutar una actividad, menos la duración de la misma, se denomina "holgura total" o "tiempo flotante total". En otras palabras, tiempo flotante total es igual a fecha remota de terminación, menos fecha próxima de iniciación, menos duración de la actividad. Debe notarse si la actividad es crítica si:

$$FRT_x - FPI_x - T_e = 0$$

<sup>1</sup> Catalytic Construction Company, *Método del Camino Crítico*. Ed Diana, 1971, p.65

Resulta más fácil calcularla en la siguiente forma:

$$TFT = FRT - FPT$$

*Tiempo flotante libre u holgura libre*

Es la holgura que puede ser aprovechada en la realización de una actividad sin retrasar la fecha próxima de iniciación de todas las actividades subsecuentes. Sin embargo, las holguras libres se computan suponiendo que las actividades previas son terminadas en sus fechas próximas de realización.

$$TFL_A = FPI_B - FPT_A$$

## Aplicación general del CPM

Es necesario indicar que antes de mencionar las aplicaciones del CPM, los objetivos fundamentales de éste fueron mejorar las técnicas de programación de los diferentes proyectos, principalmente investigación y desarrollo; sin embargo, en el campo de la ingeniería es una herramienta de vital importancia ya que proporciona múltiples ventajas, como son la asignación de recursos, la optimización de su uso, el estudio de las demoras y su eliminación o reducción, etcétera.

Es de hacerse notar que si bien el CPM tuvo su origen eminentemente militar, como en los casos de la aceleración de los proyectos de los sistemas de proyectiles dirigidos, sistemas de defensa e investigación y desarrollo efectuados en los Estados Unidos en las décadas de los 1950 y 1960, en el campo del comercio y la industria, es decir, aplicaciones no militares, la utilización ha sido innumerable, siendo algunas de ellas las siguientes, sin que se piense que sean las únicas:

1. Construcción de presas, puentes, autopistas, edificios, etcétera.
2. Instalación, reparación o acondicionamiento de maquinaria y equipo industrial en todos sus tipos.
3. Instalación de plantas y pilotos.
4. Preparación de presupuestos.
5. Investigación y desarrollo en todos los campos.
6. Campaña de publicidad de productos nuevos para introducirlos al mercado.
7. Estudios de mercado.
8. Implantación o modificaciones de sistemas de procesamiento electrónico de datos.
9. Instalación de computadores.
10. Planes de financiamiento a corto y largo plazo.

11. Planeación, programación y control de producción.
12. Implantación y modificación de sistemas de producción de ventas, crédito, contabilidad.
13. Planeación de una auditoría, etcétera.

De lo anterior se desprende que el CPM es una herramienta ideal de la planeación, aun cuando sólo se trate de una serie de artificios matemáticos basados únicamente en la lógica de las cosas de cómo deben ser y no cómo se presentan.

## Metodología

El método del Camino Crítico consta de dos etapas básicas: una preparatoria del programa y otra de análisis y valuación.

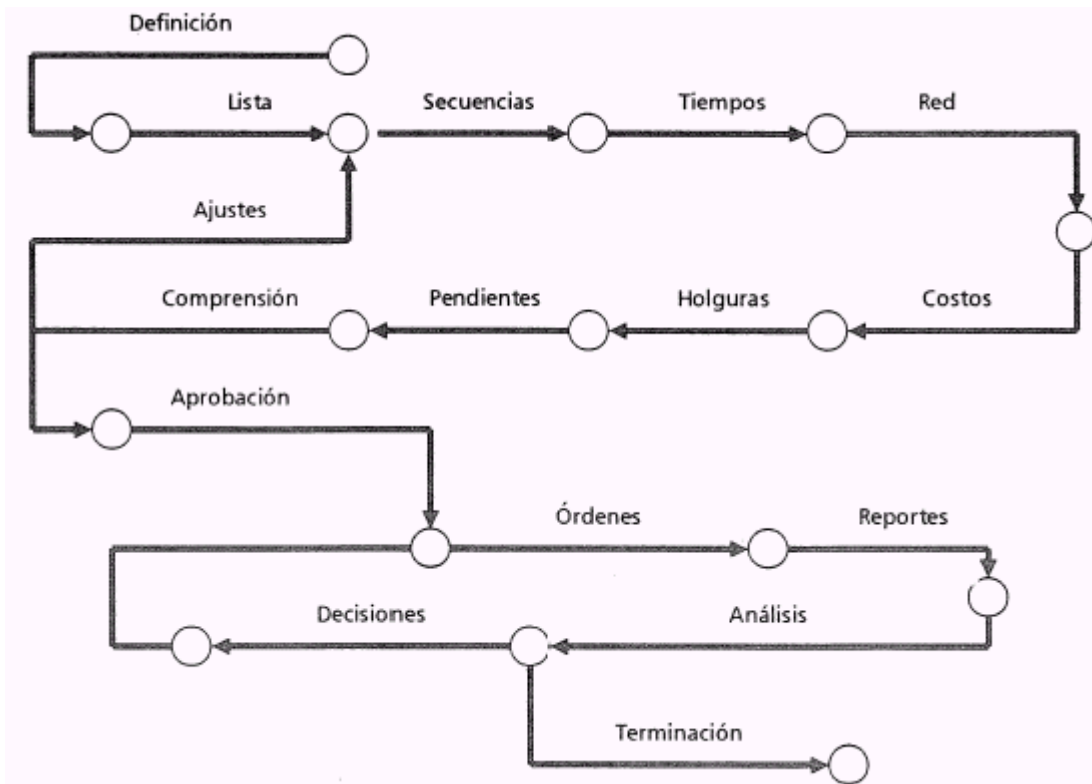
En la etapa preparatoria se presentan las siguientes secuencias.

1. Definición del proyecto.
2. Lista de actividades.
3. Estudio de las secuencias.
4. Determinación de los tiempos.
5. Dibujo de la red.
6. Cálculo de los costos.
7. Cálculo de las holguras.
8. Cálculo de las pendientes.
9. Comprensión de la red.
10. Ajustes previos a la ejecución.

