

Título: "PROYECTO POLARIS, PERT Y CPM"

Aportado por: María Alejandra Hinojosa - admin-feporcina@cantv.net

INDICE

INTRODUCCION	1
CONTENIDO.....	3
CONCLUSIÓN	28
BIBLIOGRAFIA	31

INTRODUCCION

Los proyectos en gran escala por una sola vez han existido desde tiempos antiguos; este hecho lo atestigua la construcción de las pirámides de Egipto y los acueductos de Roma. Pero sólo desde hace poco se han

analizado por parte de los investigadores operacionales los problemas gerenciales asociados con dichos proyectos.

El problema de la administración de proyectos surgió con el proyecto de armamentos del Polaris, empezando 1958. Con tantas componentes y subcomponentes juntos producidos por diversos fabricantes, se necesitaba una nueva herramienta para programar y controlar el proyecto. El PERT (evaluación de programa y técnica de revisión) fue desarrollado por científicos de la oficina Naval de Proyectos Especiales. Booz, Allen y Hamilton y la División de Sistemas de Armamentos de la Corporación Lockheed Aircraft. La técnica demostró tanta utilidad que ha ganado amplia aceptación tanto en el gobierno como en el sector privado.

Casi al mismo tiempo, la Compañía DuPont, junto con la División UNIVAC de la Remington Rand, desarrolló el método de la ruta crítica (CPM) para controlar el mantenimiento de proyectos de plantas químicas de DuPont. El CPM es idéntico al PERT en concepto y metodología.

El PERT/CPM fue diseñado para proporcionar diversos elementos útiles de información para los administradores del proyecto. Primero, el PERT/CPM expone la "ruta crítica" de un proyecto. Estas son las actividades que limitan la duración del proyecto. En otras palabras, para lograr que el proyecto se realice pronto, las actividades de la ruta crítica deben realizarse pronto. Por otra parte, si una actividad de la ruta crítica se retarda, el proyecto como un todo se retarda en la misma cantidad. Las actividades que no están en la ruta crítica tienen una cierta cantidad de holgura; esto es, pueden empezarse más tarde, y permitir que el proyecto como un todo se mantenga en programa. El PERT/CPM identifica estas actividades y la cantidad de tiempo disponible para retardos.

El PERT/CPM también considera los recursos necesarios para completar las actividades. En muchos proyectos, las limitaciones en mano de obra y equipos hacen que la programación sea difícil. El PERT/CPM identifica los instantes del proyecto en que estas restricciones causarán problemas y de acuerdo a la flexibilidad permitida por los tiempos de holgura de las actividades no críticas, permite que el gerente manipule ciertas actividades para aliviar estos problemas.

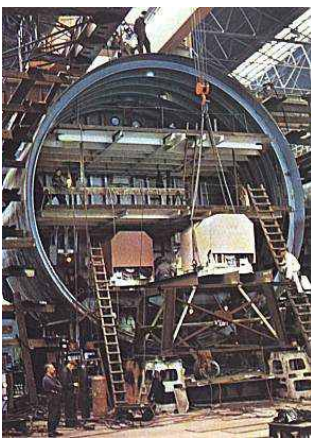
Finalmente, el PERT/CPM proporciona una herramienta para controlar y monitorear el progreso del proyecto. Cada actividad tiene su propio papel en éste y su importancia en la terminación del proyecto se manifiesta

inmediatamente para el director del mismo. Las actividades de la ruta crítica, permiten por consiguiente, recibir la mayor parte de la atención, debido a que la terminación del proyecto, depende fuertemente de ellas. Las actividades no críticas se manipularan y remplazaran en respuesta a la disponibilidad de recursos.

