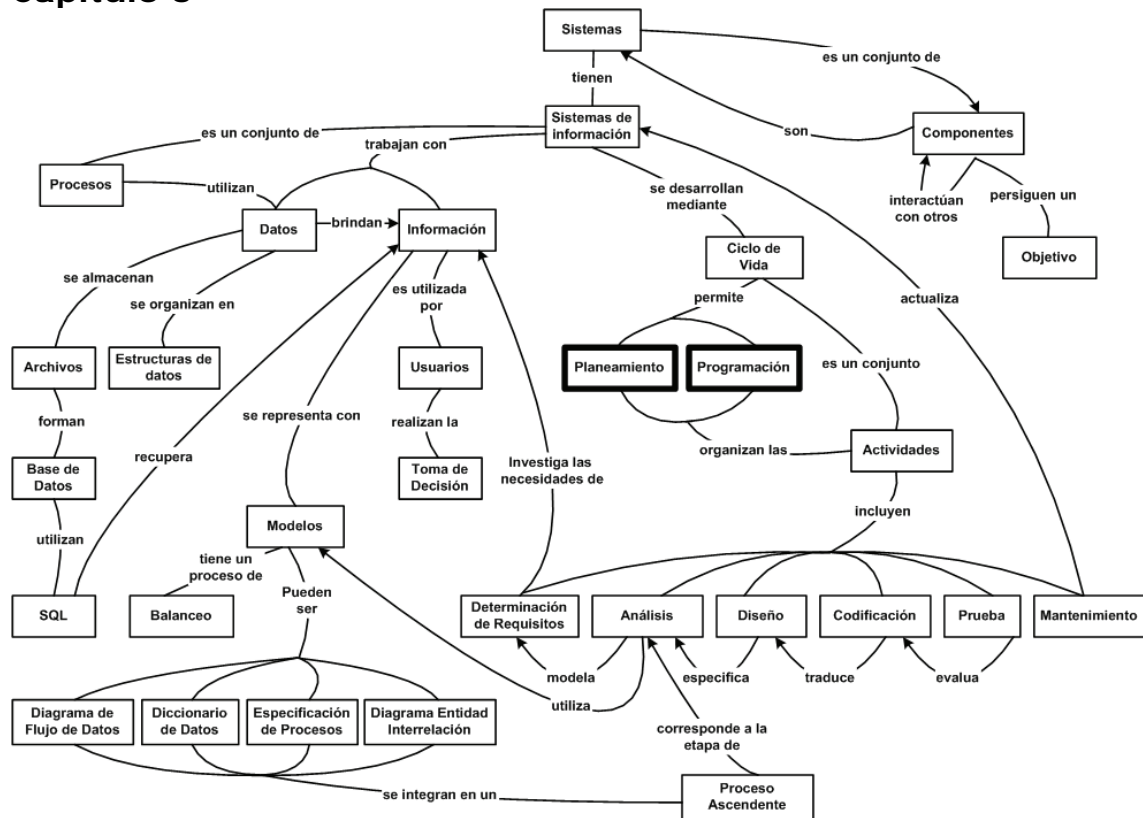




## Lectura requerida

Neil C. G.; **Análisis de Sistemas. Un enfoque conceptual.** 2da. Edición. Buenos Aires, UAI, 2005.

## Capítulo 5



## Planeamiento y Programación de Proyectos

Un proyecto, cualquiera sea su característica, se puede considerar como la sucesión de un conjunto de tareas interrelacionadas que deben ejecutarse en un orden determinado y con el fin de alcanzar un objetivo. Cuando se emprende la realización de un proyecto se reconoce en su desarrollo tres etapas bien diferenciadas: el planeamiento, la programación y el control.

El planeamiento establece qué debe hacerse y en qué secuencia. La programación determina cuándo debe hacerse, esto es, acota en el tiempo lo pla-

neado. Y, por último, el control se encarga de verificar si se cumple con lo planeado y lo programado anteriormente.

