

# PROGRAMACION PERT Y CPM.

Mayor GUSTAVO GOMEZ VILLAMIZAR

## 1.—Historia de los sistemas de programación PERT y CPM.

Hacia el año de 1957, la Armada Norteamericana decidió diseñar un nuevo sistema de programación, que le permitiera dar cumplimiento al proyecto "Polaris", en el tiempo previsto. Este proyecto involucraba 250 contratistas directos y alrededor de 9.000 sub-contratistas. De aquí surgió el llamado sistema PERT (Project Evaluation and Review Technique).

En forma prácticamente simultánea, pero totalmente independiente, la Remington Rand y la Du Pont, trabajaron en la preparación de nuevos sistemas de Programación, llegando al llamado CPM (Critical Path Method). Estos dos sistemas, muy similares entre sí, demostraron su alta eficiencia y se difundieron muy rápidamente dentro del campo industrial siendo aplicables a los más variados proyectos. Es posible afirmar que toda actividad es susceptible de ser programada por estos sistemas, obteniéndose una gran eficacia.

Hoy día, existen muchas variantes de estos sistemas, pero todos conservan su filosofía y principios básicos.

## 2.—Comparación con el sistema de barras.

Desde mucho tiempo atrás y aún ahora, se usa el sistema de barras de GANTT, para efectuar programaciones.

Este sistema de barras es bastante bueno, e inclusive se recomienda, por muchos autores, regresar en los últimos pasos, del sistema PERT o del CPM, al de barras con algunas variaciones.

La idea de cambiar este último sistema surgió de algunos problemas que presentaba, dentro de los cuales podemos destacar los siguientes:

- a. Toda actividad aparece como crítica, es decir, que una demora en el tiempo calculado puede ocasionar retardos en todas las actividades de las que la suceden, sin que sea sencillo determinar esta posibilidad.
- b. Una vez desajustado el programa es bastante complejo volverlo a ajustar, determinando en qué fase o etapa es posible recuperar el tiempo perdido.
- c. No indica la incidencia de un retardo, sobre todas y cada una de las



Mayor

GUSTAVO GOMEZ VILLAMIZAR

Adelantó estudios por comisión del Gobierno en el Colegio Militar de la República Argentina, habiendo obtenido su ascenso a Subteniente en el año de 1953. Adelantó curso de especialización en Fort Monmouth de Estados Unidos. Se ha desempeñado como Comandante del grupo de Estudios Táctico-Estratégicos del Terreno del territorio nacional, Escuela de Ingenieros Militares y actualmente Jefe de la Sección de Planes y Operaciones del Departamento de Ingenieros del Comando del Ejército.

---

otras actividades o eventos programados.

d. Cuando un proyecto abarca gran variedad de actividades, es difícil su elaboración y control.

Todas estas desventajas del sistema de barras, son ventajas de los sistemas PERT y CPM. Ellos además permiten distribuir los recursos a lo largo de la obra y acortar la duración de un proyecto en la forma más económica posible.

### 3.—Características de los sistemas PERT y CPM.

Estos no son, como erróneamente se piensa en ciertas ocasiones, sistemas para solucionar todos los problemas de la dirección de un trabajo. Son procedimientos que ayudan a esta direc-

ción a llegar correctamente sus decisiones, integrando todos los recursos disponibles y permiten darle con mayor facilidad su control o el cambio rápido, cuando sea necesario y conveniente.

Estos dos sistemas emplean diagramas dinámicos, es decir, creando redes compuestas de flechas que concurren a nudos, indicando actividades y precedencias.

La gran ayuda que dan al director de la obra radica en que contestan a preguntas tales como: trabajos que se requieren realizar antes que otros (precedencia); trabajos que necesariamente han de ser posteriores a determinada actividad (continuidad) y actividades que puedan desarrollarse simultáneamente (superposición en tiempo); flujo de materiales y financiación a lo largo de la obra; forma cómo se encuentra en cualquier momento el proyecto de acuerdo a lo calculado en el programa; cuáles son las actividades críticas y cuáles no siéndolo pueden convertirse en tales, si se demoran más de un determinado tiempo; cómo debe acelerarse el proyecto, con el menor incremento posible de sus costos, cuando por un retardo o por voluntad del director deba realizarse esta tarea.

Los sistemas PERT y CPM, se diferencian entre sí, básicamente en los siguientes puntos: El PERT se rige por los eventos que se cumplan en los nudos y el CPM por las actividades en las flechas; además, en el primero de ellos los tiempos de cada actividad se estiman en base al cálculo

de probabilidades, usando tres tiempos diferentes: el pesimista, el optimista y la fecha más probable; de estos se obtiene el de **duración estimada** (fecha de mayor probabilidad); en el CPM se dispone únicamente del tiempo calculado.

