

REPUBLICA DE CHILE  
MINISTERIO DE EDUCACION  
CENTRO DE PERFECCIONAMIENTO,  
EXPERIMENTACION E  
INVESTIGACIONES PEDAGOGICAS  
UNIDAD DE FORMACION  
DE ADMINISTRADORES  
DE LA EDUCACION (UFAE)  
PROYECTO-PNUD-UNESCO-CHI-68-529



**Técnicas de  
Programación  
en la  
Administración  
de la Educación**

M459  
1974

TECNICAS DE PROGRAMACION Y  
ADMINISTRACION DE LA EDUCACION

*R. Médard y M. Nuizière*

## INDICE

### I.— Fundamentos

- A.- Introducción
- B.- Método de los potenciales
- C.- Método PERT
- D.- Actividades y Caminos Críticos
- E.- El criterio costo y el CPM

### II.— Práctica

- A.- Condiciones para la utilización de las técnicas de programación
- B.- Ejemplo de utilización

## I.- FUNDAMENTOS

### A. INTRODUCCION

1. Durante el último decenio se desarrollaron una serie de técnicas de gestión que procuraron el núcleo científico de la nueva administración. Estas técnicas surgieron de la aplicación de la Teoría de los Grafos (1) a los problemas de elaboración y de control de los proyectos. Los nombres que las designan fueron ideados por sus creadores: el método de los Potenciales en Francia, el PERT y el CPM en Estados Unidos (2).

El PERT fue creado en 1958, en un esfuerzo por reducir el plazo inicialmente previsto para el desarrollo del Proyecto Balístico Polaris de la Armada de los Estados Unidos. En efecto, además de los problemas técnicos, se planteaban dificultades de **control y de coordinación**. Se atribuye al PERT el haber reducido en más de un año la duración del proyecto.

El C.P.M. nació en 1959 elaborado por la Dupont de Nemours frente a la doble necesidad de resolver problemas de organización y control internos y de frenar la conquista del mercado de asesoría abierto por el éxito del PERT. En cuanto al método de los Potenciales, éste fue el resultado de las investigaciones de B. Roy alrededor de 1960 y se aplicó a la construcción del buque "France".

2. Estos métodos sistemáticos de planificación y de control y, en consecuencia, de corrección, tienen ahora un campo de aplicación muy amplio, a raíz de su gran flexibilidad. A pesar de su variedad los problemas de programación pueden agruparse en dos categorías. Estas son: 1o. **programas de fabricación**, que en su realización suponen el acoplamiento de muchos elementos diversos, para cuya obtención se conocen generalmente los procesos tecnológicos, y 2o. **los programas destinados a la obtención de nuevos productos, o los programas militares o espaciales**, en los cuales para alcanzar el fin propuesto, se requieren extensos trabajos de investigación y desarrollo.

(1) Teoría matemática que forma una parte importante del Algebra lineal.

(2) "Potencial" viene de una analogía eléctrica.

—PERT: "Programa Evaluation and Review Technique" - Técnica para la evaluación y el control de los programas.

—C.P.M.: "Critical Path Method" - Método del camino crítico.

"Ambos tipos de programas, una vez establecido el objetivo (u objetivos) final reúnen las siguientes características:

- 1o. La necesidad de identificar todas las actividades que conducen a la consecución del objetivo final.
- 2o. La necesidad de poner de manifiesto las interrelaciones complejas o incompatibilidades existentes entre las actividades, incluidas las características comunes de tipo técnico o de organización.
- 3o. La necesidad de predecir el resultado, en tiempo y costos, ejecutando todas estas actividades, con un grado de exactitud aceptable.
- 4o. La necesidad de "optimizar" o distribuir entre las actividades, de la mejor manera posible para la ejecución del programa, los recursos limitados de que se dispone.
- 5o. La necesidad de ser flexibles por ejemplo, al producirse cualquier cambio debe ser posible actualizar o ajustar el programa a las nuevas condiciones." (1)

Ahora bien, el administrador de la educación encuentra estas necesidades cuando se trata de establecer, y después controlar, la ejecución, ya sea de un programa de construcción de escuelas, de formación y perfeccionamiento de la docencia, de un cambio de estructuras del sistema educacional, de la iniciación de una campaña de alfabetización, de la implementación de una red de televisión educativa, etc... De manera general, sería provechoso usar el PERT cada vez que se plantee un problema de programa, es decir, que se tome una decisión, que comprometa los recursos actuales y futuros de la administración educacional y que inicia un complejo encadenamiento de operaciones interdependientes, repartidas en el tiempo hacia la localización de un objetivo.

Es la razón por la cual UNESCO ha publicado un documento en el que el PERT está mencionado como medio eficiente de adaptación de la administración a las exigencias de una acción planificada, y ello en el marco de la investigación operativa la cual "se propone sacar el mayor partido posible de un número limitado de medios" (2) y ya sabemos que la escasez de recursos es la característica principal de la crisis mundial de la educación que enfrentamos.

- (1) MILLER (R.N.) "Aplicación del método PERT al control de Programación, Costos y Beneficios", New York, Mac Graw-Hill Book Company 1967, pág. 33.
- (2) UNESCO "El planeamiento de la educación, situación, problemas y perspectivas", documento ED/ICEP 3 para la Conferencia Internacional sobre Planeamiento de la Educación del 6-14 de agosto.

Antes de la aparición del PERT, existían otros intentos para representar las actividades que componen un programa. Uno de ellos sería el gráfico de GANTT (o diagrama de barras), en el cual cada operación está figurada por un trazo proporcional a su duración y colocado en una escala de tiempo. El método de GANTT sigue siendo un método eficiente en la programación y el control de la producción de los distintos talleres de una fábrica.

La figura 1 constituye un ejemplo de uso del gráfico de GANTT para un programa anual de implementación de escuelas primarias de una provincia.

Actividades \ Fechas	mes año	feb. T	mar. T	abr. T	may. T	jun. T	jul. T	ago. T	sep. T	oct. T	nov. T	dic. T	ene. T+1	feb. T+1	mar. T+1
Mapa escolar	A														
Decisión min. creación escuelas	B														
Planos de los edificios	C														
Elección de la empresa	D														
Construcción	E														
Llamado a concurso para profs.	F														
Orden de compra equipo	G														
Nombramiento profesores	H														
Transporte del equipo	I														
Instalación del equipo	J														
Viaje profesores	K														

Fig. 1 Diagrama de GANTT

Se trata de un sistema que enseña claramente la duración y la sucesión de las actividades. Al observar la figura vemos que presenta dos limitaciones de importancia.

- el diagrama mismo no pone de manifiesto la interdependencia de las actividades por ejemplo la sucesión lógica de las operaciones F, H, K.

- una pequeña modificación de tiempo impone una reconstrucción completa del gráfico, lo que significa una falta de flexibilidad que limita el número de revisiones.

Para abreviar estas limitaciones, las técnicas de programación mencionadas recalcaron el ordenamiento lógico antes de manipular la dimensión tiempo, y procuraron así una representación más flexible del proyecto bajo forma de un grafo (red o diagrama de flechas).

Es necesario subrayar que sólo la existencia de computadores permitió desarrollar la programación de proyectos de gran tamaño y complejidad. Nuestra presentación dejará de lado los necesarios programas de computación y se limitará a describir los rasgos esenciales de estos métodos dando así la posibilidad al administrador de la educación de establecer un diálogo fructífero con el analista.

Todos los métodos que presentaremos tienen como requisitos previos el establecimiento de una lista completa de las actividades por cumplir y la conducta de un análisis preliminar que determine las actividades que deben terminarse antes de empezar cada una de las actividades de la lista. Este análisis preliminar toma en cuenta las restricciones externas (contexto administrativo, condiciones climáticas, etc.) y la lógica interna (tecnología y sucesión lógica) del proyecto.

A manera de ilustración damos el resultado del análisis preliminar sobre nuestro ejemplo de implementación de escuelas primarias por provincias.

Actividades anteriores	Clave	Actividades por cumplir Descripción
Ninguna	A	Mapa escolar
A	B	Decisión administrativa de creación de escuelas
B	C	Planos de los edificios
C	D	Elección de la empresa constructora
D	E	Construcción
B	F	Llamado a concurso para los profesores
B	G	Orden de compra del equipamiento
F	H	Nombramiento de los profesores
G	I	Transporte del equipamiento
I y E	J	Instalación del equipamiento
H	K	Viaja de los profesores

Fig. 2 Análisis preliminar

La noción de actividades anterior se refiere a las actividades inmediatamente previas, por ejemplo, sería un error colocar B y C como anteriores a D, la fiscalización de B siendo implícita en la colocación de C.

Por razones de sucesión lógica, el estudio de los potenciales precede la presentación del PERT. Sin embargo, esta última fue concebida de tal manera que se podría entender sin conocimiento previo de la técnica de los potenciales. En otros términos, para el lector que se interesa sólo en el PERT, no habría inconveniente en pasar al capítulo C a partir de este punto.

## B. METODO DE LOS POTENCIALES

La primera fase del método procura un ordenamiento de las actividades del proyecto por grado de generación. Diremos actividades de 1a generación las que no tienen ninguna actividad anterior; de 2a generación las que tienen máximo **una** actividad anterior **en serie**; de 3a generación las que tienen máximo **dos** actividades anteriores **en serie**; etc. La manera más sencilla de obtener esta información queda en la manipulación del cuadro básico.

### B.1 Cuadro básico

La construcción del cuadro básico nos permite sintetizar la información conseguida durante el análisis preliminar, pues la lista de las actividades anteriores implican lógicamente la lista de las actividades posteriores.

Este cuadro a doble entrada se llena de la manera siguiente: sobre cada fila se marca(n) la(s) actividad(es) anterior(es) en la(s) columna(s) correspondiente(s) (por ejemplo en la fila J se marcan las columnas I y E que son las actividades anteriores a J) - Figura 3a.



		Grado de Generación																	
Anteriores	Act.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	1	2	3	4	5	6	
<	A												A						
A	B	*											B						
B	C		*										C						
C	D			*									D						
D	E				*								E						
B	F		*										F						
B	G		*										G						
F	H						*						H						
G	I							*					I						
I,E	J					*				*			J						
H	K								*				K						
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K							

Fig. 3 Cuadro básico

La lectura de nuestro cuadro según las columnas nos entrega las actividades posteriores a las actividades marcadas en columnas (ej.: en columna B encontramos las filas C, F y G marcadas, siendo estas actividades posteriores a B).

**1a. etapa:** Las actividades de 1a. generación —no habiendo otras anteriores— nos sirven de punto de partida para buscar las actividades de 2a. generación.

A actividad inicial de la 1a. generación

**2a. etapa:** A partir de la columna A se buscan las actividades posteriores a A. Marcamos la columna A con un 1 y la rayamos.