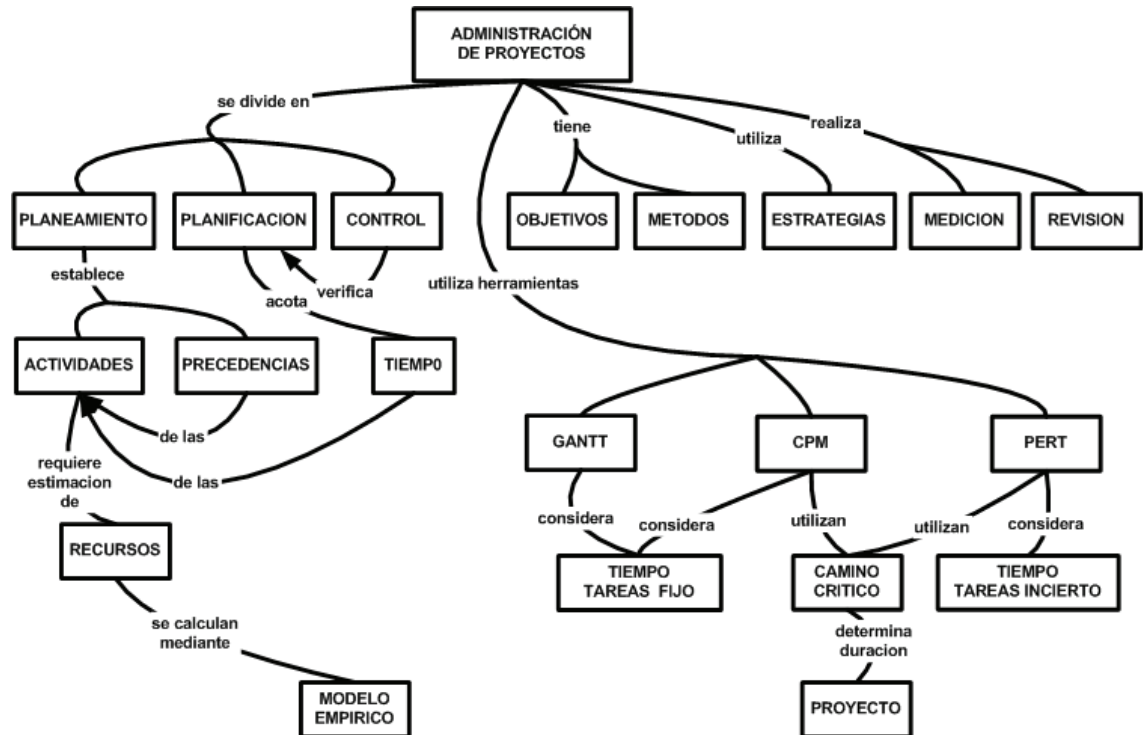


Figura 5.1: Mapa conceptual de "Planeamiento y Programación de Proyectos"

El análisis y diseño de sistemas de información involucra una serie de actividades diversas que al integrarse constituyen un proyecto informático. Los recursos críticos que se utilizarán no siempre estarán disponibles en el momento en que se los requiere. Esto incluye a los miembros importantes del personal que, por distintas razones, pueden no estar disponibles y la estimación original de la cantidad de trabajo necesario que es muy difícil de mensurar.

El administrador no sólo administra tareas sino personas. Debe asegurarse, por lo tanto, que todos los analistas, diseñadores y programadores estén realizando lo que deben hacer cuando deban hacerlo.

Por tal motivo, se precisan técnicas que permitan distribuir los esfuerzos en el tiempo, a fin de concluir exitosamente el proyecto en el momento proyectado y con los recursos previstos.



## **5.1. LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

La administración de proyectos consiste en la planificación, la programación y el control de los recursos humanos, técnicos y económicos para alcanzar un objetivo. Esto se logra a través de una organización específica, de la definición de roles, funciones y responsabilidades de todos los miembros participantes, del uso de herramientas y de la aplicación de técnicas adecuadas de estimación de recursos, de la programación de las actividades, de la distribución de recursos en el tiempo y de la comparación entre la ejecución real y la programada.

## **5.2. LA PLANIFICACIÓN**

Una planificación adecuada de un proyecto tiene características distintivas. Debe ser creativa en la utilización de herramientas y en la adaptación de las mismas a los requerimientos del proyecto. Tiene que ser flexible al observar el impacto del cambio y adaptarse a él. Debe ser monitoreada constantemente mediante controles. Además, debe ser analítica, esto es, explorar los factores externos e internos que permitan identificar variables e incertidumbres.

En cambio, un proyecto mal planificado se lo reconoce, entre otras cosas, por un inicio inapropiado, por la pérdida del entusiasmo de los responsables, por la confusión e incertidumbre y por la búsqueda de los culpables.

Los pasos a seguir para la realización de una planificación adecuada, incluyen la determinación de los trabajos a realizar, la estructuración de los mismos, la estimación del esfuerzo requerido, la programación de la secuencia lógica, la determinación de las duraciones sin tener en cuenta las restricciones y la administración de los recursos a partir de las limitaciones.