La etapa de análisis y valuación se compone de las siguientes secuencias:

11. Órdenes de ejecución.
12. Reportes de avances.
13. Análisis de los reportes.
14. Toma de decisiones.

El desarrollo de las secuencias anteriores puede observarse en la gráfica siguiente:



A continuación se estudiará cada una de las secuencias que constituyen el Método del Camino Crítico en una forma más detallada.

## Definición del proyecto

En la aplicación práctica del Método del Camino Crítico es indispensable como punto de partida familiarizarse con el proyecto: su finalidad, los medios para realizarlo, los recursos, el personal disponible, los lugares de trabajo, las inversiones, etc.

Se estará en contacto con las personas que colaborarán estrechamente en la ejecución del proyecto para cambiar impresiones sobre la viabilidad y posibilidades físicas de su realización.

## Lista de tareas

Se hace una lista por escrito de todas las actividades que se realizarán en el proyecto. De preferencia se anotarán en forma lógica para evitar que se pase por alto alguna de ellas, aunque no necesariamente es forzosa esta disposición.

Tampoco es necesario indicar qué cantidad de trabajo debe desarrollarse ó la forma de ejecución. Solamente se necesita indicar el nombre de la operación. Esta lista se prepara con la ayuda de los dirigentes de las secciones que componen el proyecto general.

Las actividades pueden ser físicas ó mentales y pueden ser de diversa índole: construcciones, proyectos, trámites, estudios, inspecciones, dibujos, cálculos, montajes, etcétera. El grado de detalle de las actividades dependerá de las necesidades del

proyecto general. Los directores deben proporcionar bases para decidir qué tanto debe pormenorizarse la operación.

Para mostrar la metodología de esta técnica se va a resolver un problema de ampliación de una fábrica que desea hacer en el menor tiempo posible en función del costo más bajo. La ampliación se hará con personal de la misma fábrica y con personal especializado, contratado para este trabajo, y la lista de tareas que desarrollará cada sección es la siguiente: tomada directamente de los dirigentes ó responsables de cada sección.

- a) Del personal de la empresa
  - 1. Elaboración del proyecto.
  - 2. Cálculo del costo.
  - 3. Aprobación del proyecto.
  - 4. Desempaque de las máquinas.
  - 5. Colocación de las máquinas.
  - 6. Instalación de las máquinas.
  - 7. Pruebas generales.
  - 8. Arranque general.
  - 9. Revisión y limpieza de máquinas viejas.
  - 10. Pintura de máquinas viejas.
  - 11. Pintura y limpieza del edificio.
  
- b) Del ingeniero electricista
  - 12. Elaboración del proyecto.
  - 13. Cálculo de los costos.
  - 14. Aprobación del proyecto.
  - 15. Instalación de transformador nuevo.
  - 16. Instalación de nuevo alambrado.
  - 17. Instalación de interruptores y arrancadores.
  
- c) Del ingeniero contratista
  - 18. Elaboración del proyecto.
  - 19. Cálculo de los costos.
  - 20. Aprobación del proyecto.
  - 21. Cimentación de las máquinas.
  - 22. Pisos nuevos.
  - 23. Colocación de ventanas nuevas.

Nótese que se ha seguido la numeración de las actividades no obstante que se trata de tres presupuestos independientes con el objeto de reconocerlas durante el proceso.

## Estudio de las secuencias

Existen dos formas de presentación de la matriz de secuencias, que podrán ser elegidas a conveniencia del programador. La primera forma contiene tres columnas. Se comienza con la columna dos, que es la central, para anotar los nombres o los números



progresivos que corresponden a todas las actividades del proyecto general y se encabeza con la letra "a". En la primera columna se indican los números de las actividades que se realizarán al mismo tiempo que una de las actividades señaladas en la segunda columna. En el presente caso, las actividades 20 y 14 se harán en forma simultánea con la actividad 3 y así se hace notar en la matriz de secuencias. Esta primera columna se encabeza con la palabra "simultánea". En la tercera columna se anotarán las actividades que se ejecutarán con posterioridad a cada a de las actividades indicadas en la segunda columna, haciéndose además las anotaciones pertinentes para hacer aclaraciones en el dibujo de la red. Esta columna se encabeza con "después".

### Primera forma de matriz de secuencias

Simultáneas	a	Después
20 - 14	0	1 - 12 - 18
	1	2
	2	3
	3	4
	4	5
	5	6
	6	7
	7	8
	8	Final
	9	10
	10	11
	11	—
	12	13
	13	14
	14	15
	15	16
	16	17
	17	6
	18	19
	19	20
	20	21
	21	23
	22	7
	23	22

En la segunda forma de matriz de secuencia, se indican en un eje vertical todas las actividades del proyecto, comenzando con la actividad cero que indica la iniciación del mismo. Esta columna encabeza todo el eje con la palabra "antes" En el eje horizontal se mencionan también todas las actividades menos la actividad cero y se encabeza todo el eje con la palabra "después". A continuación se colocará una X en las actividades

posteriores a cada uno de los renglones, precisamente en el cruce de las ordenadas respectivas.

### Segunda forma de matriz de secuencia

Después \ Antes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
0	X										X						X							
1		X																						
2			X																					
3				X																				
4					X																			
5						X																		
6							X																	
7								X																
8									X															
9										X														
10											X													
11												X												
12													X											
13														X										
14															X									
15																X								
16																	X							
17						X																		
18																			X					
19																				X				
20																					X			
21																							X	
22							X																	
23																							X	

En una u otra forma se harán las anotaciones que ayudan al programa a aclarar situaciones de secuencias y presentación de la red. Estas anotaciones se harán a discreción del programador, sin olvidar que esta matriz de secuencias es solamente un papel de trabajo.

Se puede medir el tiempo en minutos, horas, días, semanas, meses o años, con la condición de que siempre se tenga la misma unidad de medida.

La matriz consta de seis columnas: la primera (a) significa actividades y en ella se hará una lista de las mismas o su número progresivo. En el caso que se estudia se presentan las 23 actividades por números. En la segunda columna se anotan los tiempos óptimos; en la tercera los tiempos medios y en la cuarta columna los tiempos pésimos.