B actividad de 2a. generación

**3a. etapa:** Marcamos la columna B con un 2, la rayamos para buscar las actividades inmediatamente posteriores.

Encontramos C, F, G de 3a. generación

**4a. etapa:** Marcamos las columnas C, F y G con un 3 y las rayamos.

C → D de 4a, generación

F → H " "

G → I " "

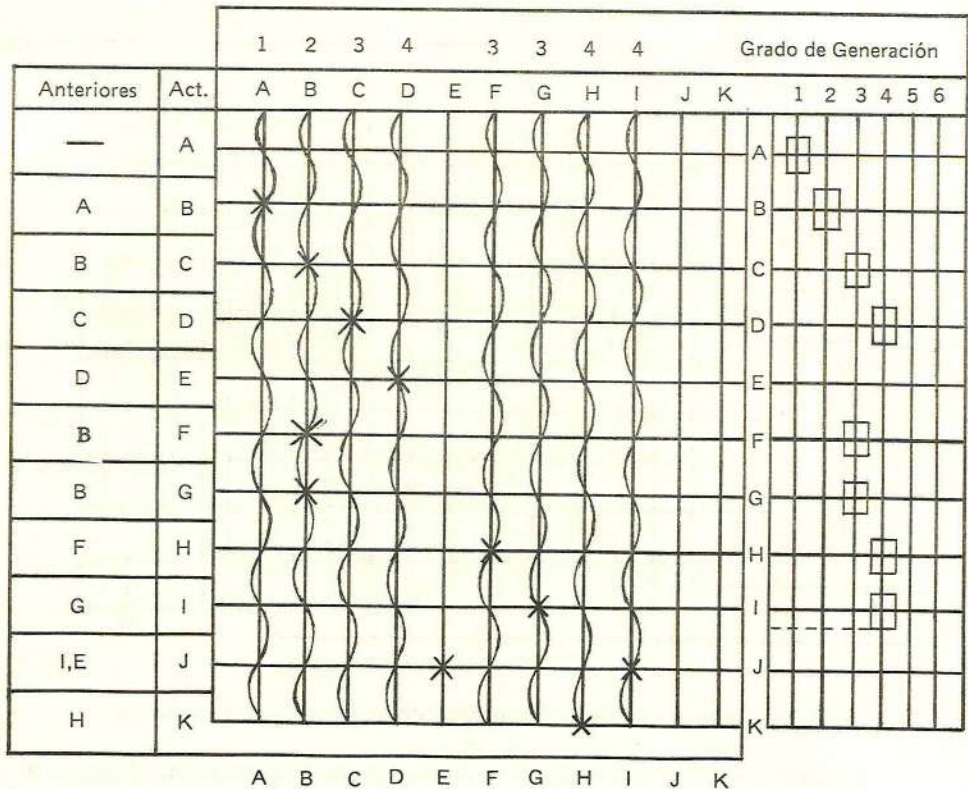


Fig. 3b Determinación de los grados de generación, 5a. etapa

**5a. etapa:** Marcamos las columnas D, H e I con un 4 y las rayamos (fig. 3b)

D → E de 5a. generación

H → K " "

I → J que tiene otro anterior E, no rayado, así J no es de 5a. generación.

**6a. etapa:** Marcamos las columnas E y K con un 5 y las rayamos. (Fig. 3 c)

E → J que tiene otro anterior I rayado, J es de 6a. generación.

K No hay actividades posteriores, es la final.

**7a. etapa:** J de 6a. generación no es seguida por otras actividades; es la final. Estando el cuadro totalmente rayado, el procesamiento está terminado (Fig. 3c)

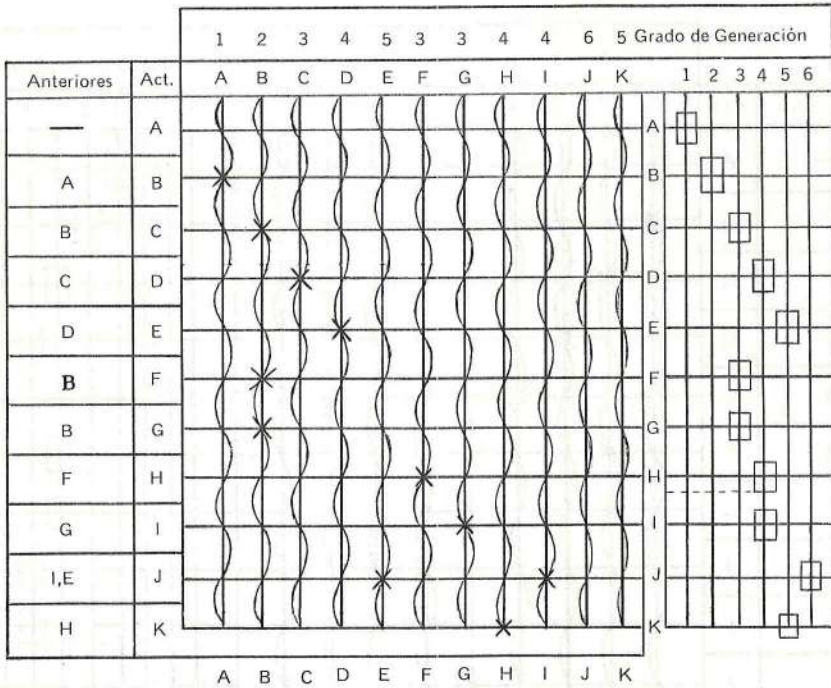


Fig. 3c Determinación de los grados de generación, última etapa.

Una vez obtenido el ordenamiento por grado de generación se dibuja el diagrama de potenciales utilizando flechas para representar las secuencias lógicas del proceso.

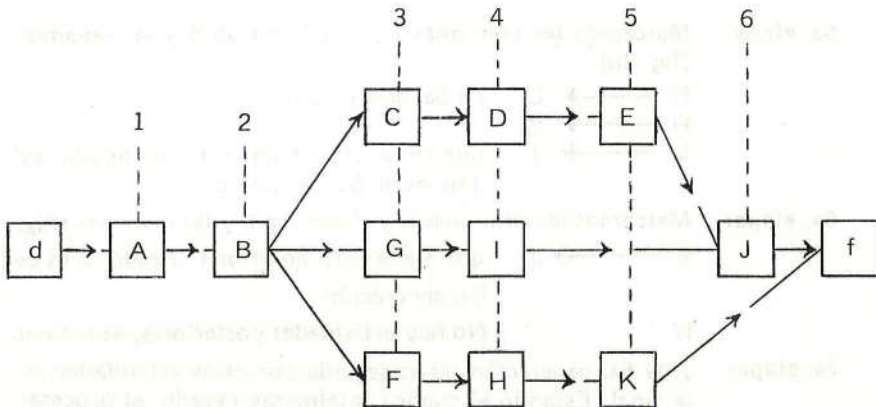


Fig. 4 Diagrama de los potenciales

En los proyectos complejos (numerosas actividades con inter-relaciones múltiples) es necesario hacer varias permutaciones adentro de cada generación para disminuir el número de intersecciones entre las flechas que unen las actividades.

## B.2 La dimensión tiempo

Para introducir el tiempo de duración de cada actividad y procesar el diagrama para conocer la duración total del proyecto es necesario definir dos actividades *d* y *f* que corresponden al tiempo inicial y tiempo final del proyecto.

Las flechas sobre el diagrama traducen la diferencia de tiempo que debe existir por lo menos entre la iniciación de la actividad "origen" y la iniciación de la actividad "final" (de la flecha). Así el tiempo introducido contiene la duración de la actividad origen y el margen de tiempo (si es necesario) que debe existir entre la finalización de esta actividad y la iniciación de la siguiente. Utilizando las duraciones que aparecen en el GANTT tenemos el diagrama siguiente:

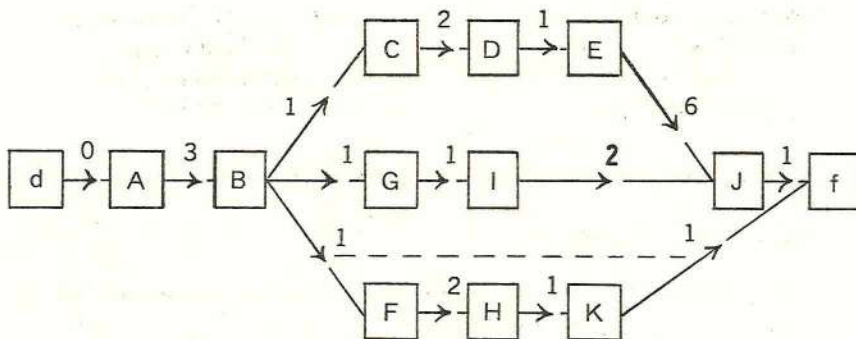


Fig. 5: Diagrama de Potenciales con las duraciones

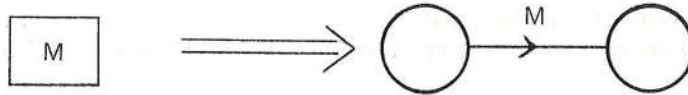
Como el procesamiento del diagrama tiene muchas semejanzas con el PERT volvemos sobre este último en el capítulo sobre el PERT. Por ahora queremos revelar el ordenamiento lógico de las actividades que facilita el trazado de la red PERT.

## C METODO PERT

### C.1 Trazado de la red PERT

El capítulo sobre el método de los potenciales define una técnica para la representación gráfica (diagrama de nudos) del encadenamiento lógico de las actividades. Sin embargo, el trazado de dicho diagrama puede hacerse de manera empírica (caso de un proyecto de pocas actividades). Por lo tanto, la representación del trazado PERT resulta más simple al referirse a la red lógica de las actividades (diagrama de los potenciales).

La transformación que permite pasar de un diagrama de Potenciales (diagrama de nudos) a una red PERT (diagrama de flechas) es la siguiente :



Actividad M representada por un cuadro (o nudo) en el método de los Potenciales

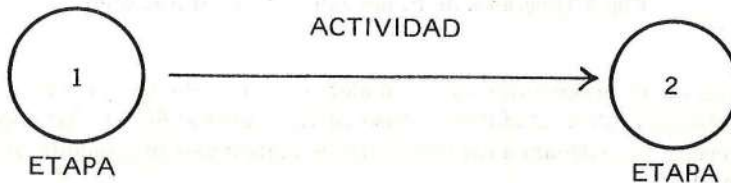
Actividad M representada por una flecha entre dos etapas en la red PERT

Veamos con más detalles esta transformación que define a la red PERT

#### 1 Actividades y etapas:

Cada **actividad** (operación, tarea, trabajo) está representada por una **flecha**.

Cada flecha sale de una **etapa** para llegar a otra **etapa** (acontecimiento, evento, suceso, nudo) la cual está representada por un círculo u otra figura cerrada.



Las actividades requieren siempre tiempo y, en general, recursos. Al contrario, las etapas no tienen duración y no necesitan medios. Son puntos en el desarrollo del proyecto.

### Primera regla

-Toda actividad tiene que empezar una etapa de numeración inferior a la etapa de terminación

-Toda etapa es, a la vez, el origen de una o varias actividades y el fin de una o varias actividades, salvo, desde luego, el punto de partida y el objetivo.

### Segunda regla

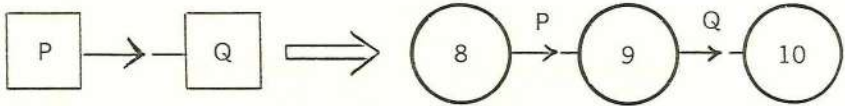


Fig. 6

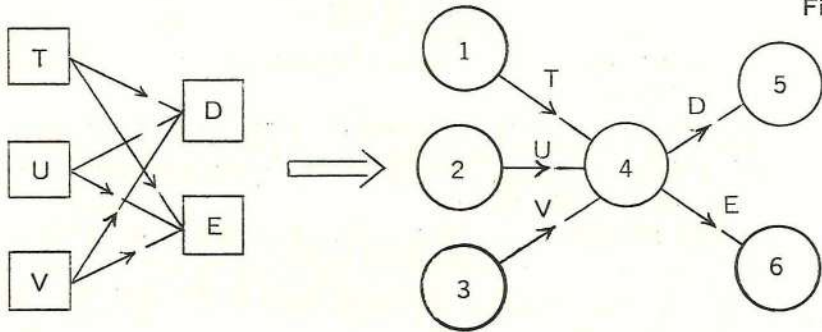


Fig. 7

-Potenciales

PERT

La transformación Potencial—PERT determina etapas de conexión entre las actividades. En la figura 6 la etapa 9 significa que Q puede empezar solamente cuando P está terminado, la fecha de esta etapa determina este momento. En la figura 7 D y E están condicionados por la finalización de T, U y V, es decir que la fecha de la etapa 4 determinará el momento que marca la finalización de T, U y V y así de iniciación posible de D y E. La fecha de la etapa inicial de una actividad indica el límite a partir del cual es posible lanzarla.