## **5.3. EL DIAGRAMA DE GANTT**

El diagrama de Gantt es una de las técnicas más simples utilizadas en la administración de proyectos y consiste en representar las tareas por medio de barras, cuyas longitudes son proporcionales a la duración de las tareas. Fue uno de los intentos de mayor aceptación para el seguimiento de un proyecto y aún se lo sigue utilizando como complemento de los métodos posteriores. Como ventaja principal, se destaca la sencillez y la facilidad de comprensión al integrar gráficamente la planificación, la programación y el progreso del proyecto. Permite visualizar rápidamente los elementos principales, su programación en el tiempo y, además, el progreso en cada uno de ellos.

Como desventaja se puede mencionar que no permite determinar el impacto del atraso o adelanto de alguna de las tareas sobre la fecha de terminación del proyecto, esto es debido a que las tareas no están interrelacionadas, el nivel de detalle no es suficiente para detectar a tiempo los retrasos en el programa

y no permite la evaluación de diferentes alternativas. Además, se complica su lectura por su extensión en proyectos de envergadura.

Para su realización se debe estructurar el proyecto en sus principales tareas, estimar el tiempo requerido para efectuar cada una de ellas, listar las tareas y representar su duración por una barra o rectángulo teniendo en cuenta la secuencia de cada una de ellas indicando, periódicamente, el progreso de cada actividad.

En forma práctica, una vez establecidas las tareas, su duración y precedencias, se grafica, a partir de la primera tarea y de acuerdo a su precedencia y en longitud proporcional a su duración, todas las demás actividades en un grafico bidimensional. En el eje de las abscisas se establece una escala temporal y en el de las ordenadas las tareas.

A partir del siguiente ejemplo (tabla 5.1), se ilustrará la realización de un diagrama de Gantt (figura 5.2). La simplicidad de su construcción ahorra innecesarias explicaciones.

Actividad	Duración	Precedencia
A	2	-----
B	3	-----
C	1	B
D	1	A, C
E	2	D
F	1	E

Tabla 5.1: Listado de actividades

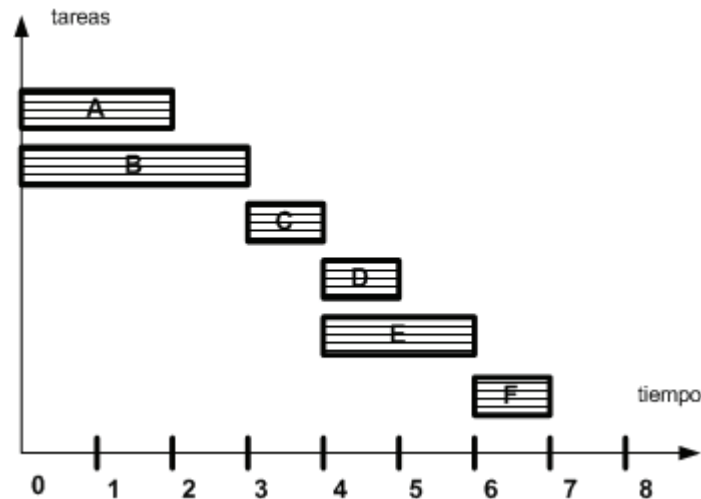


Figura 5.2: Diagrama de Gantt

## 5.4. EL MÉTODO DEL CAMINO CRÍTICO

El método de Gantt tiene como principal ventaja su simplicidad pero en proyectos más complejos es necesaria una mayor información. Se han propuesto otros métodos para la administración de proyectos, las técnicas llamadas PERT (Program Evaluation and Review Technique) y CMP (Critical Path Method) permiten mayor detalle en el seguimiento de un proyecto que el diagrama de Gantt.

En general, estas técnicas resultan útiles para una gran variedad de proyectos que contemplen la investigación y el desarrollo de nuevos productos y procesos, el diseño e implantación de sistemas informáticos, etc.

En proyectos con las características antes detalladas, los administradores deben programar y coordinar las diversas tareas, de manera que se pueda terminar a tiempo el proyecto completo. Por lo general las actividades a desarrollar en un proyecto no son necesariamente secuenciales, y aún en ese caso estas actividades son interdependientes. Si bien es cierto que algunas tareas dependen de la terminación de otras para su inicio, se puede dar el caso de actividades en paralelo que originan el inicio de una tercera.