Hecho lo anterior se calcula la quinta columna con la fórmula PERT para el tiempo estimado:

$$t_e = \frac{t_o + 4 t_n + t_p}{6}$$

Cualquier fracción decimal que se obtenga con la fórmula anterior se aumentará al número entero inmediato superior para dar un margen de seguridad al tiempo total del proyecto general. Por ejemplo, el tiempo estándar para la operación (1) será:

$$t_e = \frac{1 + 12 + 4}{6} = 2.8 \approx 3$$

No es suficiente conocer estos tiempos empleados en las actividades, sino que hay necesidad de determinar la desviación estándar ( $\sigma$ ) que nos indica qué tan dispersos se encuentran los tiempos promediados dentro del campo total del estudio. Esta desviación nos dará una idea de la probabilidad que existe de reducir o ampliar el tiempo estándar.

La fórmula especial PERT para determinar la desviación estándar, derivada de los tiempos pésimo y óptimo, es:

$$\sigma = \frac{t_p - t_o}{6}$$

que proporciona una idea clara de esta desviación se torna la operación (1) de nuestra lista de actividades, como sigue:

$$\sigma = \frac{4 - 1}{6} = 0.5$$

Cualquiera de las dos matrices puede leerse en sentido inverso, para ratificar las secuencias. Por ejemplo, antes de las 7 se hace la 6; antes de la 12 se hace la 0, etcétera.

Tanto la lista de tareas como la matriz de secuencias se harán con información directa proporcionada por las personas enteradas en el proyecto. El ingeniero electricista, el jefe de personal, el gerente, el capataz, etcétera

Esta matriz de secuencias no es definitiva ya que posteriormente se harán nuevas matrices según los ajustes que deban hacerse en relación con la existencia y disponibilidad de materiales y mano de obra.

## Determinación de los tiempos

En esta secuencia se ocupan tres tiempos elementales: el tiempo óptimo ( $t_o$ ), el tiempo medio o normal ( $t_n$ ) y el tiempo pésimo ( $t_p$ ) combinados en una fórmula que representa un promedio de ellos. Esta fórmula está calculada para darle una proporción mayor al tiempo medio de 4 a 6. El tiempo resultante ( $t_e$ ) se le llama tiempo esperado.

El tiempo óptimo es el que representa el tiempo menor de operación sin importar en ninguna forma el costo de la actividad, ni la cuantía de los elementos materiales y humanos, es simplemente la posibilidad física de realizar la operación en el menor tiempo posible.

El tiempo normal es el promedio derivado de la observación o experiencia que se tenga al realizar varias veces la misma actividad.

El tiempo pésimo es un tiempo excepcionalmente grande que se pudiera haber presentado ocasionalmente y que cuenta con el promedio para el tiempo estándar.

Estos tres tiempos serán igualmente proporcionados por las personas relacionadas con cada actividad ya que los conocen por propia experiencia. Si no existieran antecedentes se determinarán por cálculo de probabilidades.

En la misma forma se calculan los tiempos de cada una de las actividades, obteniendo la siguiente:

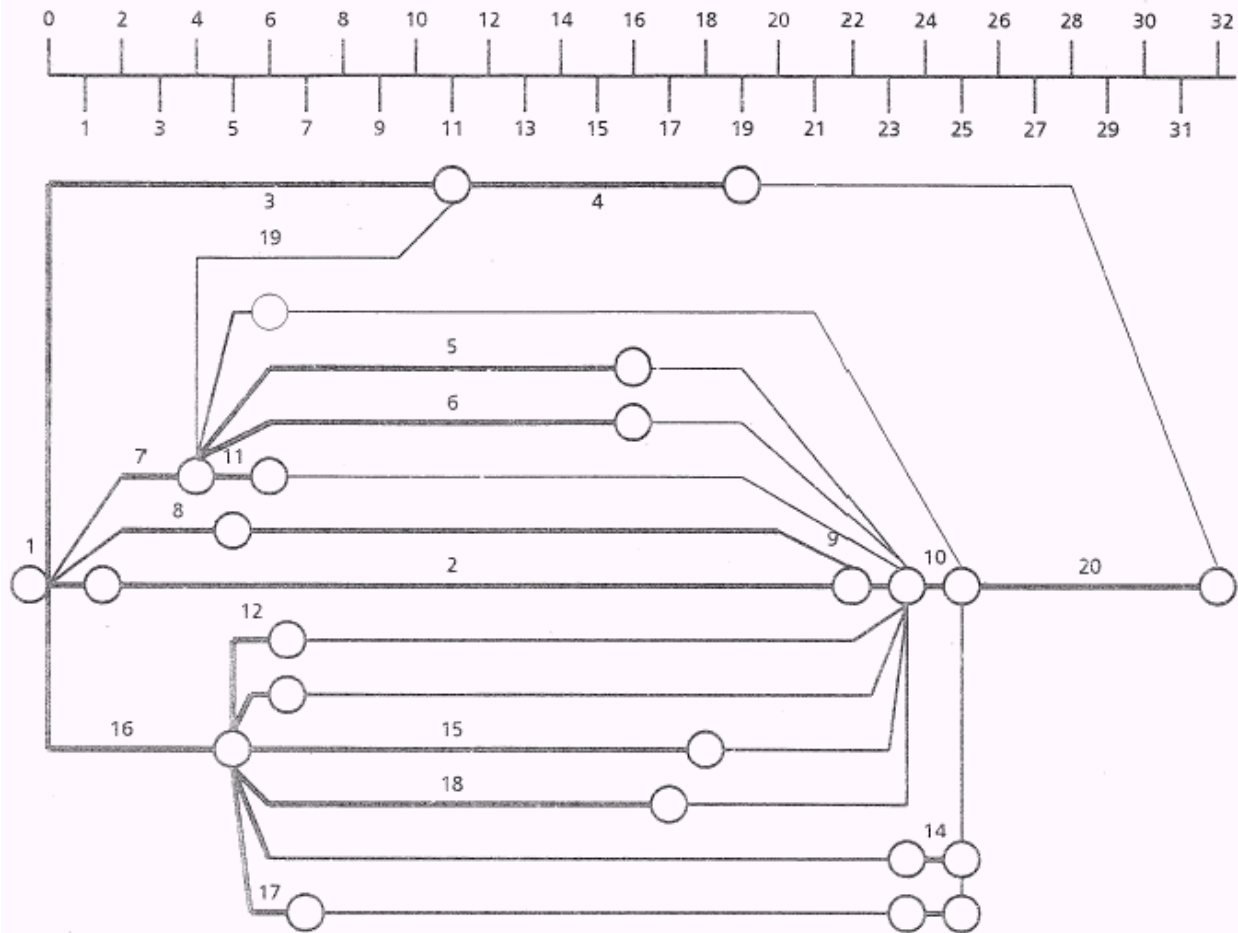
### Matriz de tiempos

a	to	tn	tp	te	$\sigma$
1	1	3	4	3	0.5
2	1	1	1	1	0
3	0	0	0	0	0
4	2	2	2	2	0
5	4	6	10	6	1
6	2	4	5	4	0.5
7	2	5	11	6	1.5
8	0	0	0	0	0
9	5	7	8	7	0.5
10	2	2	3	2	0.2
11	10	12	15	12	0.8
12	1	3	4	3	0.5
13	4	6	9	6	0.8
14	1	2	3	2	0.3
15	1	3	4	3	0.5
16	4	6	9	6	0
17	1	2	3	2	0.3
18	1	3	4	3	0.5
19	1	1	1	1	0
20	0	0	0	0	0
21	5	6	9	6	0.7
22	3	4	5	4	0.3
23	2	3	4	3	0.3

### Matriz de información

Actividad	Secuencias	Tiempos	Costos	Instrucciones especiales
0 Iniciación	1			
1 Solicitar la mano	2, 3, 7, 8, 16	1 1 1 1		
2 Amonestaciones	9	21 21 21 21		
3 Alquilar casa	4	3 10 15 10	3 000	
4 Comprar muebles		2 7 15 8	30 000	
5 Comprar vestido	10	2 10 30 12	5 000	
6 Comprar traje	10	2 10 30 12	1 000	
7 Pedir préstamo	4, 5, 6, 11, 19	1 3 5 3	700	
8 Certificados	9	1 1 1 1	100	
9 Ceremonia civil	10	1 1 1 1	500	
10 Ceremonia religiosa	20	1 1 3 2	1 000	
11 Anillo y arras	10	1 1 1 1	500	
12 Ramo	10	1 1 1 1	50	
13 Alquiler auto	10	1 1 1 1	200	
14 Fotografía	10	1 1 1 1	200	
15 Invitaciones	10	5 10 20 13	200	2 horas antes de 10
16 Padrinos y madrinas	12, 13, 14, 15, 17, 18	1 3 7 4		
17 Preparar banquetes	10, 21	1 1 2 2	50	
18 Vestido madrinas	10	2 10 30 12		
19 Boletos viaje	20	1 1 2 2	1 000	
20 Viaje de bodas		3 7 15 8	4 000	
21 Banquete	20	1 1 1 1	5 000	1 hora después
		Total	52 500	

## Red de actividades para un evento de boda



### Problema 4

Con los conocimientos adquiridos hasta ahora, podemos analizar, planear y programar un proyecto completo. Vamos a tratar de hacer lo anterior con un proyecto de cambiar una llanta a un automóvil.

La siguiente lista describe las actividades principales en que podemos subdividir el proyecto.

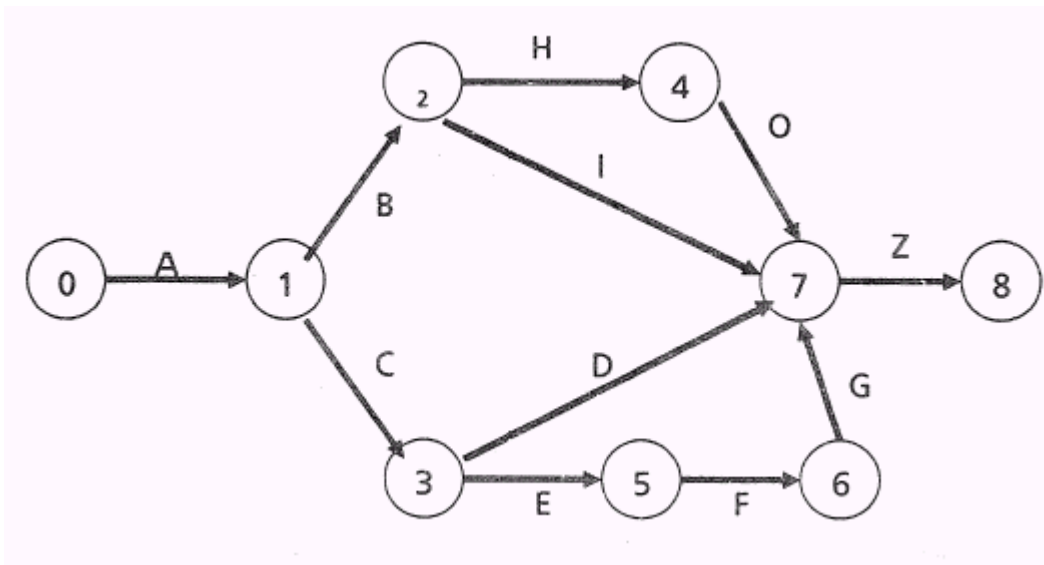
Prepare diagrama de flechas para el proyecto, numere la red, calcule tiempos de realización y holguras para cada actividad y compare sus resultados con la solución al final del capítulo.