### Tercera regla

-Es preciso evitar cualquier lazo, el cual constituiría una imposibilidad para llevar a cabo el programa. La figura 8 representa un ejemplo de este tipo de círculo vicioso (circuito 2-3-4). Ninguna etapa podría ser origen de ningún camino que condujera nuevamente a la misma etapa de partida.

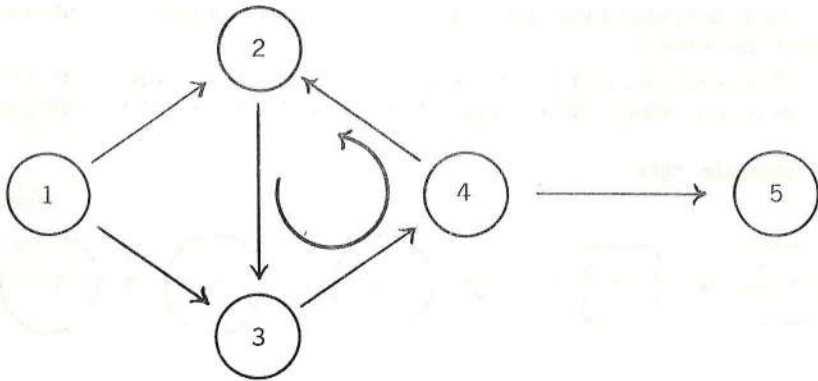


Fig. 8: el lazo

En resumen, desde el punto de vista geométrico, la red se compone de dos elementos complementarios:

- la flecha que representa una actividad, una operación dinámica.
- un círculo (o cualquier figura cerrada) que representa una etapa, o el aspecto estático del programa.

Ahora es posible transformar el diagrama potenciales de la figura 3 en la red PERT traduciendo las actividades de iniciación, d, y de finalización, f, por actividades llamadas respectivamente T.P. (Tiempo de Preparación) y T.F. (Tiempo de Finalización).

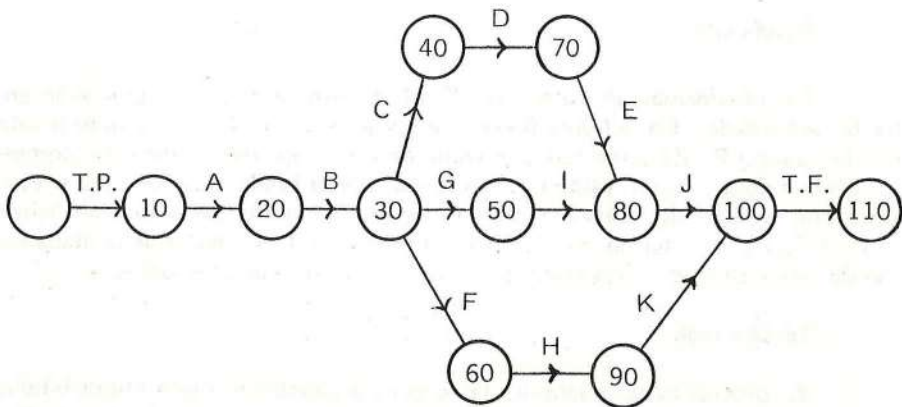


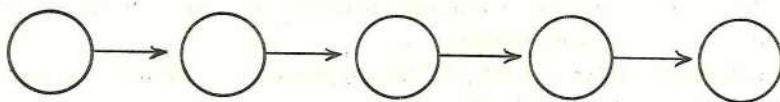
Fig. 9 Red PERT

Muy a menudo las actividades TP y TF desaparecen cuando el proyecto es perfectamente definido y la duración de estas actividades es igual a cero, sin embargo la tendencia es de guardar el Tiempo de Preparación que suele contener, por ejemplo, la elaboración y procesamiento del PERT mismo.

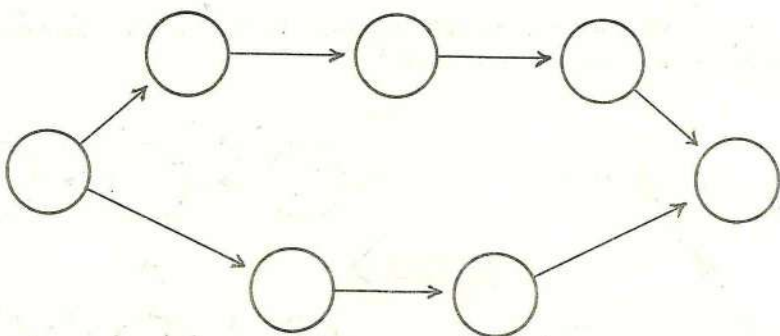
Las etapas deben numerarse secuencialmente cuando la red está terminada. Esta numeración de las etapas permite, también, la identificación de cada actividad a la cual puede afectarse el número de su etapa inicial y final. Por ejemplo, la actividad D (elección de la empresa) posee los números 40 - 70.

La numeración saltada permite la adición de actividades y, en consecuencia, de etapas, sin introducir números fuera de la secuencia. Se pueden utilizar sólo los números pares o todavía, los múltiplos de 10. Fig. 9.

## 2 Relación "en serie" y relación "en paralelo"



Relación "en serie"



Relación "en paralelo"

Figura 10. Relación entre las actividades

Encontramos usualmente los dos tipos de relación en una misma red (cf. fig. 9). La elección entre estos dos tipos de relación depende de las exigencias lógicas.



Un esfuerzo paralelo significa que las varias actividades quedan concurrentes para finalmente converger a una etapa. No se pueden ajustar perfectamente los resultados, pero se ahorra tiempo y se utilizan todas las posibilidades de producción.

Las actividades pueden encadenarse en serie por el efecto de una dependencia inevitable, por ejemplo, en la fig. 9, las tareas A y B (mejor dicho 10-20 y 20-30) que corresponden a la elaboración del mapa escolar y a la decisión de creación de escuelas. Puede ser también a raíz de una planificación deficiente, tal como, en nuestra red de creación de escuelas, la solución que consistiría en pedir el equipo al terminar el edificio y en reclutar al maestro después de la instalación del equipo. Se puede medir en este caso la pérdida de tiempo.

### 3 Introducción de actividades ficticias

Aunque el diagrama de Potenciales pueda representar todas las actividades, el PERT necesita para la representación de configuración particulares la introducción de actividades ficticias.

Estas actividades ficticias, necesarias desde el punto de vista lógico, no tendrán duración y no necesitarán trabajo.

Se pueden presentar tres casos:

#### Caso Z (zeta)

Si para ejecutar M se necesita la realización de D y E, y si para ejecutar G se necesita solamente la realización de E

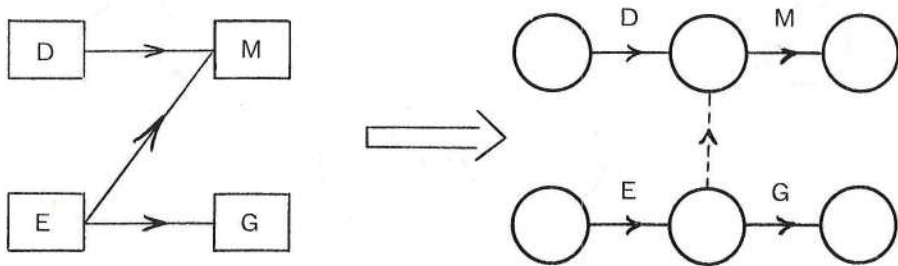
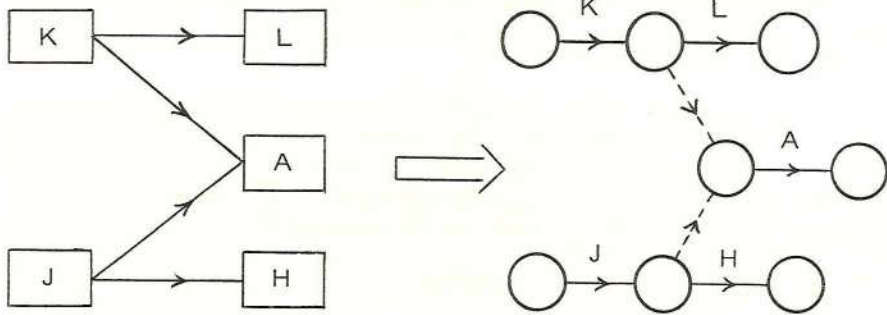


Fig. 11 Caso Z

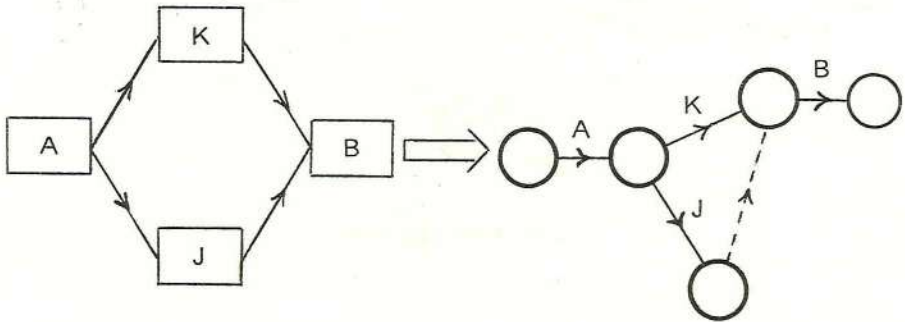
#### Caso $\Sigma$ (sigma)

Si para ejecutar A se necesita la realización de K y J, y si para ejecutar L se necesita solamente K, y en fin, para ejecutar H se necesita J.

Fig. 12 Caso  $\Sigma$ 

Caso  $\diamond$  (rombo)

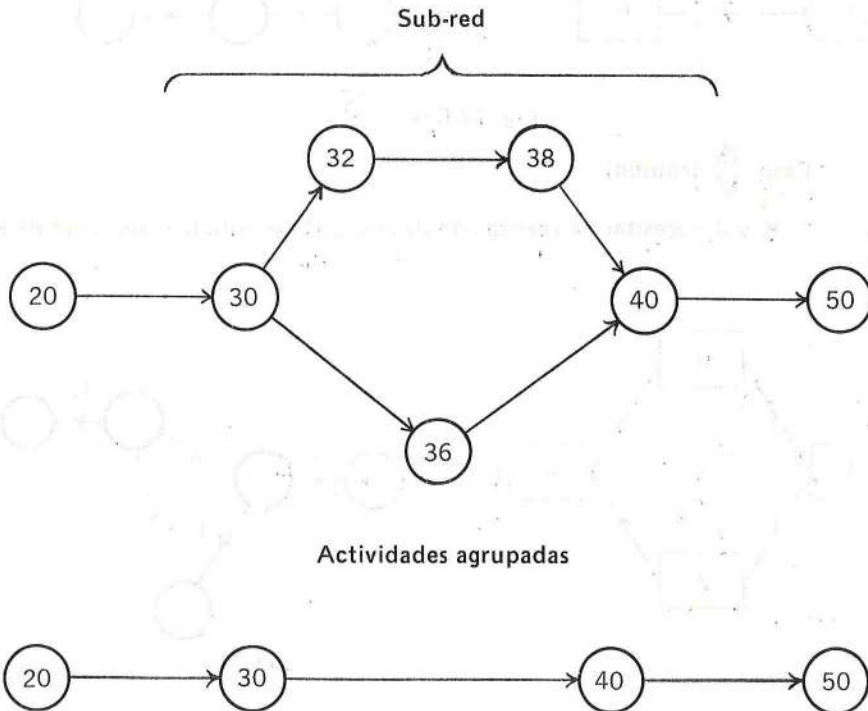
Si K y J necesitan la realización de A y si B necesita la realización de K y J

Fig. 13 Caso  $\diamond$

#### 4 Actividades agrupadas

Hemos puesto de relieve una de las dos características esenciales del PERT: la flexibilidad, la cual permite corregir las desviaciones que los sucesos reales hayan podido causar.