Las preguntas esenciales en la elaboración de un proyecto son:

- ¿Cuál es el tiempo total que se requiere para terminar el proyecto?
- ¿Cuáles son las fechas programadas de inicio y de terminación para cada actividad específica?
- ¿Qué actividades son "críticas" y deben terminarse exactamente según lo programado para poder mantener el proyecto dentro del programa?
- ¿Cuánto se pueden demorar las actividades "no críticas" antes de que ocasionen demoras en el proyecto total?

Las técnicas en administración de proyectos, denominadas CPM y PERT, ayudan a responder las preguntas anteriores.

Aunque ambas técnicas tienen el mismo propósito general y utilizan en buena medida la misma terminología, se desarrollaron en forma independiente. Se presentó el método PERT a finales de los años 1950 para especificar las tareas de planear, programar y controlar el proyecto de desarrollo de los misiles Polaris. Como muchas de las tareas relacionadas con el proyecto nunca se habrían considerado antes, resultaba difícil pronosticar el tiempo necesario para terminar las diversas tareas. En consecuencia, se desarrolló la técnica PERT con el objetivo de permitir administrar las incertidumbres en los tiempos de terminación de las actividades.

Por otro lado, el CPM se ideó para desarrollar y controlar proyectos industriales en donde se consideraba que se conocían los tiempos de las tareas o actividades.

#### 5.4.1. LA MALLA CPM

La primera fase del proceso de programación de proyectos con CPM consiste en determinar las tareas específicas que lo conforman.

Se ilustrará la construcción del diagrama con un ejemplo referido a un proyecto de desarrollo de sistemas. Se considerará una lista simple de cuatro actividades que se muestran en la tabla 5.2.

Actividad	Descripción	Duración	Precedencia
A	Determinación de requerimientos	2	-----
B	Análisis	3	-----
C	Diseño	1	B
D	Codificación	1	A, C

Tabla 5.2: Listado de actividades

La precedencia de una actividad específica son todas las actividades que, cuando terminan, permiten el inicio de la actividad en cuestión. Por ejemplo, en la lista de actividades anterior se señala que se puede comenzar el trabajo correspondiente a las actividades A y B en cualquier momento, puesto que ninguna tarea depende de la terminación de las actividades anteriores. Sin embargo, no puede iniciarse la actividad C hasta que haya terminado la activi-

dad B, y no puede iniciarse la actividad D hasta que hayan concluido las actividades A y C. Como se verá, es necesario conocer la información sobre los antecedentes inmediatos de cada actividad, con objeto de describir las interdependencias entre las tareas del proyecto.

A continuación se dibuja una malla (figura 5.3) que, no sólo ilustra las actividades que se listan en la tabla anterior, sino que también muestra las relaciones de precedencia entre las tareas. A esta representación gráfica se le denomina malla CPM para el proyecto. A diferencia de los gráficos del método de Gantt, la longitud del arco o línea que una dos nodos es independiente de la duración de la tarea que representa.

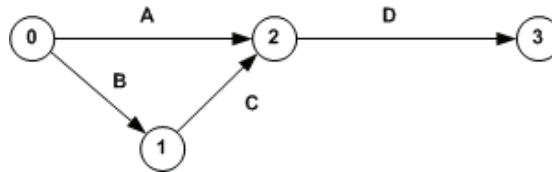


Figura 5.3: Malla CPM

Actividad	Duración	Precedencia
A	1	----
B	2	----
C	1	B
D	2	A, C
E	2	C
F	3	C
G	1	D, E, F

Tabla 5.3: Listado de actividades

Los nombres de las actividades, en este caso letras, se muestran sobre los arcos de la malla. Los círculos o nodos de la malla, corresponden al inicio o terminación de las actividades. La conclusión de todas las actividades que conducen a un nodo se denomina evento. Por ejemplo, el nodo 1 de la figura 5.3, corresponde al evento de la terminación de la actividad B y el nodo 2 corresponde al evento de la terminación de la actividad A y C.

Se elaborará una malla para un proyecto genérico que tiene las siguientes actividades (tabla 5.3), con sus respectivos antecedentes y duraciones.