Lógicamente, es mucho más sencillo el sistema CPM, pero solamente la clase de trabajo por realizar, indicará cuál de los dos métodos es el más conveniente de aplicar.

#### 4.—Sistema CPM.

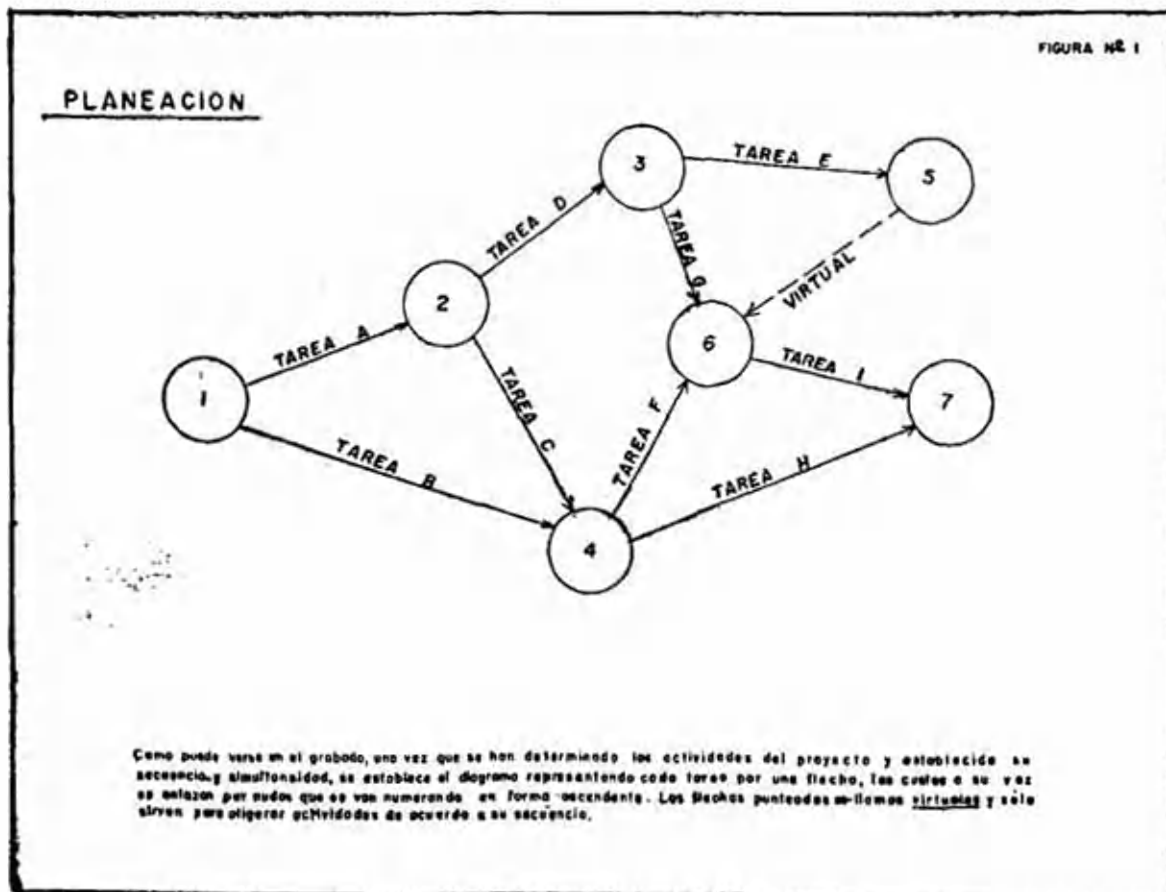
En este, como en todos los similares y sus variantes, se distinguen claramente tres etapas: el planeamiento, la programación y el control.

El planeamiento consiste en analizar todas las actividades que deben realizarse para completar el proyecto y establecer entre ellas su secuencia y diseño de la red o diagrama.

(Fig. Nº 1).

La programación consiste en estimar las duraciones de cada actividad empleando el mínimo de recursos necesarios, es decir, teniendo en cuenta el factor económico para determinar en base a estos tiempos calculados, las fechas en que comienzan y terminan cada una de las actividades.

Cuando a un nudo llega más de una actividad, se toma como tiempo de término, el de mayor duración que resulte al hacer los cálculos. En esta forma se pasa a través de toda la red



hasta llegar al nudo final, obteniendo la fecha en que estará completa la obra.