Otro aspecto de esta flexibilidad se refiere al nivel de detalle que se puede elegir. En efecto, un conjunto de actividades puede ser considerado como una sola tarea. Estas actividades agrupadas forman entre ellas un pequeño programa por razones tecnológicas. Este procedimiento permite establecer **redes resumidas** o dividir un programa complejo en "sub-redes".



Por ejemplo, en la red de la **figura 9**, la actividad 70-80, (construcción de la escuela) puede ser considerada como un sub-programa compuesto de actividades vinculadas de un punto de vista técnico.

La actividad E de construcción siendo un subproyecto particular (y clásico) damos a continuación la red que la caracteriza.

Anteriores

Lista

—	a - Tiempo de preparación
a	b - Limpieza del terreno
b	c - Excavación de las fundaciones
a	d - Adquisición cemento y arena
c,d	e - Colocación de las fundaciones
a	f - Adquisición ladrillos
e,f	g - Construcción del edificio
a	h - Adquisición del equipo eléctrico
g,h	k - Instalación eléctrica
k	l - Tiempo final - revisión

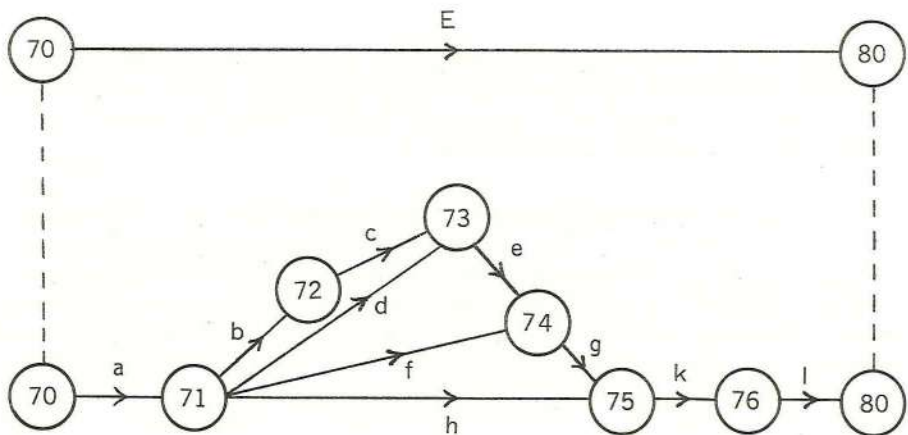


Fig. 15 Desarrollo de la sub-red relativa a la actividad de Construcción

## C.2 Consideraciones de las Duraciones

Después de haber identificado todas las etapas y actividades, es decir, una vez establecida la configuración de la red, es preciso tomar en consideración el tiempo de duración de las actividades. La unidad de tiempo debe ser la misma para todas las tareas de una red: según el tipo de actividad se puede elegir hora, día, semana, mes. Siempre se trata de semanas de trabajo, no de calendario.

La determinación del tiempo operatorio se hace separadamente para cada actividad real de la red. La duración de cada tarea corresponde a un nivel "normal" de medios afectados a la misma, suponiendo que no hay conflicto entre las diferentes tareas para la utilización de los medios.

## 1 Estimación de los tres tiempos

En general, una sola estimación basta para cada actividad. Pero, en la técnica del PERT, se tiene en cuenta la dificultad de apreciar la duración de una tarea. En consecuencia, cuando las estadísticas lo permiten, conviene contemplar tres tiempos cuyas definiciones son las siguientes:

a) **Tiempo optimista:** Representa el tiempo **mínimo** en que se supone podría realizarse una actividad y corresponde al resultado que se obtendría si se tuviera una suerte excepcional y todo se desarrollara perfectamente desde el principio.

b) **Tiempo más probable:** Representa el tiempo que **normalmente** se invertiría en la realización de una actividad y corresponde al resultado que se obtendría con más frecuencia si se repitiera la misma actividad un cierto número de veces, con independencia unas de otras.

c) **Tiempo máximo:** Representa el tiempo **máximo** que se supone se tardaría en ejecutar una actividad y corresponde al tiempo que se invertiría si se tuviera una mala suerte excepcional. Al formular este tiempo se tiene en cuenta la posibilidad de que se produzcan fallas iniciales, o de que el trabajo no se haya efectuado con anterioridad, pero en este valor no deben influir factores tales como los "sucesos catastróficos", huelgas, incendios, falta de energía, etc.; salvo que éstos constituyan riesgos inherentes a la actividad. (1)

Las abreviaciones que se usan normalmente son las siguientes:

- duración optimista:  $t_o$
- duración más probable:  $t_m$
- duración pesimista:  $t_p$

Si es necesario para los cálculos posteriores, se puede indicar sobre cada flecha, con este mismo orden (creciente) los tres tiempos:

(1) MILLER (R.W.) inbid, pág. 62

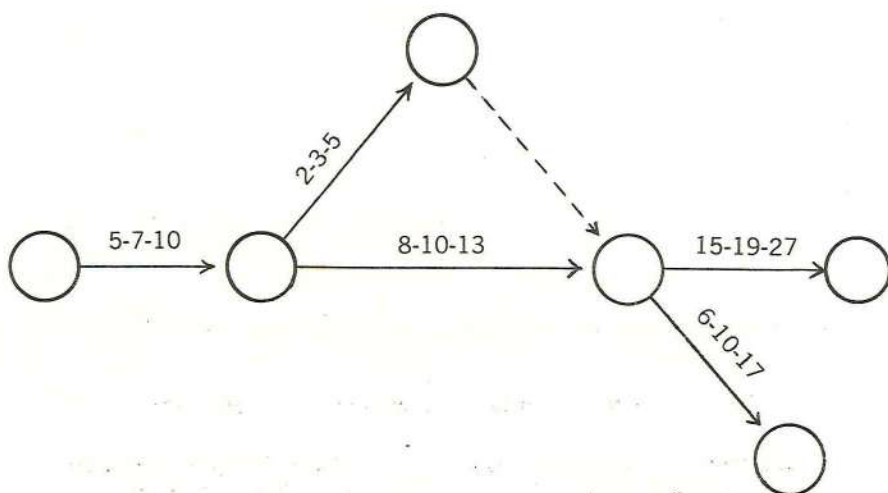


Figura 11 Notación de los 3 tiempos

## 2. Duración media:

En vez de utilizar los tres tiempos, a menudo es más fácil conservar una duración media (abreviación  $t_E$  (1), "expected time") que se calcula según la siguiente fórmula:

$$t_E = \frac{t_o + 4 t_m + t_p}{6}$$

para los valores 3 - 4 - 6;  $t_E = \frac{3 + 16 + 6}{6} = 4,16$

La fórmula para el cálculo de  $t_E$  representa una aproximación aceptable cuando se presupone que las distribuciones de las duraciones quedan cerca de la distribución Beta (Fig. 17).

- (1) Como en la mayor parte de las obras en Castellano, traducción del Inglés, conservaremos las abreviaciones inglesas.

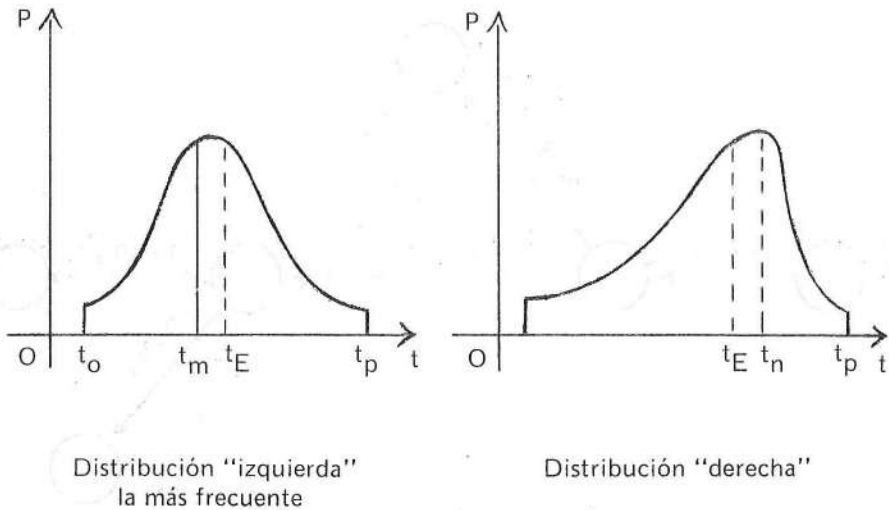


Fig. 17 - Distribución Beta de los tiempos de duración

Es necesario subrayar que existen varias actividades que no entran en estos tipos de distribución, por ejemplo, la actividad "correo" presenta una distribución discontinua según la modalidad elegida: "Aéreo" o "normal".-

### 3. Dificultades:

La fase de estimación de las duraciones es la más delicada de todo el proceso de programación. Es obvio que una red PERT, perfecta desde un punto de vista lógico, no podrá dar más resultados mediocres si las duraciones son inexactas o aproximadas. Además, a menudo es difícil determinar un tiempo de ejecución preciso para una actividad alejada en el futuro.

Ciertamente las estimaciones sobre las cuales los errores son de mayor magnitud se refieren a actividades que necesitan el uso o el desarrollo de una nueva tecnología, el ejemplo más famoso al respecto ha sido los retrasos múltiples en la programación del avión "concorde". Afortunadamente la revisión es sencilla y permite poner al día las previsiones.

### 4 Pert y Potenciales

Todo lo dicho a propósito de las estimaciones de la duración de las actividades en el caso del PERT tiene total vigencia para el método de los potenciales. Pero es interesante volver a comparar los dos sistemas de programación a propósito de la dimensión tiempo.

- En el PERT: las actividades y sus duraciones están marcadas sobre las flechas del grafo.

- En los potenciales: las actividades están en los nudos y las duraciones entre la iniciación de dos actividades seguidas sobre las flechas.

Así "duración PERT" = Tiempo de trabajo para ejecutar la actividad

"duración-Potenciales" = Tiempo de trabajo para ejecutar la actividad  
tiempo de holgura antes de la actividad siguiente.

El concepto que utiliza el método de los potenciales permite introducir en el grafo del proyecto más información que el PERT y por lo tanto ofrece más flexibilidad como lo veremos a continuación.

Sea un proyecto ficticio determinado el cuadro siguiente:

Observaciones	Anteriores	Lista	Duraciones medias:	$t_E$
—	—	A	2	
B puede iniciarse a mitad de la ejecución de A	A	B	4	
C necesita una holgura de 1 antes de iniciarse	A	C	2	
—	B.C	D	3	

Los grafos correspondientes son:

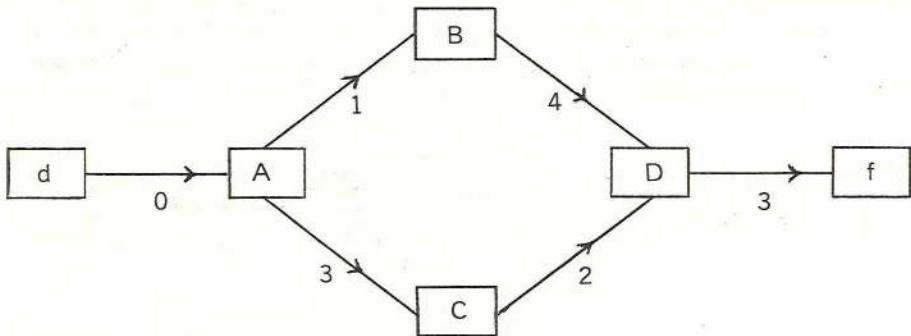


Fig. 18a Potenciales



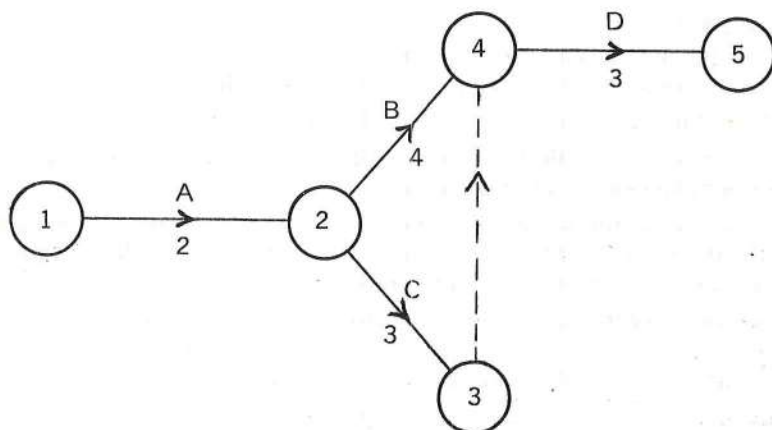


Fig. 18b:PERT

Vemos en 18a que el diagrama Potenciales logra tomar en cuenta todas las observaciones mencionadas en el cuadro.