Una fragmento de la malla CPM que podría utilizarse para las primeras cuatro actividades es la siguiente (figura 5.4):

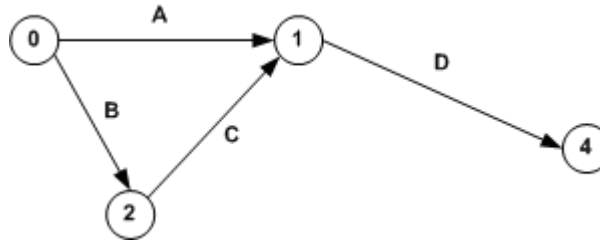


Figura 5.4: Malla CPM

Esta porción de malla no ocasiona ningún problema específico para la actividad D debido a que muestra, correctamente, que las actividades A y C son los antecedentes inmediatos. Sin embargo, cuando se intenta añadir la actividad E a la malla (figura 5.4), se presenta un problema. En primer lugar, se podría intentar incluir la actividad E comenzando en el nodo 1. Sin embargo, esto significaría que las actividades A y C son antecedentes inmediatos para la actividad E, lo cual es incorrecto. Con referencia al programa original de actividades para el proyecto, se observa que el único antecedente inmediato de la actividad E es la actividad C.

Se puede evitar el problema anterior incluyendo una actividad ficticia la cual, como su nombre lo indica, no es una actividad real, sino una actividad supuesta que tiene duración nula y sólo sirve para asegurar que se grafica en la malla las relaciones adecuadas de precedencia entre las actividades. Por ejemplo, puede añadirse el nodo 3 e insertar una actividad ficticia, señalada mediante una línea punteada del nodo 3 al nodo 1, lo cual conforma la malla que se muestra a continuación (figura 5.5):

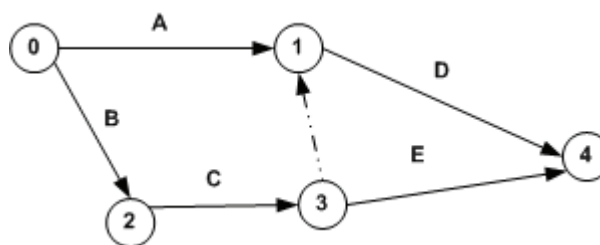


Figura 5.5: Malla CPM

Haciendo este cambio en la malla, y comenzando la actividad E en el nodo 3, se tiene que su única actividad antecedente es la C, lo cual es correcto. La actividad ficticia no tiene requisito de tiempo, porque sólo se utiliza para conservar las relaciones adecuadas de precedencia en la malla. Obsérvese que la inclusión de la actividad ficticia muestra también correctamente que las actividades A y C son antecedentes inmediatos de la actividad D.



La terminación de la malla de siete actividades se puede ilustrar de la siguiente manera (figura 5.6):

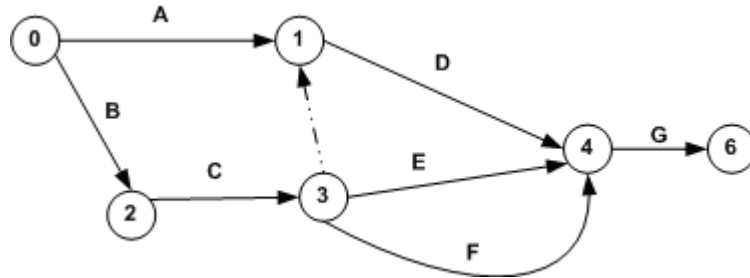


Figura 5.6: Malla CPM

Nótese la forma en que la malla identifica correctamente que las actividades D, E y F son los antecedentes inmediatos de la actividad G (figura 5.6). Sin embargo, las actividades E y F comienzan, ambas, en el nodo 3 y terminan en el nodo 4. Esta situación ocasiona problemas para ciertos programas de computación que utilizan nodos inicial y final para identificar las actividades de una malla CPM. En estos programas, el procedimiento computacional consideraría que las actividades E y F son la misma, puesto que tienen los mismos nodos inicial y final. Cuando se presenta esta condición, pueden añadirse actividades ficticias a la malla para asegurarse de que ningún par de actividades tengan los mismos nodos inicial y final. Utilizando el nodo 5 y una actividad ficticia (figura 5.7), se elimina este problema para las actividades E y F.