**ACTIVIDADES**

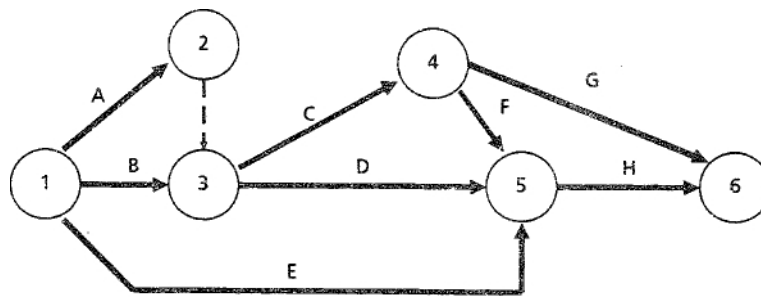
- 1) Parar el coche
- 2) Abrir cajuela
- 3) Bajar llanta B
- 4) Bajar gato
- 5) Bajar llave de cruz
- 6) Poner gato
- 7) Aflojar tuercas
- 8) Subir coche
- 9) Quitar llanta M
- 10) Poner llanta B,
- 11) Apretar tuercas
- 12) Bajar gato
- 13) Guardar llanta M
- 14) Guardar gato
- 15) Guardar llave
- 16) Cerrar cajuela
- 17) Arrancar

**DURACIÓN**

- 5s
- 30s
- 30s
- 10s
- 15s
- 10s
- 60s
- 30s
- 15s
- 30s
- 60s
- 10s
- 20s
- 15s
- 10s
- 5s
- 10s