Entre las iniciaciones de A y B existe  $2/2 = 1$  unidad de tiempo

1 aparece sobre la flecha entre A y B

Entre las iniciaciones de A y C existen  $2 + 1$  (holgura) = 3 unidades de tiempo.

3 aparece sobre la flecha entre A y C

Del otro lado vemos que el PERT alcanza a representar una sola de las dos observaciones, es posible agregar una unidad de tiempo a la duración de C para dar cuenta de la necesaria holgura entre A y C pero no hay posibilidad de representar la posible iniciación de B a mitad de la ejecución de A **sin descomponer** A en dos actividades A1 y A2 de igual duración.

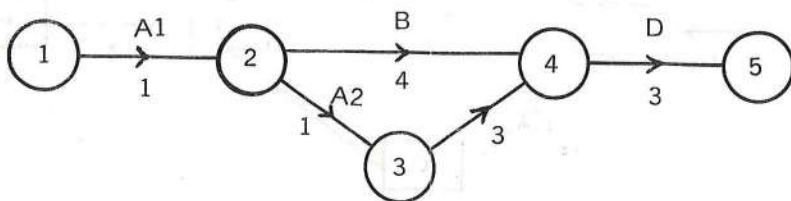


Fig. 18c - PERT adaptado

## D ACTIVIDADES Y CAMINOS CRITICOS

Una vez terminado el trazado del grafo y la estimación de las duraciones, la segunda fase de la programación PERT o Potencial trata de establecer un calendario de realización o planning.

En realidad vamos a calcular dos calendarios del mismo programa:

-el del tiempo más bajo esperado (abreviación  $T_E$ , "Earliest Expected Time") o, según algunos autores, fecha mínima.

-el del tiempo más alto permitido (abreviación  $T_L$ , "Latest allowable Time") o fecha máxima.

Retomemos nuestra red de plan de creaciones de escuelas de la fig. 6, pero añadiendo las duraciones previstas en el diagrama de barras de la figura 1, duraciones traducidas en números redondeados de semanas (fig. 21). Para simplificar, suponemos que disponemos sólo de una estimación medía,

### d.1 Tiempo más bajo esperado: $T_E$

Primero tenemos que fijar la noción de camino en un grafo, un camino entre dos nudos (etapas en el PERT, actividades en los potenciales) de un grafo es una sucesión de flechas recorridas en el mismo sentido que une esos dos nudos.

La programación de un proyecto analiza todos los caminos que van desde el inicio del proyecto hasta su finalización.

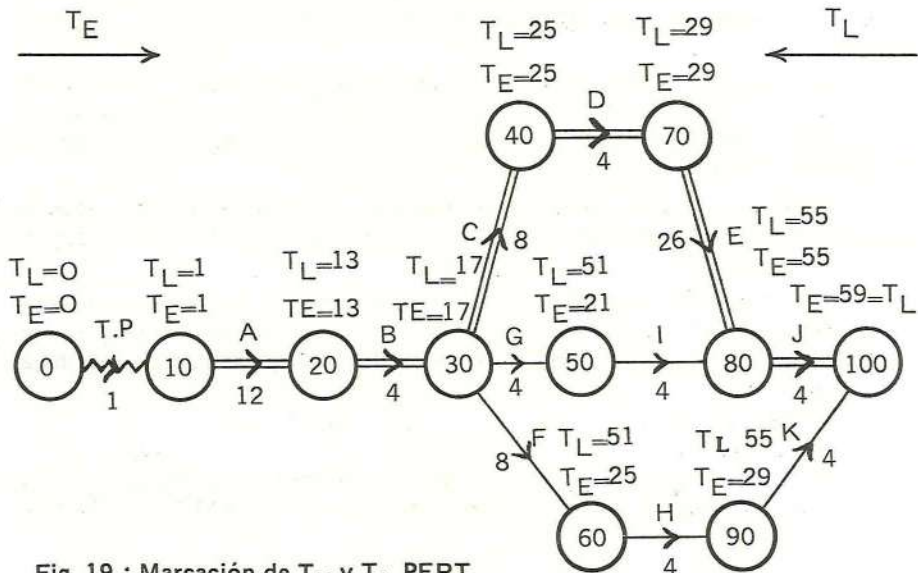


Fig. 19 : Marcación de  $T_E$  y  $T_L$  PERT

Por definición marcamos la primera etapa con  $T_E = 0$  y empezamos a recorrer la red en el sentido del tiempo.

Hay tres caminos posibles para llegar a la etapa 100, terminación del proyecto. La suma de las duraciones esperadas ( $t_E$ ) de las actividades, cuya ejecución permite alcanzar una etapa, proporciona el tiempo más bajo esperado ( $T_E$ ), para la misma. Se realiza el mismo proceso para cada camino.

Cuando una etapa pertenece a varios caminos, tenemos otros tantos valores de  $T_E$ . Según nuestra segunda regla fundamental, una etapa es alcanzada cuando todas las tareas que llevan a ella están terminadas. Por lo tanto, es obvio que hay que elegir el tiempo más alto.

Así el  $T_E$  de la etapa final 100 nos entrega la duración total del proyecto: 59 semanas. Siendo poco flexible la marcación por caminos cuando se trata de redes complejas es necesario utilizar otro método:

— A partir de una etapa marcada  $T_E$  se marcan todas las etapas que siguen inmediatamente sumando a  $T_E$  las duraciones de las tareas recorridas (por ejemplo, a partir de 30 marcaremos 40, 50 y 60) por consecuencia entraremos a marcar 80 sólo cuando 70 y 50 hayan sido marcadas. Este procedimiento nos permite elegir de inmediato los  $T_E$  más altos para las etapas que pertenecen a varios caminos.

## d.2 Tiempo más alto permitido: $T_L$

Conocemos la duración total del proyecto y queremos calcular para esta duración cuáles son los márgenes que pueden existir para las varias etapas del proyecto. Por eso la etapa final del proyecto tiene que llevar un  $T_L = T_E = 59$  semanas.

Al "recorrer" la red en sentido inverso a partir de la etapa final restando las duraciones etapa por etapa, conocemos el tiempo último en que pueden ser alcanzadas las etapas para que el proyecto termine en el plazo fijado, es decir el tiempo más alto permitido ( $T_L$ ).

Para la etapa 30 existen tres estimaciones. Se elige la más baja, puesto que sólo ella permite terminar en debido tiempo todas las tareas que parten de la etapa contemplada.

Procedimiento: A partir de una etapa marcada ( $T_L$ ) se marcan todas las etapas inmediatamente anteriores restando a  $T_L$  las duraciones de las actividades recorridas. En caso de estimaciones múltiples se elige siempre la más baja.

## d.3 Camino crítico

Al observar la fig. 19, y comparando los valores  $T_E$  y  $T_L$ , se nota que existe un camino donde  $T_E = T_L$ , este camino se llama CAMINO CRITICO, ("Critical path").

Es crítico para la duración total del proyecto, cualquier retraso en alcanzar una etapa de este camino retrasará la totalidad del proyecto de la misma cantidad. Este camino define la duración total del proyecto y es el **camino más largo** de la red.

La búsqueda y el control de estos caminos críticos (puede haber varios en una red) constituye la característica esencial de la programación PERT o Potencial.

Un camino crítico está constituido de actividades críticas que van de una etapa crítica a otra pero además la duración de una actividad crítica debe ser igual a la diferencia de tiempos de sus etapas inicial y final: en fig. 20 Q no es crítica.

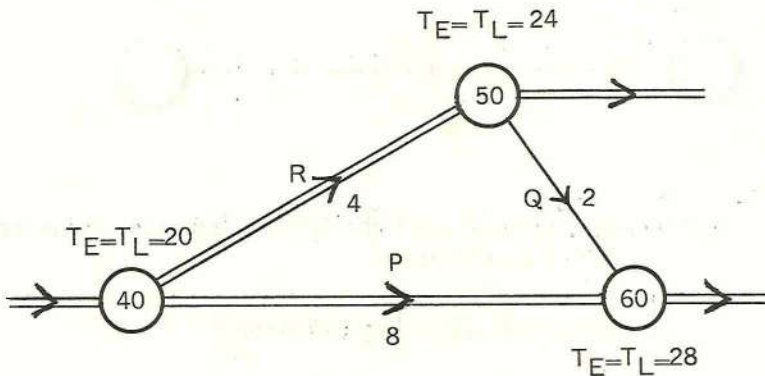


Fig. 20: La actividad Q no es crítica

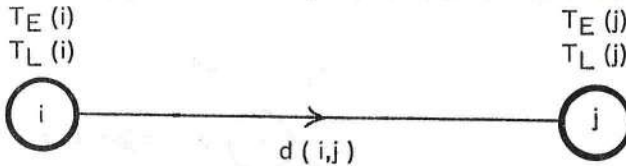
Los otros caminos se pueden llamar subcríticos (1). Sin embargo, si por cualquier razón, después de una revisión el camino crítico se acorta u otro recorrido se alarga, un camino subcrítico puede tener una longitud igual o superior y pasar a ser crítico. Además, es posible identificar varios caminos críticos si, para cada uno de ellos, los valores  $T_E$  son iguales o muy próximos.

- 
- (1) Algunos autores llaman camino mínimo ("Slack Path"), al recorrido más corto de la red, y "casi críticos" (Semicritical Path) a los caminos más cortos que el crítico pero más largos.

#### d.4 Holguras

Cada etapa tiene un valor para  $T_L$  y para  $T_E$ , la diferencia de ambos es el margen que existe para alcanzar la etapa.

Esta medida resulta insuficiente para controlar la ejecución, la que nos interesa es la holgura que existe en el cumplimiento de cada actividad del proyecto. Por definición la holgura de las actividades críticas es igual a cero. En el caso de las actividades no-críticas podemos calcular los retrasos máximos y mínimos aceptables en la ejecución de una tarea según el desarrollo del proyecto.



Si la actividad  $(i, j)$  se inicia a la fecha  $T_E (i)$  para terminarse a la fecha  $T_L (j)$  tendremos la holgura máxima  $H_M (i, j)$ :

$$H_M (i, j) = T_L (j) - [T_E (i) + d (i, j)]$$

La holgura mínima  $H_m (i, j)$  aparece cuando se inicia la tarea  $(i, j)$  a la fecha más tarde permisible  $T_L (i)$  para terminarla en  $T_L (j)$

$$H_m (i, j) = T_L (j) - [T_L (i) + d (i, j)]$$

La aplicación de estas fórmulas a la fig. 19 nos da el cuadro siguiente:

Actividades	Duraciones medias	Holguras		
		Críticas	No críticas	
			H <sub>M</sub>	H <sub>m</sub>
A	12	0	—	—
B	4	0	—	—
C	8	0	—	—
D	4	0	—	—
E	26	0	—	—
F	8	—	26	26
G	4	—	30	30
H	4	—	26	0
I	4	—	30	0
J	4	0	—	—
K	4	—	26	0

Fig. 21 Cuadro de control del proyecto. (semanas)

#### d.5 PERT y Potenciales

La gestión y el análisis de la programación Potenciales es muy parecida a lo expuesto.