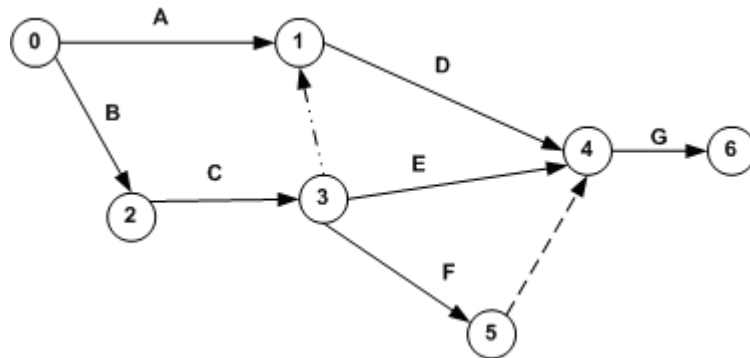


Figura 5.7: Malla CPM

Se pueden utilizar actividades ficticias para identificar en forma correcta las relaciones de precedencia así como también eliminar la posible confusión que pudiera ocasionar el hecho de que dos o más actividades tengan los mismos nodos inicial y final. Aunque es posible que no se requieran actividades ficticias para todas las mallas CPM, los proyectos más grandes o más complejos

pueden requerir de muchas de estas actividades para poder esquematizar o trazar en forma apropiada la malla CPM.

### 5.4.2. EL CAMINO CRÍTICO

Dentro de la malla CPM existen diversos caminos, estos recorridos están formados por las distintas tareas que van desde la tarea correspondiente al nodo inicial, hasta las que concluyen en el nodo final. Por ejemplo, los caminos A-D-G; B-C-E-G; B-C-D-G y B-C-F-G de la figura 5.7. Existen en la malla CPM uno o más de estos caminos, denominados críticos, en donde un retraso en cualquiera de las tareas que pertenecen a esa ruta implicará un inevitable retraso de todo el proyecto.

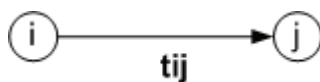
Se definirán algunos conceptos para la determinación del camino crítico.

#### 5.4.2.1. LA FECHA TEMPRANA DE UN SUCESO

Un suceso indica la finalización de una actividad y con ello la posibilidad de comenzar la siguiente tarea, estos sucesos o nodos no insumen tiempo, son instantáneos. En cambio las tareas consumen un tiempo determinado para su ejecución.

Un suceso no puede comprobarse antes de que finalicen todas las tareas que lleguen a él. Puede suceder, sin embargo, que no todas las tareas que concurren a un nodo finalicen al mismo tiempo. El suceso, entonces, se verifica en el momento en que finaliza la tarea concurrente a él que finalice última. Las fecha de ocurrencia de un suceso indican cuando pueden comenzar la o las tareas siguientes a ese nodo. Se dice que pueden comenzar pero no, necesariamente, que deban comenzar. Esa fecha se la denomina fecha temprana de un suceso.

La determinación de la fecha temprana del nodo destino, se calcula sumando a la fecha temprana del nodo origen la duración de la tarea (figura 5.8).



$$Te_j = Te_i + t_{ij}$$

Figura 5.8: Fecha temprana de un suceso

Siendo  $Te_j$ , la fecha temprana del nodo destino;  $Te_i$ , la fecha temprana del nodo origen y  $t_{ij}$ , la duración de la tarea. Para el nodo inicial, la fecha temprana es cero.

Si existe sólo una tarea que concurre a ese nodo, el valor del cálculo resulta la fecha temprana. Si hay más de una tarea concurrente al nodo, la fecha temprana será la mayor de todas las que concurren a ese nodo. Esto es debido a que la fecha temprana de un suceso es aquella en la que concluyen todas las tareas que concurren a él, en consecuencia debe tomarse la mayor.

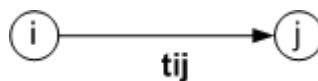
#### 5.4.2.2. LA FECHA TARDÍA DE UN SUCESO

La verificación de un suceso implicaba la finalización de una o más tareas y ese, por consiguiente, era el momento en que podrían comenzar la o las tareas siguientes, ese instante se denomina fecha temprana de un suceso. Pero, si no comienzan la o las tareas en ese momento, ¿hasta cuándo puede retrasarse su comienzo sin alterar la fecha de finalización del proyecto?.

Es evidente que debe existir una fecha en la que, inevitablemente, debe comenzar una tarea para que no se alargue la duración total del proyecto, a esa fecha se la denomina fecha tardía de un suceso o nodo.

La determinación de la fecha tardía de un nodo se calcula restando a la fecha tardía del nodo destino la duración de la tarea (figura 5.9).