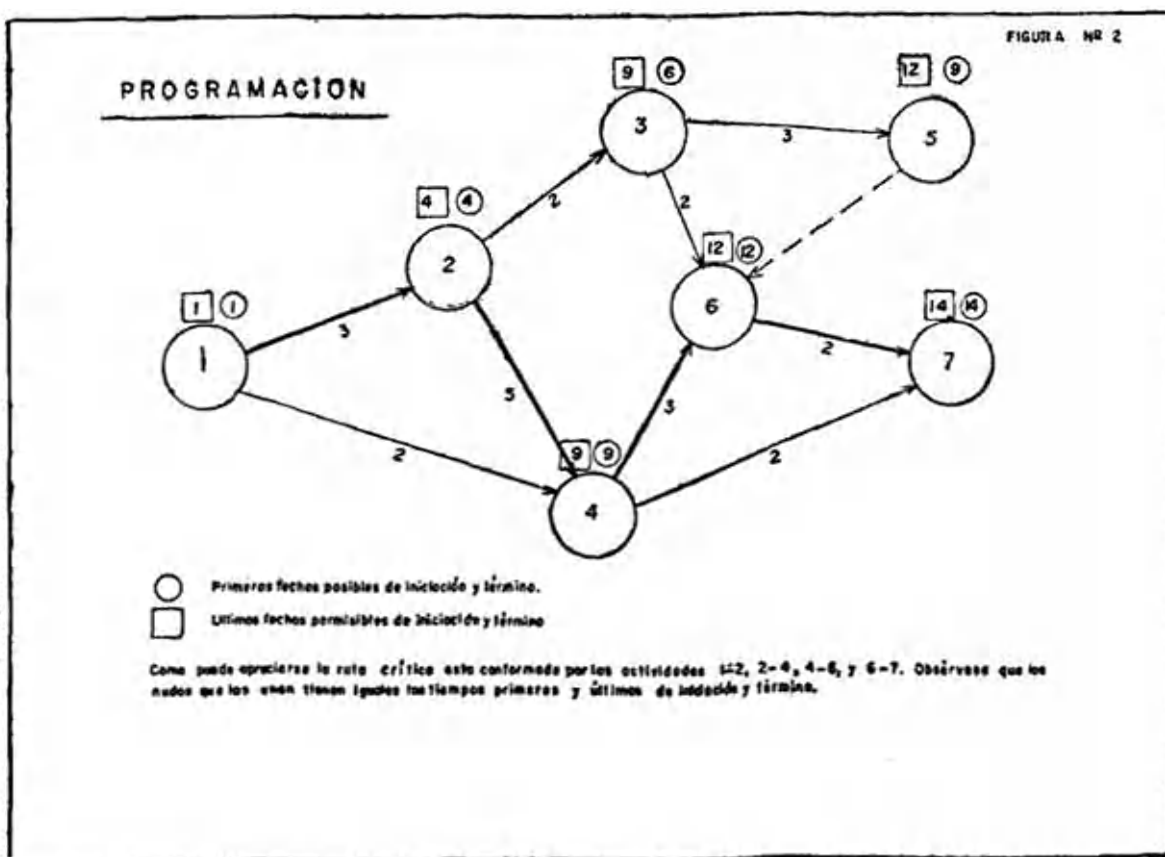
Los tiempos de iniciación y término de estas actividades se denominan "Primera fecha posible de iniciación y de término" y se anotan con la convención correspondiente encima de cada nudo.

A continuación se calculan los tiempos llamados "Última fecha permisible de iniciación y de término"; cálculo este que se hace en sentido inverso comenzando por el nudo final y tomando siempre en cada nudo al que se llegue, el menor tiempo que se obtenga al descontar de los inmediatamente posteriores (hacia el final de la red), la duración de las actividades; estos tiempos se anotan tam-

bién con su convención encima de cada nudo.

Debe tenerse en cuenta que en el primer nudo, deben coincidir los tiempos "primera fecha posible de iniciación" y la "última fecha permisible de iniciación"; igual cosa debe suceder en el nudo final con la "primera fecha posible de término" y la "última fecha permisible de término".

El camino que tenga mayor duración para llegar del primero al último nudo, recibe el nombre de "ruta crítica", ya que cualquier demora en una o varias de las actividades que la conforman, se reflejará en un retardo de todo el programa; lo cual no sucede con el resto de actividades dentro de ciertos límites de demora. La ruta así obtenida se indica con doble línea. (Fig. Nº 2).



Estas amplitudes de retardo (**Holguras**) de una actividad se pueden obtener de varias formas y expresarán diferentes conceptos. Las principales holguras son los denominadas tiempos flotantes totales ( $F_t$ ) y flotantes libres ( $F_l$ ), los cuales se obtienen de la siguiente forma:

a. Tiempo flotante total, es la holgura que permite la demora de la actividad sin que se retarde la finalización calculada del proyecto.