Se marca el grafo con dos sistemas de fechas en este caso son las actividades que se marcan y las fechas corresponden a la fecha de iniciación (más temprano  $T_O$  y más tarde permisible  $T_P$ ) de las tareas.

El método de marcación sigue las mismas reglas que en el PERT. Por supuesto la duración del proyecto y las actividades críticas que se encuentran son idénticas. Damos a continuación el grafo de potenciales relativo a nuestro proyecto.

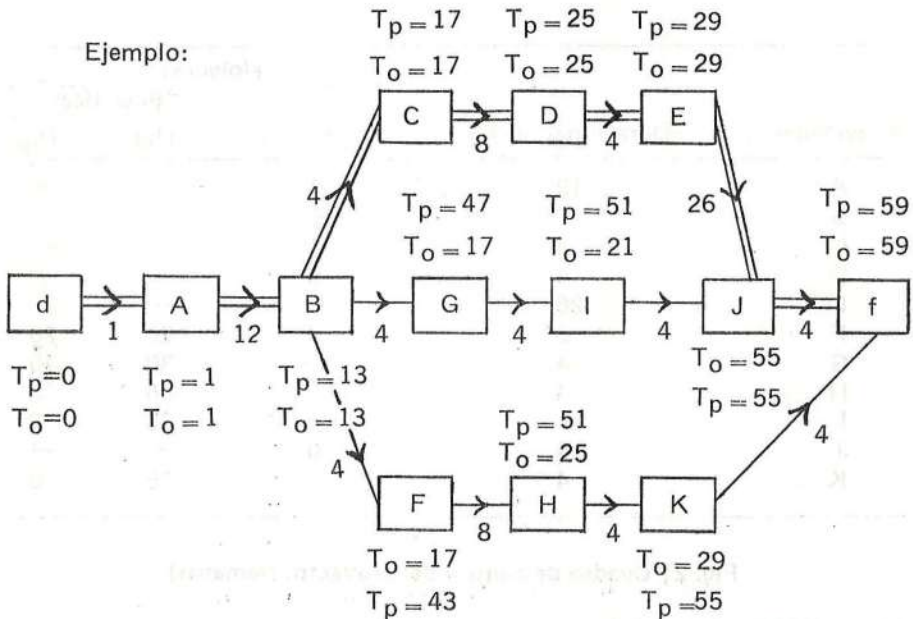


Fig. 22: Camino crítico - Actividades críticas

Nuestra exposición nos ha permitido comparar el manejo de las dos técnicas principales que se usan para la programación tiempo de los proyectos, a nuestro juicio, el método de los Potenciales tiene mayor flexibilidad y utiliza directamente los resultados del análisis preliminar (a través del ordenamiento por grado de generación). A pesar de eso tuvimos que exponer los dos métodos presentando el PERT como referencia, esa contradicción proviene de la mayor publicidad sobre PERT que logró una sensibilización del público a su formalización (1).

(1) Para profundizar el conocimiento de estas técnicas véase: Albert Battersby "Planificación y Programación de proyectos complejos" Ariel. Barcelona, 1970, cap. 6. El método de los potenciales págs. 108 - 120

### E. EL CRITERIO COSTO Y EL CPM.

La problemática que resolvimos podría resumirse del modo siguiente: como controlar el desarrollo de un proyecto para que éste no se retrase con respecto al tiempo de duración programado. El presupuesto implícito era de un uso normal de los medios (humanos y físicos) de que se disponía. Para ser más específicos, a la ejecución de cada tarea del proyecto corresponde un costo "normal"  $C_N$  y la suma de todos los costos entrega el costo total del proyecto. La hipótesis general sobre los costos directos de la mayoría de las actividades de producción es que esos tienen una relación con el tiempo de duración.

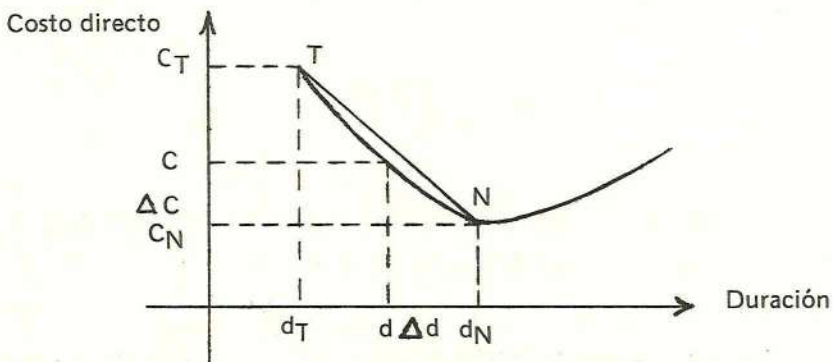


Fig. 23: Relación entre costo directo de una actividad y su duración

Esta función  $C(d)$  significa que el retraso ( $d > d_N$ ) provoca un aumento del costo directo (pago de sueldos, principalmente), y que la aceleración está limitada ( $d > d_T$ ) y necesita el uso más intensivo de los recursos (tres turnos, por ejemplo) o recursos adicionales.

Resulta interesante aproximar la curva entre los puntos extremos T y N por una recta cuya ecuación se escribe

Si  $\Delta C = C - C_N$ ,  $\Delta d = d - d_N$ , la proporcionalidad de los incrementos se expresa con

$$\frac{\Delta C}{\Delta d} = - \frac{C_T - C_N}{d_N - d_T} \quad \text{o sea } \Delta C = - \frac{C_T - C_N}{d_N - d_T} \Delta d$$

El coeficiente  $-c = \frac{C_T - C_N}{d_N - d_T}$  representa el aumento de costo por unidad de tiempo.



La relación costo-tiempo siendo explícita, el CPM propone la resolución de **cómo acortar la duración total** del proyecto con un **aumento de costo mínimo**.

A diferencia de la programación-tiempo el procesamiento manual del CPM tiene solamente interés didáctico, y en la práctica hay que utilizar la programación lineal (formalización matemática que necesita el uso del computador) para encontrar la solución. Por eso mismo daremos muy brevemente el algoritmo del tratamiento manual.

1. Calcular para todas las actividades (i, j) del proyecto, el aumento de costo por unidad de tiempo entre  $d_N(i, j)$  y  $d_T(i, j)$  — aplicación del coeficiente  $c$  a la actividad (i, j):

$$c(i, j) = \frac{C_T(i, j) - C_N(i, j)}{d_N(i, j) - d_T(i, j)}$$

así toda disminución de la duración  $-\Delta d(i, j)$  a partir de  $d_N(i, j)$  provocará un aumento de costo  $\Delta C(i, j) = c(i, j) \Delta d(i, j)$

2. Calcular la **duración normal** de todos los caminos del grafo que van desde el inicio hasta el final del proyecto, el **más largo** ("Crítico") fija la duración "normal" del proyecto.

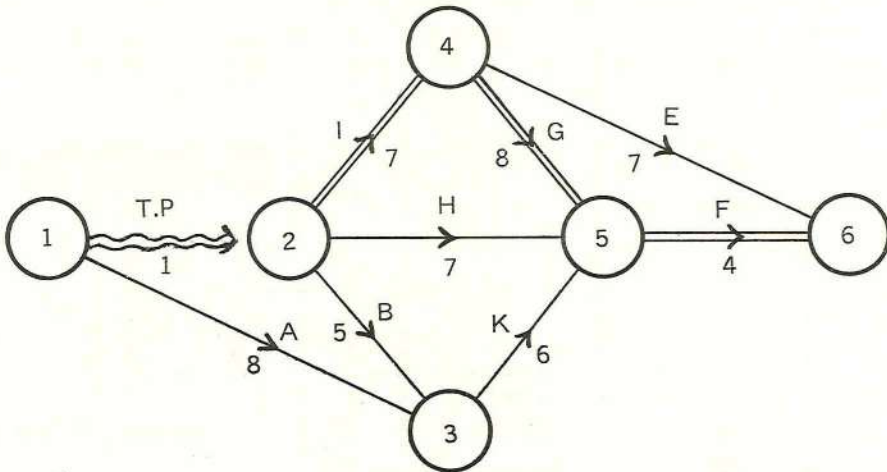
3. Elegir entre los caminos subcríticos el que queda más cerca de la duración crítica. Acortar la duración de la(s) actividad(es) crítica(s) que tiene(n) el (los) costo(s) por unidad de tiempo mínimos para transformar el camino subcrítico elegido, en un nuevo camino crítico.

Calcular el aumento del costo total consecuente.

Repetir 3 hasta lograr la duración total deseada.

## Aplicación del algoritmo manual

Sea un proyecto ficticio



**Fig. 24 Proyecto ficticio**

### Etapa 1

El cuadro que aparece a continuación caracteriza en su parte izquierda el proyecto, dando para cada actividad sus duraciones normal y tope (medias) y los costos directos correspondientes. La parte derecha del cuadro resume los resultados de la etapa 3.

Actividades			$d_N$ sem.	$d_T$ sem.	$C_N$ $10^3 E^0$	$C_T$ $10^3 E^0$	$-c$ $10^3 E^0$
i	j						
1	2	TP	1				
1	3	A	8	4	80	84	1,0
2	3	B	5	3	70	75	2,5
4	6	E	7	2	150	200	10,0
5	6	F	4	2	70	82	6,0
4	5	G	8	5	130	139	3,0
2	5	H	7	4	120	126	2,0
2	4	I	7	5	100	106	3,0
3	5	K	6	4	60	68	4,0
Costo total directo					780		

A c t i v	Programaciones sucesivas					
	1ra.		2da.		3ra.	
	$-\Delta d$ sem.	$\Delta C$ $10^3 E^0$	$-\Delta d$ sem.	$\Delta C$ $10^3 E^0$	$-\Delta d$ sem.	$\Delta C$ $10^3 E^0$
TP						
A			2	2		
B						
E						
F					2	12
G			2	6		
H						
I	2	6				
K						
	Aumentos sucesivos del costo total	6	X	8	X	12

Fig. 25 Programación CPM - datos y resultados

## Etapa 2

El cálculo de los caminos "normales" (actividades con duraciones normales) nos entrega el "Camino crítico" y los caminos subcríticos del grafo (Fig. 24).

C1 =	(TP. I G F) = 20 s	Duración "normal" 20 semanas
C2 =	(A K F) = 18 s	Objetivo: 14 semanas
C3 =	(TP. I E) = 15 s	
C4 =	(TP. B K F) = 16 s	
C5 =	(TP. H F) = 12 s	

## Etapa 3

**1a. programación:** Transformar C2 en camino crítico bajando C1 en 2 semanas, I y G tienen el costo / tiempo más bajo  
 $-c = E^{\circ} 3\ 000$  por semana

Elegimos  $I \Rightarrow \Delta C = 2 \times 3\ 000 = 6\ 000 E^{\circ}$

C1 y C2 son críticos duración total  $D = 18$  s

Costo total directo  $C = 780\ 000 + 6\ 000 = 786\ 000 E^{\circ}$

Como I pertenece a C3  $C3 = 15 - 2 = 13$  s

**2a. programación:** Transformar C4 en camino crítico.

Tenemos  $C4 = (TP. B K F)$ ;  $C2 = (A K F)$ ;  $C1 = (TP. I G F)$

Las actividades de C1 y C2 que tienen el costo por unidad de tiempo mínimo son A y G; aunque F pertenezca a C2 y C1 no lo podemos elegir porque su reducción acorta también C4.