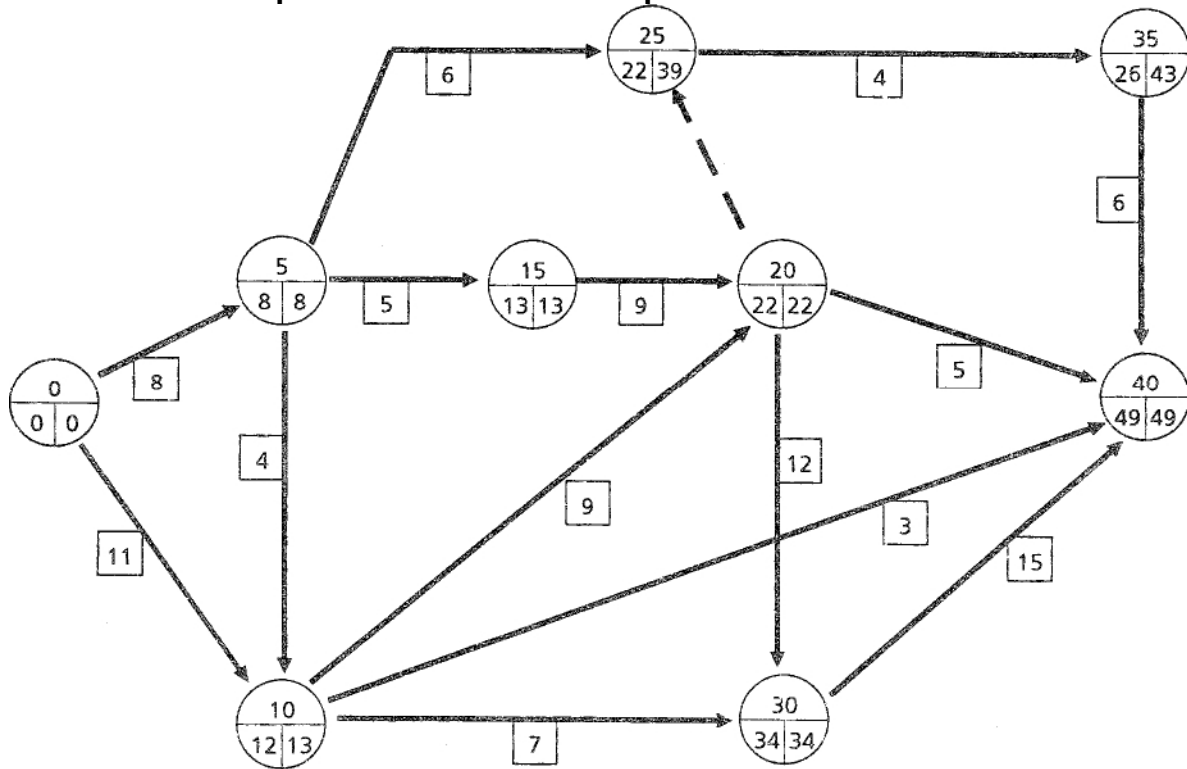
**Problema 1 (Solución)**



**Problema 2 (Solución)**



### Reporte del estado de tiempo de las actividades

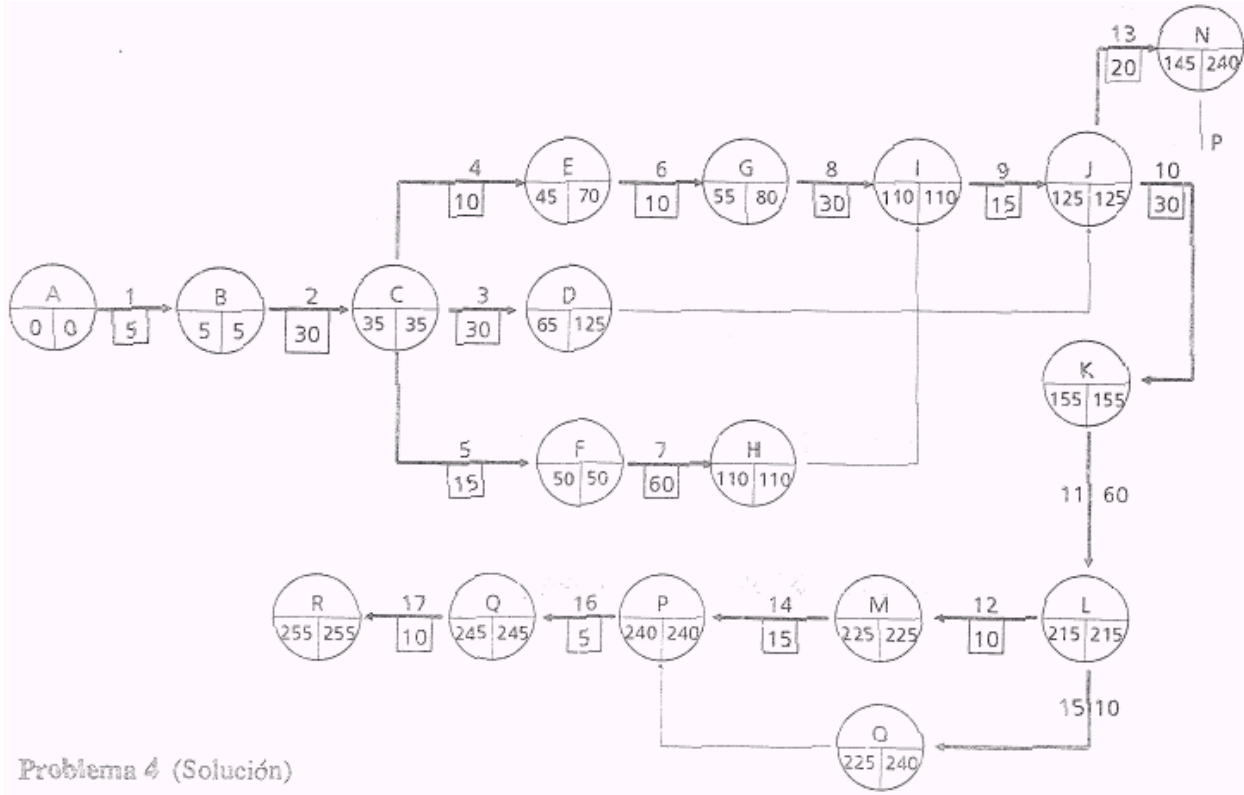


### Problema 3 (Solución)

Hecho Inic - Term.	Duración	Tiempos próximos		Tiempos remotos		Holgura	
		Inicia	Termina	Inicia	Termina	Totales	Libres
0- 5	8	0	8	0	8	0	0
0-10	11	0	11	2	13	2	1
5-10	4	8	12	9	13	1	0
5-15	5	8	13	8	13	0	0
5-25	6	8	14	33	39	25	8
10-20	9	12	21	13	22	1	1
10-30	7	12	19	27	34	15	15
10-40	3	12	15	46	49	34	34
15-20	9	13	22	13	22	0	0
20-25	0	22	22	39	39	17	0
20-30	12	22	34	22	34	0	0
20-40	5	22	27	44	49	22	22
25-35	4	22	26	39	43	17	0
30-40	15	34	49	34	49	0	0
35-40	6	26	32	43	49	17	17

### Problema 3 – A (solución)

## Reporte del estado de tiempo de las actividades



Núm. de eventos	Núm. de actividades	Descripción de la actividad	Tiempo próximo		Tiempo remoto		Holgura	Observ.
			Inicio	Término	Inicio	Término		
A-B	1	Parar el coche	0	5	0	5	0	Crítica
B-C	2	Abrir cajuela	5	35	5	35	0	Crítica
C-D	3	Bajar llanta B	35	65	95	125	60	No crítica
C-E	4	Bajar gato	35	45	60	70	15	No crítica
C-F	5	Bajar llave de X	35	50	35	50	0	Crítica
E-G	6	Poner gato	45	55	70	80	25	Crítica
F-H	7	Aflojar tuercas	50	110	50	110	0	Crítica
G-I	8	Subir coche	55	85	80	110	0	Crítica
I-J	9	Quitar llanta M	110	125	110	125	0	Crítica
J-K	10	Poner llanta B	125	155	125	155	0	Crítica
K-L	11	Apretar tuercas	155	215	155	215	0	Crítica
L-M	12	Bajar gato	215	225	215	225	0	Crítica
J-N	13	Guardar llanta M	125	145	220	240	95	No crítica
M-P	14	Guardar gato	225	240	225	240	0	Crítica
L-O	15	Guardar llave X	215	225	230	240	15	No crítica
P-Q	16	Cerrar cajuela	240	245	240	245	0	Crítica
Q-R	17	Arrancar	245	255	245	255	0	Crítica

Tiempo total de duración del proyecto, 255 seg. = 4' 15"

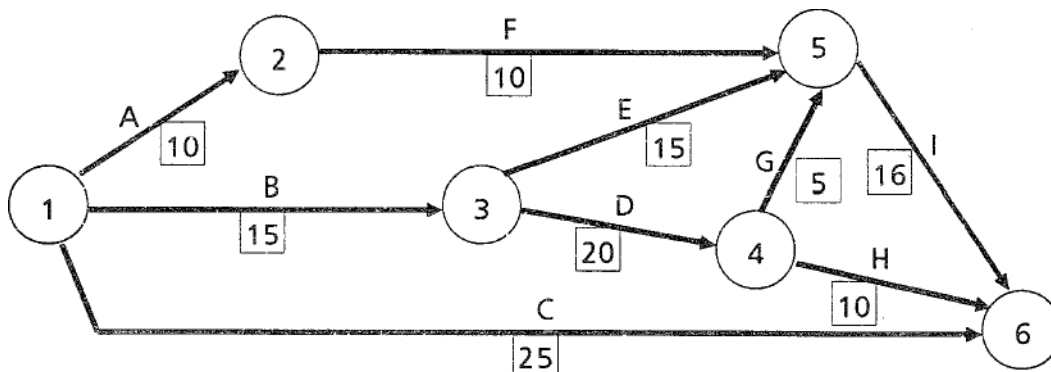
Problema 4-A (Solución)

## Gráficas de etapas predeterminadas

Gráficas de etapas predeterminadas:

ACTIVIDAD	NÚMERO DE SEMANAS									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
A	=====									
B	=====									
C	=====									
D				=====						
E				=====						
F			=====							
G								=====		
H								=====		
I								=====		

### Problema 5-1 (Solución)



**Problema 5-2 (Solución)** Red de flechas para las operaciones mostradas en la gráfica de etapas predeterminadas.

## Práctica para el capítulo 3

### Caso práctico 1

La empresa Partes Industriales, S.A., celebró en 1973 un contrato con dos importantes firmas ensambladoras de automóviles en México, para proveerlos de diferentes accesorios. Como consecuencia de lo anterior se ha incrementado notablemente su producción, y por tanto, sus ventas, lo cual ha traído aparejada una expansión de la empresa en todos sentidos.