Es igual a la diferencia entre la última fecha permisible de término en el nudo posterior y la primera posible de terminación en el nudo inicial de la actividad analizada, disminuida en la cantidad calculada para la duración de esta última. Por ejemplo en la actividad 3-5 de la figura N° 2, se tiene:

$$F_t = \boxed{12} - \textcircled{6} - 3 = 3.$$

b. Tiempo flotante libre. Es la holgura que queda después de realizar una actividad a condición de que todas las anteriores hayan iniciado en su fecha más pronto posible.

Es igual a la diferencia entre la primera fecha posible de término y la primera fecha posible de iniciación de la correspondiente actividad disminuida en la duración de la misma; fechas que como en el caso anterior se toman de los nudos extremos del suceso considerado. Por ejemplo en la actividad 3-6 de la figura N° 2, se tiene:

$$F_l = \boxed{12} - \textcircled{6} - 2 = 4$$

FIGURA N° 3

ACTIVIDADES		DURACION	SITUACION	FECHA POSIBLE		ULTIMA FECHA PERM		HOLGURA		
i	j			INIC.	TER.	INIC.	TER.	$F_t$	$F_l$	
1	2	TAREA A	3	CRITICA	1	4	1	4	0	0
1	4	TAREA B	2		1	3	7	9	6	6
2	3	TAREA D	2		4	6	7	9	3	0
2	4	TAREA C	5	CRITICA	4	9	4	9	0	0
3	5	TAREA E	3		6	9	9	12	3	0
3	6	TAREA G	2		6	8	10	12	4	4
4	6	TAREA F	3	CRITICA	9	12	9	12	0	0
4	7	TAREA H	2		9	11	12	14	3	3
5	6	VIRTUAL	—							
6	7	TAREA I	2	CRITICA	12	14	12	14	0	0

Puede utilizarse un cuadro como el que aparece en la figura 3, en el cual se han anotado las primeras y últimas fechas de iniciación y término para cada actividad, sin tener en cuenta las fechas de los nudos, cuando en ellos llegan o inician dos o más actividades, puede apreciarse cómo las actividades con tiempos flotantes cero, son las que conforman la ruta crítica.

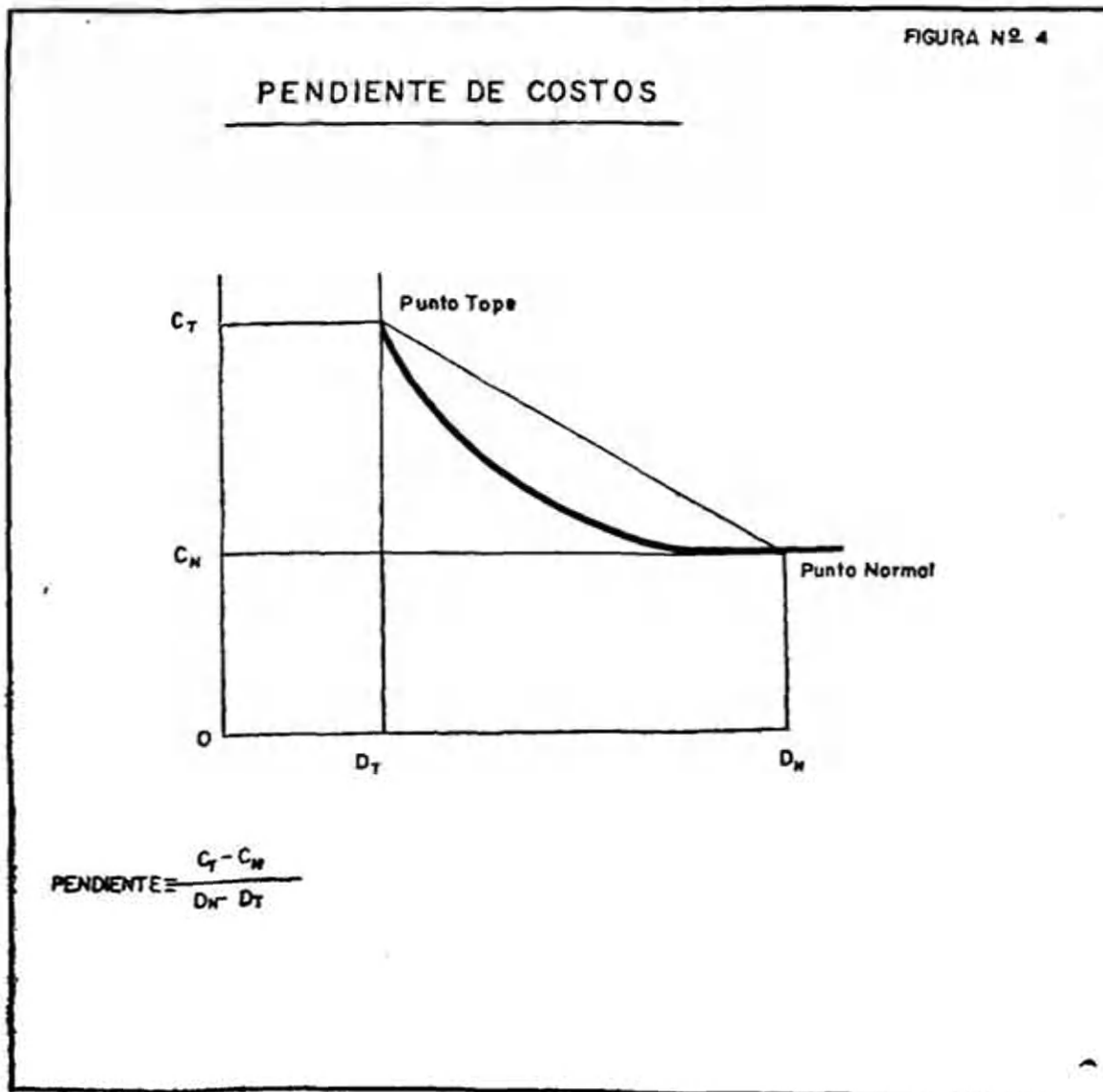
#### 5.—Acortamiento de la duración del Proyecto.