CONTENIDO

RESEÑA HISTÓRICA

La planificación y programación de proyectos complejos, sobre todo grandes proyectos



unitarios no repetitivos, comenzó a ser motivo de especial atención al final de la Segunda Guerra Mundial, cuando se difundió el Gráfico de Gantt. Hasta finales de los cincuenta ésta fue la única herramienta que se tenía; en esta época, la Oficina de Proyectos Especiales de la

Marina de los Estados Unidos de América, como se dijo anteriormente, en colaboración con la Lockheed (fabricantes de proyectiles balísticos) y la Booz, Allen & Hamilton (ingenieros consultores), se plantean un nuevo método para solucionar el problema de planificación, programación y control del proyecto de construcción de submarinos atómicos armados con proyectiles «Polaris», donde tendrían que coordinar y controlar, durante un plazo de cinco años a 250 empresas, 9000 subcontratistas y numerosas agencias gubernamentales. En julio de 1958 se publica el primer informe del programa, al que denominan *Programme Evaluation and Review Technique* (**PERT** - Evaluación de Programas y Revisión Técnica), decidiendo su aplicación en octubre del mismo año y consiguiendo un adelanto de dos años sobre los cinco previstos.

Para 1960 se construyeron en Estados Unidos los primeros submarinos que transportaban y lanzaban misiles balísticos de combustible sólido (SLBM, del inglés *solid-propellant submarine-launched ballistic missiles*). Estos misiles de cabeza nuclear (misiles Polaris) pueden alcanzar objetivos situados a 4.000 km de un submarino sumergido. A mediados de la década de 1960, la Marina estadounidense desarrolló un misil antisubmarino de guiado por inercia. Este misil podía ser disparado por torpedos de cualquier submarino. A finales de la 1960, los misiles Polaris fueron sustituidos en parte



gran alcance
los cañones
década de
por un nuevo

tipo de SLBM de más largo alcance: el misil Poseidón, que puede transportar hasta diez cabezas nucleares.

PERT es un, método de PLANIFICACION, REPLANIFICACION y EVALUACION destinado a ejercer el control apropiado de los principales programas de investigación y desarrollo.

PERT no es una metodología pasajera y su difusión ha sido enorme en todo el mundo. En Estados Unidos, la Administración Pública sólo considera ofertas de empresas privadas que se presenten diseñadas siguiendo esta técnica; el proyecto Apolo, que permitió que el hombre pusiera el pie en la Luna, también fue programado mediante PERT. Con este método se comienza descomponiendo el proyecto en una serie de actividades, entendiendo por actividad la ejecución de una tarea que necesita para su realización la utilización de uno o varios recursos (mano de obra, maquinaria, materiales, tiempo, etc.), considerando como característica fundamental su duración.

Paralelamente con los trabajos de investigación del sistema fue elaborado también, corrigiendo ciertos primero, simplificando la presentación y culminando metodología llamada C.P.M. - METODO DEL CRITICO -CRITICAL PATH METED fue en 1957, de investigación de la compañía *Du Pont*, dirigido por



PERT, otro defectos del en una CAMINO que el equipo J. E. Kelley y

M. R. Walker, crearon una técnica, similar al PERT, a la que denominan *Critical Path Method* (**CPM**, Método del Camino Critico), la cual se utilizaba para la Programación de cierres de mantenimientos de plantas de procesamiento químico, con la que consiguen espectaculares resultados en las plantas. Este método es muy parecido al PERT su diferencia fundamental es la nomenclatura (lógico si se tiene en cuenta que son resultados de investigaciones independientes) y que, posteriormente, J. E. Kelley introdujo una relación entre el coste y la duración de las actividades, cosa que el PERT no tenía en cuenta, al estimar la duración de las actividades para un nivel de coste dada. Por otra parte, mientras que **CPM** trabaja con duraciones deterministas para las tareas el PERT, más centrado en los aspectos temporales, utiliza estimaciones probabilísticas para aquéllas. Sin embargo, ambos métodos son muy similares y suelen presentarse de forma combinada.

El problema primordial de la DIRECCION hoy en día no consiste solamente en como hacer una decisión, o cual decisión escoger, sino como justificar la decisión y como comunicarlo a la gente que está ligada al proyecto.

La metodología de PERT-CPM nos da la respuesta; pues nos encontramos ante una técnica tal que es aplicable a todos los tipos de funciones y programas de dirección.

Cuando se utiliza concienzudamente, los resultados pueden ser altamente provechosos.

Es un instrumento de dirección válido para obtener la seguridad en la planificación y control y es aplicable en todos los niveles de complejidad, desde los problemas simples y de corto plazo, hasta los más complicados y de largo alcance.