A y G se acortan en dos semanas.

$A (8 - 2)$  y  $G (8 - 2) \Rightarrow \Delta C = (2 \times 1000) + (2 \times 3000) = 8\ 000 E^{\circ}$

C1, C2, C4 son críticos  $D = 16$  s

$C = 786\ 000 + 8\ 000 = 794\ 000 E^{\circ}$

**3a. programación:** Acortar C1, C2 y C4 en 2 semanas.

F pertenece a C1, C2 y C4 y es la única tarea que se puede acortar en C1 F (4 - 2)

$\Delta C = 2 \times 6\ 000 = 12\ 000 E^{\circ}$

C1, C2 y C4 son críticos  $D = 14$  semanas

$C = 794\ 000 + 12\ 000 = 806\ 000 E^{\circ}$

## II.- PRACTICA

### A. CONDICIONES PARA EL EMPLEO DE LAS TECNICAS DE PROGRAMACION

#### A.1 La responsabilidad de la gestión de la programación.

Aquí conviene disipar una posible confusión. Una técnica de programación no puede reemplazar la dirección propiamente dicha, sino tan sólo ayudarla, pues apenas es un instrumento en la mano de quien dirige un programa o un proyecto, instrumento, eso sí, sobremanera eficaz cada vez que se trata de elaborar un plan de ejecución que permita el uso óptimo de los medios del caso para alcanzar una meta precisa.

Como método de presentación de las interacciones entre los factores que deben ser considerados en una programación, el P.E.R.T. y los Potenciales facilitan tomar una decisión, permitiendo a la vez evaluar las implicaciones de ella, de manera que así se aumentan las probabilidades de buen éxito del programa. En otros términos, reducen la parte del azar.

#### A.2 Utilidad de las técnicas de programación.

Esencialmente, una técnica de programación sirve para asegurar el pleno empleo de los medios, así como también para lograr o reducir los plazos, por lo que cabe considerarla como un útil ideal para la coordinación general de un proyecto.

En el momento de la elaboración de un proyecto, puede ser utilizada en la simulación de las variantes, aunque los elementos técnicos suelen quedar fuera del alcance de este método, como es el caso, por ejemplo, de la elección de material para construcciones escolares.

Asimismo, en la fase de ejecución del proyecto, si bien es cierto que estas técnicas pueden servir para informar a la dirección y para ayudarla en su gestión y en el control de los elementos del caso, es obvio que sólo pueden ser contemplados dos factores, a saber: tiempo (duración, simultaneidad, encadenamiento) y costo.

#### A.3 Características de las programaciones.

Los criterios de desglosamiento del análisis de un proyecto mediante una técnica de programación son los mismos que se emplean en la división habitual del trabajo, tales como:

- por unidad de tiempo (v.g., trimestre escolar)
- por fase de ejecución (v.g., las etapas de una construcción)
- por funciones directivas (v.g., entre varios jefes de servicios ministeriales.
- por unidad geográfica (v.g., por provincia)

- por especialidad (v.g., las varias asignaturas que entran en un programa de formación)
- por naturaleza (v. g. división entre construcción, equipo y nombramiento de los profesores en nuestro ejemplo central).

El grado de información (o de control) alcanzable y la estrategia de utilización de la técnica constituyen las dos principales variables que determinan el nivel de detalle de la programación. Además, este aumenta a medida que se va precisando la programación en fases sucesivas: programa sucinto, ante-proyecto, proyecto detallado, puesta en marcha y revisiones.

#### A.4 Gestión de la programación

Se necesita un sistema de intercambio de información entre el administrador del programa y los encargados de la ejecución del proyecto. Aún cuando el jefe del proyecto no administre por sí mismo el planning, los flujos de la información deben pasar a través de él, quien debe ser informado sobre la marcha del proyecto, y eventualmente, tomar decisiones al respecto.

Aunque sea bien hecha y administrada, una programación necesita ser constantemente actualizada de acuerdo con todas las informaciones que suministran los ejecutores. La tarea más corriente en esta actualización es la gestión de las holguras como un medio de equilibrar las cargas y de prevenirse contra los imprevistos y los atrasos.

#### A.5 Posibilidad del empleo de estas técnicas en la administración de la educación .

Si bien las técnicas de programación son de uso habitual en la industria, la administración educativa está apenas descubriéndolas. Es decir, que no existe, por el momento, una experiencia confirmada en cuanto a las posibilidades de racionalización que dichas técnicas ofrecen a las varias tareas de la administración educativa. Sin embargo, podría ser útil dar a continuación las respuestas que se repiten con mayor frecuencia en las encuestas que se efectuaron durante seminarios relacionados con las técnicas de administrar o planificar en el campo de la educación.

		Eficiencia		
		Alta	Parcial	Nula
1.	PLANIFICACION			
1.1	Diagnóstico del sistema educativo			x
1.2	Estudio de alternativas en cuanto a objetivos		x	
1.3	Toma de decisiones			
1.3.1	Demora en la toma de decisiones	x		
1.3.2	Definición de los objetivos y metas			x

		Eficiencia		
		Alta	Parcial	Nula
<b>1.4</b>	<b>Elaboración del plan</b>			
1.4.1	Coordinación del trabajo de los varios participantes	x		
1.4.2	Redacción y presentación			x
<b>2.</b>	<b>EJECUCION</b>			
<b>2.1</b>	<b>Programación y elaboración de proyectos</b>			
2.1.1	Estudio de alternativas		x	
2.1.2	Coordinación de la tarea de los varios participantes	x		
2.1.3	Informar a los participantes		x	
<b>2.2</b>	<b>Distribución de las funciones directivas</b>			
			x	
<b>2.3</b>	<b>Administración de los recursos humanos</b>			
2.3.1	Concentrar el interés en el logro de los objetivos comunes	x		
2.3.2	Determinación de las necesidades de empleo		x	
2.3.3	Calificaciones o condiciones de empleo			x
2.3.4	Formación, reclutamiento, perfeccionamiento		x	
2.3.5	Asignación, transferencia, promoción		x	
2.3.6	Calificación y disciplina			x
2.3.7	Archivos			x
<b>2.4</b>	<b>Gestión de los recursos financieros</b>			
2.4.1	Fuente y justificación			x
2.4.2	Estimación de costos		x	
2.4.3	Autorización de gastos		x	
2.4.4	Control de gastos		x	

2.5 Gestión de los recursos materiales	Eficiencia		
	Alta	Parcial	Nula
2.5.1 Mapa escolar; datos demográficos, geográficos, transporte, cartográficos			x
2.5.2 Mapa escolar: capacidad escolar y zona cubierta, tamaño de las escuelas			x
2.5.3 Mapa escolar: acuerdos y recursos		x	
2.5.4 Ubicación de las escuelas			x
2.5.5 Servicios profesionales (arquitectos, ingenieros)		x	
2.5.6 Estudios de construcciones			x
2.5.7 Información de los arquitectos		x	
2.5.8 Programación de las actividades de construcción	x		
2.5.9 Inspección trabajo		x	
2.5.10 Costos. Presupuestos. Pagos		x	
2.5.11 Mobiliario y equipamiento		x	
2.5.12 Transporte alumnos		x	
<b>2.6 Programa de enseñanza</b>			
2.6.1 Definición metas			x
2.6.2 Contenido		x	
2.6.3 Métodos de enseñanza			x
2.6.4 Elaboración equipo de enseñanza			x
2.6.5 Fabricación y distribución del mismo	x		
2.6.6 Radio y T.V. escolares		x	



		Eficiencia		
		Alta	Parcial	Nula
<b>3. CONTROL</b>				
<b>3.1 Evaluación</b>				
3.1.1	Determinación de lo hecho y de lo que resta aún por hacer		x	
3.1.2	Logro de los plazos	x		
3.1.3	Decidir si los objetivos se mantienen válidos			x
<b>3.2 Información</b>				
3.2.1	La técnica de programación como sistema de comunicación		x	
3.2.2	Reunión de antecedentes		x	
3.2.3	Interpretación de los datos			x

## B. EJEMPLO DE UTILIZACION

### Un proyecto de "Educación de los trabajadores"

Tenemos aquí un proyecto sobre el cual los estudios de fundamentación y de factibilidad fueron documentados. Con la ayuda de estos documentos fue posible desarrollar una "primera programación". Lo que expondremos a continuación no significa de ningún modo que la ejecución seguirá los pasos diseñados, pero ésta deberá entenderse como la fase normal antes de la implementación y del control.

#### a) Objetivos

Creación de Unidades de Formación (UF) dentro de Unidades productivas, de tal modo que: "La UF deberá movilizar a todos los trabajadores de la unidad económica, generando una dinámica educacional interna por la cual cada trabajador se convierte en un comunicador y receptor de conocimientos, en un maestro y creador, en un práctico y teórico, en base a los intereses y necesidades de la clase trabajadora y de la unidad económica de la cual es parte" (1)

(1) "Proyecto de Educación de Trabajadores de la IV zona Valparaíso-Aconcagua", p. 24. Documento de trabajo. Universidad de Chile, Valparaíso.

Las características de las Unidades de Formación dependen del nivel de desarrollo tecnológico y del tamaño de los centros productivos (que pueden ir desde la gran empresa hasta el taller artesanal).

Por lo tanto, fijaremos el diseño de un subproyecto dirigido a un complejo homogéneo (producciones utilizando tecnologías similares) de pequeñas empresas artesanales o semi-artesanales. En este caso se tratará de instalar un centro politécnico para lograr objetivos económico y demográfico: "Al estudiar algunos lugares donde se da este tipo de economía (precapitalista), hemos advertido que, a causa de la cercanía con centros de mayor desarrollo industrial, se produce un constante éxodo de trabajadores calificados y de estudiantes, que, al ingresar a la universidad, difícilmente vuelven a su lugar de origen... hemos desarrollado un modelo que se orienta al desarrollo de la economía regional y a dar una salida educacional consecuente a los adolescentes del lugar".

**b) Lista de actividades y análisis preliminar**

La unidad administrativa que se encargará de impulsar y coordinar este proyecto, tendrá que estar situada a un nivel regional descentralizado dentro del Ministerio de Educación Nacional o de la Institución de la Educación de los Adultos.

La descripción del proyecto que sigue a continuación se refiere más bien a la adaptación de una planta física existente a nuevos objetivos.

Actividades anteriores	Clave	Descripción
E, F	A	Constitución de la Comisión Técnica (C.T.) .
C, D	B	Análisis de las características socio económicas de la región. Actualización y síntesis de los planes.
—	C	Obtención del plan de desarrollo económico de la región.
—	D	Obtención del plan de desarrollo de los recursos humanos de la región.
B	E	Elección de las empresas (artesanales y semi-artesanales): Reuniones con los sindicatos, con los comités de administración y/o con los empresarios. Obtención del grupo final de empresas.
B	F	Definición del centro politécnico (ubicación, capacidad, recursos necesarios) .
F	G	Definición de las áreas programáticas requeridas.
G	H	Esbozo de los programas.
G	I	Inventario de los docentes disponibles en la región.
G	J	Inventario de los instructores disponibles en la región.
I, J, M	K	Contratación del personal docente. Sistema de entrevistas.
M	L	Contratación y/o adaptación del personal administrativo del centro politécnico.
F	LL	Elaboración del presupuesto.
LL	M	Autorización del presupuesto.
F	N	Selección del equipo material necesario.
M, N	Ñ	Compra del equipo material (orden de compra).
A, H	O	Reuniones de la C.T. con los comités de los trabajadores para criticar y adaptar programas.
M	P	Adaptación de los locales para formar el primer elemento del centro politécnico.
Ñ, P	Q	Instalación de los talleres de enseñanza: llegada e instalación del equipo.
K, Q	R	Instalación del personal docente.
O, L, R	S	Puesta en marcha de la Unidad de Formación (UF) y redacción final de los programas.

c) Diagrama de potenciales

El análisis preliminar se transforma en grafo de potenciales después de la manipulación del cuadro básico (cf. pág. 3 a 9).