Cuando por alguna razón se requiera terminar la obra antes de la fecha

final que se obtenga con la red, o cuando se hayan presentado retardos en las actividades críticas, es lógico, que habrá que acortar precisamente estas actividades aplicándoles a ellas mayores recursos; si esto se hace en otras tareas solo aumentarían los costos del proyecto pero no disminuiría su duración.

Es conveniente tener en cuenta que al acortar actividades de la ruta crítica, pueden otras llegar a constituirse a su vez en críticas.

Al acortar actividades, por lo general y siempre que los recursos lo per-



mitan, deberá hacerse esto con un criterio económico; es decir, se preferirá disminuir la duración de aquellas actividades cuyo aumento de costo por unidad de tiempo reducido, sea menor.

De acuerdo a la filosofía del sistema, siempre deben respetarse las fechas iniciales y finales del programa.

Esto requiere calcular la pendiente de costo, esto es, dividir la **diferencia** entre el costo tope (cuando ya no es posible reducir más el tiempo) y el costo de normal (cuando la actividad tiene una duración normal) por la diferencia entre el tiempo normal y el tiempo tope.

(Figura N° 4).

#### 6.—Paso al sistema de barras de GANTT.

Toda la programación, una vez ajustada, puede pasarse al sistema de barras de GANTT, mostrando las holguras; esto hace más fácil el control de las obras.

#### 7.—Control.

Es lógico que el mayor control debe ejercerse sobre las actividades críticas y luego sobre las sub-críticas; cada vez que se produzca un desajuste en la ruta crítica deberá reajustarse todo el programa para poderlo cumplir en el tiempo propuesto. **Es oportuno aclarar que las flechas no constituyen vectores y por lo tanto no tienen escala ni representan fechas de calendario.**

#### 8.—Uso de computadores.

Este sistema lógicamente es bastante complejo en su desarrollo total, pero puede ser procesado en computador en muy poco tiempo.

Pero cuando no son demasiadas las actividades de un proyecto, puede realizarse en corto tiempo y sin mayor esfuerzo, en forma totalmente manual.

Actualmente se están elaborando los correspondientes programas en el computador del Ministerio de Defensa Nacional, para a partir de Enero de 1969, iniciar el planeamiento, programación, y control de las obras de construcción de los Ingenieros Militares por este sistema.

Infelizmente la necesaria brevedad de este artículo, comparado con la extensión de su tema, no permite presentar un ejemplo real de construcción de carreteras, tal como funcionará el próximo año.

#### BIBLIOGRAFIA

- Aplicaciones prácticas del PERT y CPM, por **Luis Yuchen-Tao**, segunda Edición - Ediciones Deusto.
- PERT - CPM por **J. Figuera Andu**, Ingeniero Industrial, Editorial S.A. E.T.A.
- Nuevos Métodos de Programación y Control de Obras, por el Ingeniero **Carlos Tercero Bonifaz**, publicado por la Secretaría de Recursos Hidráulicos de Méjico.