Siendo  $T_{ai}$ , la fecha tardía del nodo origen;  $T_{aj}$ , la fecha tardía del nodo destino y  $t_{ij}$ , la duración de la tarea. Se toma como fecha tardía del suceso final del proyecto su fecha temprana. Es decir, que en el suceso final del proyecto coinciden la fecha temprana y la fecha tardía. A partir de ahí se va retrocediendo hasta el nodo inicial de la malla. En modo inverso a la determinación de la fecha temprana de un suceso, si de un nodo parte más de una tarea, para el cálculo de la fecha tardía del suceso se utiliza el valor menor.



$$T_{ai} = T_{aj} - t_{ij}$$

Figura 5.9: Fecha tardía de un suceso

#### 5.4.2.3. EL MARGEN TOTAL

Las fechas tardías y las tempranas se calculan para los nodos o sucesos. En cambio, el margen total se calcula para las tareas y se determina restandole a la fecha tardía del nodo destino la fecha temprana del nodo origen y la duración de la tarea (figura 5.10)



$$MT = T_{aj} - T_{ei} - t_{ij}$$

Figura 5.10: Margen total

El margen total establece, para cada tarea, la flexibilidad que tiene esa actividad con relación al retraso en su comienzo. Cuando el margen total es cero, esa tarea se la denomina crítica, cualquier retraso en esas actividades, retrasa irremediabilmente el proyecto. Por tal motivo, es en ese conjunto de tareas donde la atención debe ser dirigida constantemente. A partir de un ejemplo se detallará la construcción del camino crítico (Tabla 5.4).

Se determinará, a partir del nodo inicial de la malla CPM del ejemplo, las fechas tempranas para cada suceso (figura 5.11)

$$\begin{aligned} \text{Suceso 0 : } T_{e_0} &= 0 \\ \text{Suceso 1 : } T_{e_1} &= T_{e_3} + t_{31} = 3 + 0 = 3 \\ \text{Suceso 2 : } T_{e_1} &= T_{e_0} + t_{02} = 0 + 2 = 2 \\ \text{Suceso 3 : } T_{e_1} &= T_{e_2} + t_{23} = 2 + 1 = 3 \\ \text{Suceso 4 : } T_{e_1} &= T_{e_5} + t_{54} = 6 + 0 = 6 \\ \text{Suceso 5 : } T_{e_1} &= T_{e_3} + t_{35} = 3 + 3 = 6 \\ \text{Suceso 6 : } T_{e_1} &= T_{e_4} + t_{46} = 6 + 1 = 7 \end{aligned}$$

Figura: 5.11: Fechas tempranas

Actividad	Duración	Precedencia
A	1	----
B	2	----
C	1	B
D	2	A, C
E	2	C
F	3	C
G	1	D, E, F

Tabla 5.4: Listado de Actividades

Se determinará, a partir del nodo final de la malla CPM del ejemplo, las fechas tardías para cada suceso (figura 5.12).

$$\begin{aligned}\text{Suceso 0 : } Ta_0 &= Ta_2 - t_{02} = 2 - 2 = 0 \\ \text{Suceso 1 : } Ta_1 &= Ta_4 - t_{14} = 6 - 2 = 4 \\ \text{Suceso 2 : } Ta_2 &= Ta_3 - t_{23} = 3 - 1 = 2 \\ \text{Suceso 3 : } Ta_3 &= Ta_5 - t_{35} = 6 - 3 = 3 \\ \text{Suceso 4 : } Ta_4 &= Ta_6 - t_{46} = 7 - 1 = 6 \\ \text{Suceso 5 : } Ta_5 &= Te_4 - t_{45} = 6 - 0 = 6 \\ \text{Suceso 6 : } Ta_6 &= 7\end{aligned}$$

Figura 5.12: Fechas tardías

El margen total para cada tarea de la malla CPM se muestra en la figura 5.13

$$\begin{aligned}\text{Tarea A : } MT_{A [01]} &= Ta_1 - Te_0 - t_{01} = 4 - 0 - 1 = 3 \\ \text{Tarea B : } MT_{B [02]} &= Ta_2 - Te_0 - t_{02} = 2 - 2 - 0 = 0 \\ \text{Tarea C : } MT_{C [23]} &= Ta_3 - Te_2 - t_{23} = 3 - 2 - 1 = 0 \\ \text{Tarea D : } MT_{D [14]} &= Ta_4 - Te_1 - t_{14} = 6 - 4 - 2 = 0 \\ \text{Tarea E : } MT_{E [34]} &= Ta_4 - Te_3 - t_{34} = 6 - 3 - 2 = 1 \\ \text{Tarea F : } MT_{F [35]} &= Ta_5 - Te_3 - t_{35} = 6 - 3 - 3 = 0 \\ \text{Tarea G : } MT_{G [46]} &= Ta_6 - Te_4 - t_{46} = 7 - 6 - 1 = 0\end{aligned}$$