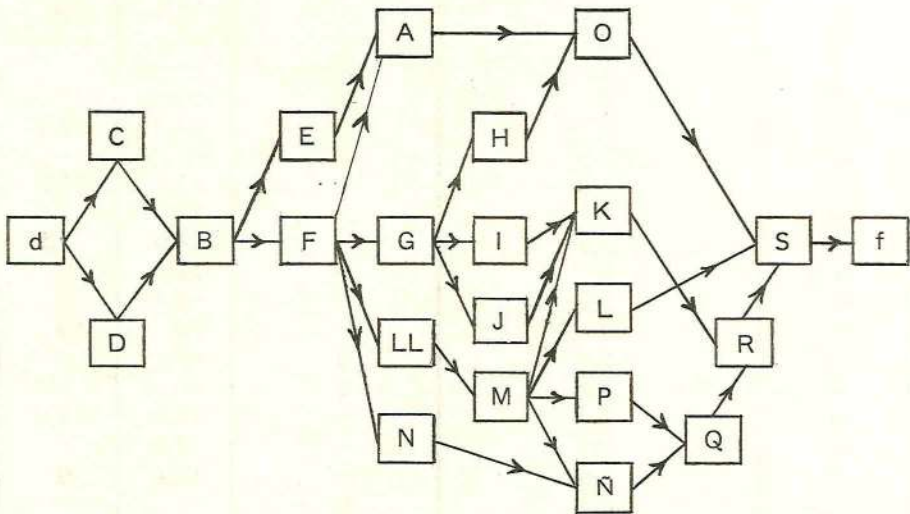


Fig. 26: Diagrama de un proyecto de "Educación de los trabajadores"

## d) Duración del proyecto

La estimación de las duraciones medias de cada actividad del proyecto nos entrega el cuadro siguiente:

Actividades	Duraciones medias $t_E$ sem.	Holguras sem.		
		Act. críticas	Act. no-críticas	
			$H_M$	$H_m$
A	5,3	—	12,4	0
B	3	0	—	—
C	2	0	—	—
D	2	0	—	—
E	2,2	—	12,7	12,7
F	2,5	0	—	—
G	1,7	—	11,5	11,5
H	3	—	13,0	1,5
I	2,5	—	14,0	2,5
J	5	—	11,5	0
K	2,9	—	8,7	0
L	3	—	10	10
LL	1,5	0	—	—
M	8	0	—	—
N	2	—	12,9	12,9
Ñ	1,3	—	4,4	—
O	4,8	—	12,4	0
P	6,7	0	—	—
Q	5	0	—	—
R	1,3	0	—	—
S	4	0	—	—
	Estimación	Control		

Fig. 27: Cuadro de control del proyecto

La parte derecha del cuadro es el resultado del procesamiento de la red PERT que aparece resumido a continuación (1).

- (1) A manera de ejercicio el lector puede procesar el diagrama potencial de la figura 26.

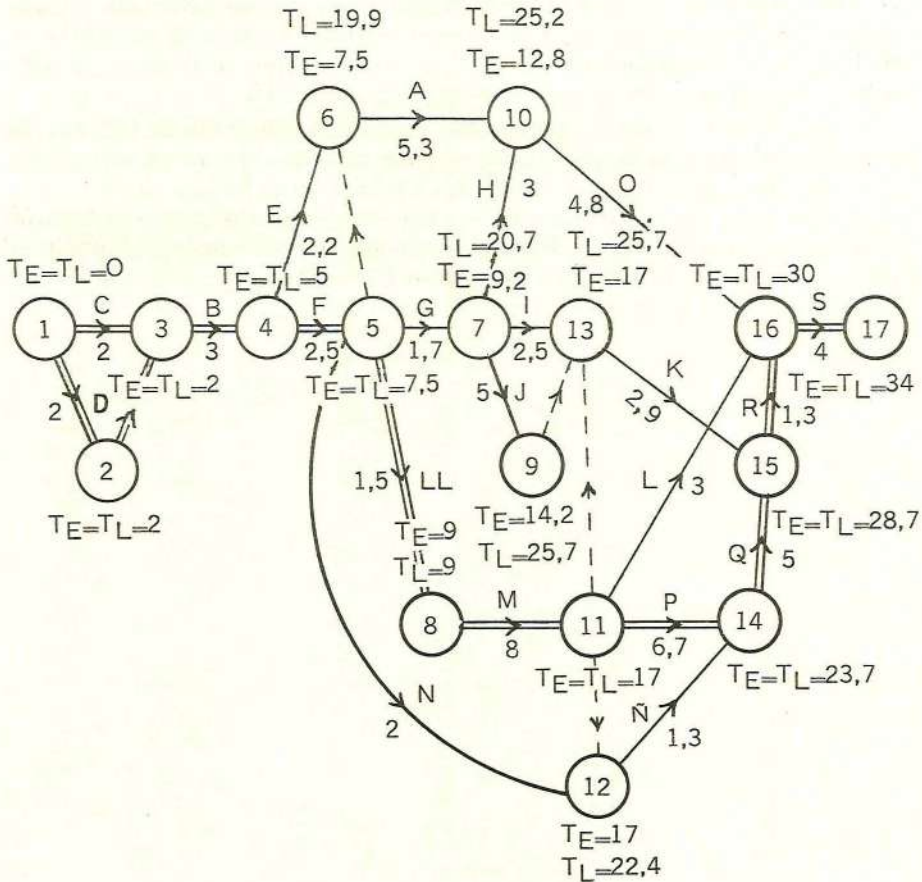


Fig. 28:Red PERT

## e) Algunas observaciones

La realización de este proyecto dentro de los plazos programados depende mayormente de los recursos humanos de que dispondrá el organismo responsable de la ejecución. No debemos olvidar que en el camino crítico aparece una actividad M "autorización del presupuesto", que no requiere ningún trabajo de parte del organismo responsable.

La importante duración, 8 semanas, de esta actividad permitirá colocar los recursos disponibles sobre la realización de los caminos subcríticos 5 - 7 - 9 - 13; 5 - 12; 7 - 13.

La naturaleza experimental de este proyecto provocó una fuerte restricción financiera (trámite burocrático complejo a raíz de una definición institucional nueva). Por otro lado, las actividades relativas a una serie de debates y reuniones con los trabajadores — E, A, O — son de compleja estimación, tratándose de procesos cuya dinámica interna es difícil de prever.

En síntesis, la mayor ventaja que procura la aplicación de técnicas de programación a base de grafos, resulta más bien en la elucidación de actividades complejas que en la entrega de los datos esenciales como fechas, tareas críticas y duración total. La etapa siguiente a la aprobación de este proyecto tendría que analizar el problema de la distribución de los recursos humanos disponibles sobre la lista de actividades re-programadas (revisión y definición más fina).

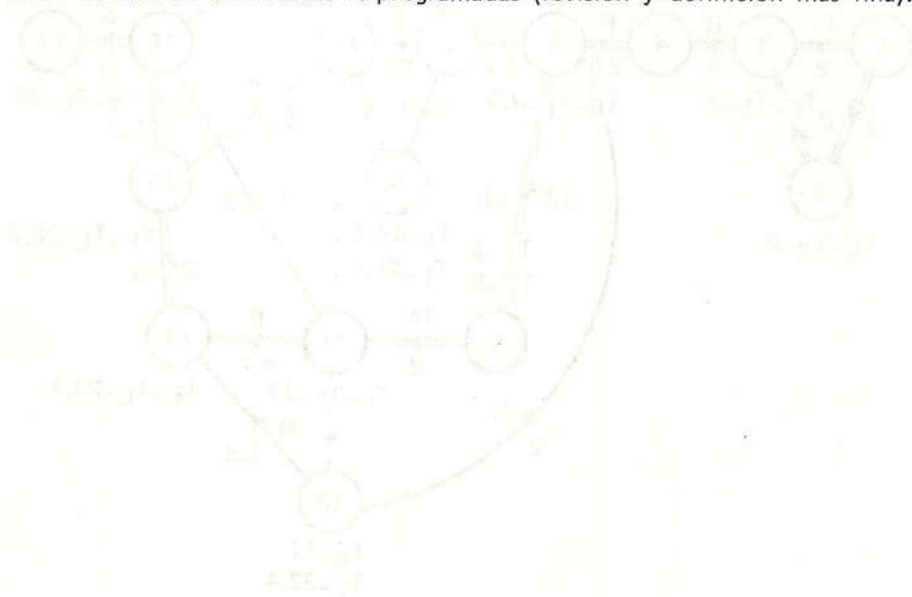


FIG. 1. Estructura del proyecto.

Algunos de los resultados.

La realización de este proyecto demandó los recursos humanos de los departamentos de la empresa. Los departamentos de la empresa de la que se trata en este estudio son los departamentos de la empresa de la que se trata en este estudio. Los departamentos de la empresa de la que se trata en este estudio son los departamentos de la empresa de la que se trata en este estudio.

La siguiente etapa de la programación a base de grafos es la definición de las actividades re-programadas. Esta actividad consiste en la definición de las actividades re-programadas.

— 9 —

## BIBLIOGRAFIA

## En Castellano:

- BALTAR (A.), "Control de la ejecución de proyectos por el método del camino crítico PERT", Cuadernos del ILPES, No. 4, Santiago.
- BATTERSBY (A) "Planificación y Programación de Proyectos Complejos", Ariel, Barcelona, 1970.
- BERGE (C.), "Teorías de las redes y sus aplicaciones", CECSA, México, DF.
- EVARTS (H.F.), "Introducción al PERT", editorial Sagitario, Barcelona, 1965.
- FIGUERA ANDU (J) "PERT—CPM, Técnicas Modernas de Planificación y Control de Proyectos", editorial SAETA, Madrid, 1964.
- KARRER (E.H.), "El método de la sucesión crítica de trabajos", ediciones CEDEL, Barcelona, 1964.
- LINDSAY (F.A.), "Técnicas modernas de gestión", Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1966.
- KAUFFMANN (A.) y DESBAZEILLZ (G.) "Método del camino crítico", editorial Sagitario, Barcelona, 1965.
- MILLER (W.M.), "Aplicación del Método PERT al Control de Programación, Costos y Beneficios", Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1967.
- STILLIAN (N.G.) y colaboradores, "PERT, un nuevo instrumento de planificación y control", ediciones DEUSTO, Bilbao, 1964.

## En Inglés y Francés:

- BOULET (A), "Le PERT à la portée de tous", Dunod, Paris, 1970.
- HANDY (H.W.) y HUSSAIN (K.M.), "Network Analysis for Educational Management", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey USA, 1968.
- LOCKYER (K.G.), "Introduction a l'Analyse du Chemin Critique", Dunod, Paris, 1969.
- SICARD (P) "Pratique du PERT, méthode de contrôle des délais et des coûts", Dunod, Paris, 1967.



En  
este tra-  
bajo intervi-  
nieron las si-  
guientes personas  
Coordinador de Im-  
prenta: Miguel Monse-  
rrat Vilches, Jefe del Sis-  
tema Offset: Ernesto Qui-  
ntana Gutiérrez, Diseño y Diagra-  
mación: Ricardo Barrios Bañares,

Composición: Clara  
Niñez Escobar, Adria-  
na Aravena Valen-  
zuela; Montaje: Er-  
nesto Quintana Con-  
treras; Fotomecánica  
Eduardo Quintana  
Contreras; Impresión  
Carlos Olgún Olave,  
Juan Contreras Va-  
lenzuela, Alfonso  
Orellana Vargas; En-  
cuadernación: Her-  
nán Contreras C. y  
Equipo del C.P.E.I.P.

**Lo Barnechea, 1974.**  
**CHILE**