Con base en lo anterior el consejo administrativo ha pensado en la posibilidad de instalar un sistema de procesamiento de información a base de computadora, que permita un tratamiento oportuno de los datos, a fin de que provea a los niveles

gerenciales con elementos de juicio suficientes y oportunos para la toma de decisiones. Para tal efecto se constituyó un comité de análisis, estudio, proposición e implantación de sistemas, compuesto por el gerente administrativo, el gerente de finanzas, el gerente de ventas y el de producción, además de dos analistas y el asesor de un despacho especializado en materia de informática.

A fin de poder estar en condiciones de hacer un planteamiento claro del proyecto que se desea iniciar y tener bases constantes de control del avance de las actividades, así como para poder responsabilizar a todos los participantes en el proyecto, se ha estimado conveniente someterlo a un sistema que proporcione estos elementos y que provea de información diaria mediante reportes a los miembros del consejo administrativo.

Como los trabajos se encuentran en su etapa de arranque y en este momento ya se conocen las actividades a desarrollar, se le ha encomendado a usted, como asesor técnico de este comité de estudio, lo siguiente: que prepare un plan de trabajo, considerando las actividades que se presentan en el cuadro anexo, las cuales se han dividido en 5 fases; que determine el tiempo máximo en el cual deberán quedar terminados los trabajos y que especifique cuáles actividades deberán cumplirse en un tiempo que no permita retraso.

Se ha programado una junta plenaria del comité, en la cual usted deberá presentar un documento en el que refleje el plan y que sirva como punto de partida para su control. Deberá acompañar dicho documento con una gráfica que muestre objetivamente todas y cada una de las actividades, su interrelación y su secuencia, así como todos los papeles de trabajo que complementen su informe, a fin de que sean ampliamente discutidos. De lo anterior dependerá la firma de su contrato de prestación de servicios profesionales.

Proyecto de instalación				
Descripción de la actividad	Duración			Responsable
	to	tn	tp	
<b>Fase I: Administración</b>				
1. Aprobación del proyecto	1	1	1	Comité
2. Aprobación del diseño de los nuevos sistemas	5	4	9	Comité
3. Aprobación de las especificaciones del equipo	2	3	4	Comité
4. Firma del contrato de arrendamiento del equipo	1	1	1	Gte. admvo.
5. Aprobación del plan de contratación de personal	3	4	5	Comité
6. Aprobación del programa de capacitación a analistas, programadores y operadores del equipo	1	3	5	Comité
7. Aprobación de las pruebas de funcionamiento del equipo	3	11	7	Comité

**Proyecto de instalación (continuación)**

Descripción de la actividad	Duración			Responsable
	to	tn	tp	
<b>Fase II: Análisis y programación</b>				
1. Investigación de los sistemas actuales de trabajo	30	60	90	Analistas
2. Definición de los objetivos de los nuevos sistemas	8	9	16	Comité
3. Diseño de los sistemas orientados al computador	80	90	100	Analistas
4. Definición de los programas de computadora necesarios	10	12	14	Analistas
5. Definición y diseño de los archivos necesarios	4	8	6	Analistas
6. Elaboración de los programas de computadora	13	27	29	Proveedor
7. Captura de los programas	1	3	5	Proveedor
8. Compilación de los programas	1	2	3	Proveedor
9. Prueba de los programas	2	5	8	Proveedor
10. Aprobación de los programas	1	1	1	Comité
<b>Fase III: Contratación de equipo</b>				
1. Proposición del equipo de cómputo	1	1	1	Proveedor
2. Prueba del equipo en una instalación similar (funcionamiento)	1	2	3	Proveedor
3. Modificaciones al contrato	3	5	7	Comité
4. Discusión del contrato	3	6	9	Comité
5. Ajustes finales al contrato	7	10	12	Comité
6. Firma del contrato	2	2	2	Consejo
<b>Fase IV: Contratación y capacitación de personal</b>				
1. Reclutamiento de personal especializado	10	15	20	Gte. admvo.
2. Entrevistas previas con los precandidatos	18	20	25	Gte. admvo.

### Proyecto de instalación (continuación)

Descripción de la actividad	Duración			Responsable
	to	tn	tp	
3. Aplicación de pruebas de aptitud y actitud	1	2	4	Gte. admvo.
4. Calificación de pruebas	4	5	8	Gte. admvo.
5. Ejecución de entrevistas	6	13	14	Comité
6. Contratación de personal	1	2	3	Gte. admvo.
7. Determinación de las necesidades de capacitación del personal	7	9	11	Gte. admvo.
8. Elaboración de programas de capacitación	5	4	9	Gte. admvo.
9. Selección de instalaciones para el desarrollo de los cursos	1	1	7	Comité
10. Selección de instructores	2	3	4	Comité
11. Desarrollo de cursos de capacitación	25	30	35	Gte. admvo.
Fase V: Instalación de equipo				
1. Diseño de la configuración del sistema	4	8	6	Analista gte.
2. Pedido del equipo	1	1	1	Comité
3. Pedido del equipo adicional (aire acondicionado, reguladores, etcétera)	1	1	1	Comité
4. Selección del local para la instalación	2	3	4	Comité
5. Acondicionamiento del local	15	20	25	Gte. admvo.
6. Instalación eléctrica	3	4	5	Gte. admvo.
7. Transporte del equipo	4	8	6	Proveedor
8. Instalación física del equipo	3	11	7	Proveedor
9. Pruebas de funcionamiento del equipo	10	12	14	Proveedor
10. Entrega del equipo	1	1	1	Proveedor

## Caso práctico 2

Un estudiante desea obtener un grado para lo cual debe llevar siete cursos de matemáticas, dos cursos de estadística y dos cursos de física, además de un curso de físico-matemáticas. Todos los cursos se anotan abajo y son ofrecidos cada semestre.

¿Cuál es el máximo número de semestres que le llevará obtener el grado, tomando en cuenta la tabla 3-1.?