Figura 5.13: Margen total

En la figura 5.14, se muestra la malla CPM con las fechas tempranas y tardías para cada nodo

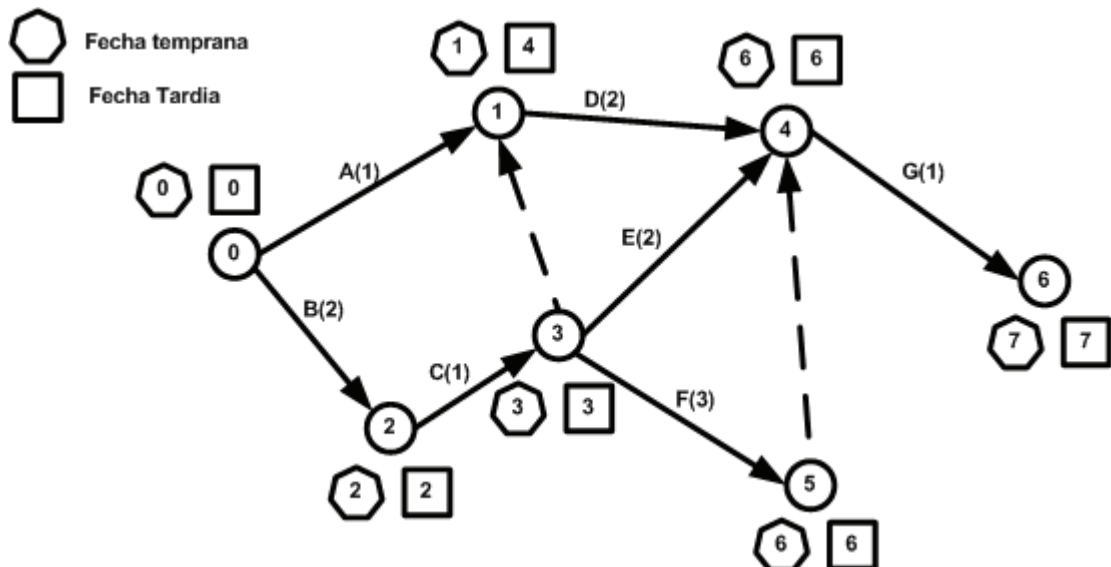


Figura 5.14: Malla CPM del ejemplo

En la figura 5.15, se presenta el camino crítico para el ejemplo, está compuesto por todas las tareas críticas. Las actividades que lo conforman son las B-C-D-F-G.

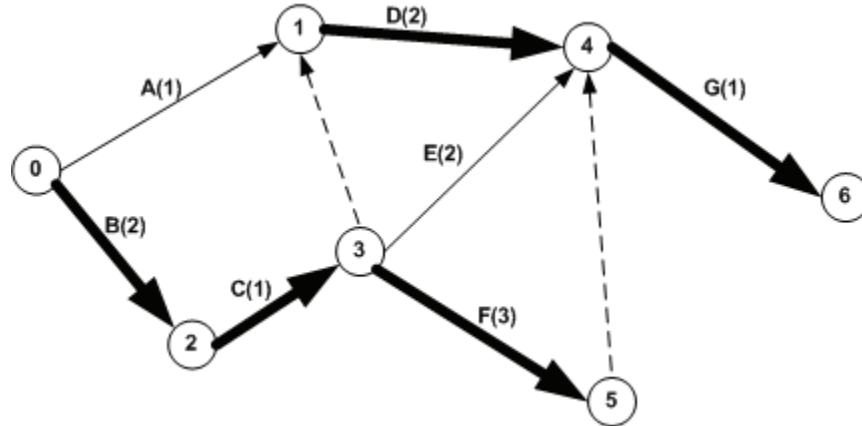


Figura 5.15: El camino crítico

## 5.5. RESUMEN

En el análisis y diseño de sistemas de información se distinguen, en su desarrollo, tres etapas bien diferenciadas, el planeamiento, la programación y el control. El planeamiento establece qué tareas deben hacerse y en qué secuencia. La programación determina cuándo debe hacerse. Por último, el control verifica si se cumple con lo planeado y lo programado.

La administración de proyectos utiliza recursos humanos, técnicos y económicos para alcanzar un objetivo. Esto se logra a través de la definición de roles, funciones y responsabilidades de todos los miembros participantes, del uso de herramientas y la aplicación de técnicas adecuadas de estimación de recursos, de la programación de actividades, la distribución de recursos en el tiempo y la comparación entre la ejecución real y la programada.