**Tabla 3-1**

<b>Clave</b>	<b>Materia</b>	<b>Requisito</b>
M101	Cálculo I	Ninguno
M102	Cálculo II	M101.
M103	Matemáticas Finitas	Ninguno.
M104	Cálculo III	M102, M103.
E1	Estadística Básica	M103.
E2	Estadística Avanzada	E1, M102.
F1	Física I	M101.
F2	Física II	F1, M102.
M108	Cálculo Avanzado	M104.
M109	Físico-Matemáticas	M108, F2.
M110	Variables Complejas	M108.
M111	Variables Reales	M110.
	Grado	M109, M110, E2o.

## Caso práctico 3

### **Proyecto de organización de un departamento de sistemas y procedimientos**

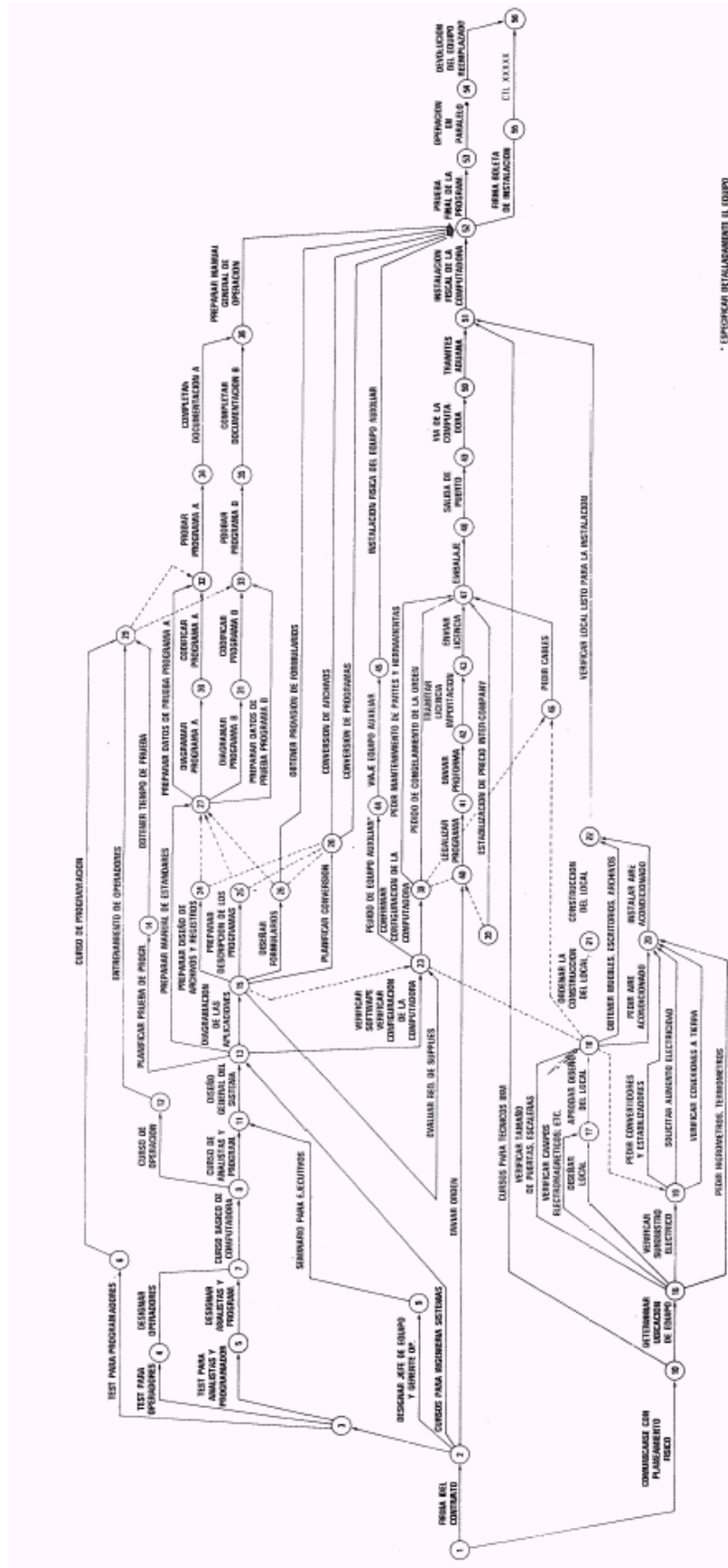
<i>Actividades</i>	<i>Días</i>
1. Definición del problema y objetivos del estudio	5
2. Investigación preliminar	5
3. Autorización del estudio	2
4. Formulación del plan de trabajo	2
5. Recopilación de datos	15
6. Estudio de sistemas similares a otras empresas	10
7. Estudio literatura técnica	10

<i>Actividades</i>	<i>Días</i>
8. Resumen de la investigación	2
9. Análisis de datos	10
10. Determinación de requerimientos	5
11. Planteo de alternativas y presentación	5
12. Toma de decisiones - autoridades competentes	5
13. Diseño de nuevo sistema	5
14. Definición de funciones, actividades y operaciones	20
15. Departamentalización	5
16. Descripción de puestos	10
17. Determinación de recursos humanos y materiales	2
18. Elaboración de manuales e instructivos	10
19. Reclutamiento de personal	10
20. Selección	2
21. Introducción de personal	1
22. Determinación de necesidades de mecanización	5
23. Investigación de mercado en materia de equipos	10
24. Selección de equipo	5
25. Aprobación y contratación del equipo	10
26. Instalación del equipo	10
27. Requerimientos de mobiliario y equipo	5
28. Selección y aprobación del mobiliario	5
29. Adquisición del mobiliario	10
30. Distribución del espacio	2
31. Operación del sistema	5
32. Evaluación y medidas correctivas	5

#### Caso práctico 4

Modelo de una red para la planeación y control de una instalación de un Sistema E.D.P. (procesamiento electrónico de datos).





\* ESPECIFICAR DETALLADAMENTE EL EQUIPO AUXILIAR PUESTO

**CASO PRACTICO 4**  
**MODELO DE UNA RED PARA LA**  
**PLANEACION Y CONTROL DE UNA INSTALACION DE UN SISTEMA**  
**DE E.D.P.**