Simplemente hablando, el PERT-CPM es una técnica de planificación y un instrumento de control de la dirección que utiliza la teoría de la "Red". Una vez definidas las varias actividades que componen el proyecto, se forma con ellos la "Red", mostrando la sucesión de las actividades en secuencia lógica y el grado de interdependencia entre ellas. Se estima el tiempo de duración asociado a cada actividad, y se determinan las partes críticas del

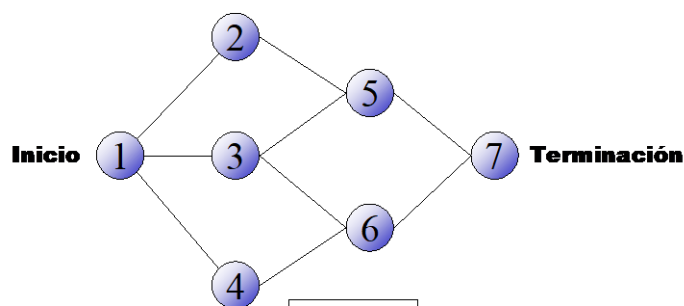


Figura No. 1

proyecto La "Red" es el mapa, la representación gráfica de la organización interna del proyecto. Como se observa en la figura No. 1.

En la actualidad es muy común utilizar paquetes para microcomputadores el cual permite gestionar y administrar mejor los recursos para la realización de un proyecto, tal como es el caso de Microsoft Project, el cual con solo introducir la información por medio de la lista de actividades, despliega el proyecto por medio de una tabla de barras o de redes. Se escriben los nombres de la tareas o actividades, la duración, fecha de inicio para la primera actividad y los procesos inmediatos de cada una como se muestra la figura No. 2 y 3. El programa construye de manera automática el resto de las tareas conforme se le proporciona la información.

Las unidades de duración preestablecidas pueden ser días, semanas, meses o años. Estos cambios puede ser realizados de una manera rápida y sencilla sin tener que reclasificar y reorganizar todo el proyecto.

La figura No. 2 se conoce como gráfica de Gantt. Este tipo de diagrama se usa mucho en la práctica para mostrar la programación de un proyecto, ya que las barras muestran los tiempos de inicio y terminación de las actividades.

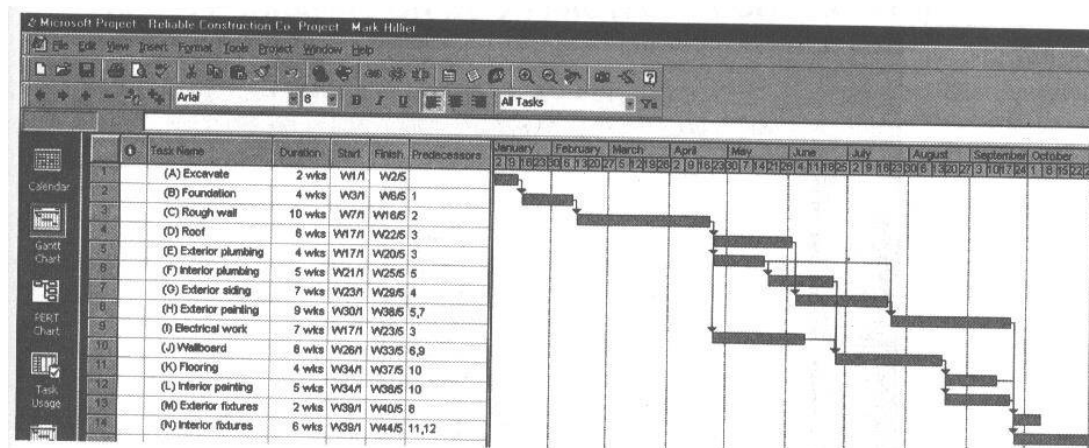


Figura No. 2

Se puede elegir entre varios tipos de vistas con la barra de herramientas que se encuentra a la izquierda de la pantalla. La preestablecida es la gráfica de Gantt.

El diagrama PERT muestra la red del proyecto. Al inicio los cuadros de las actividades están alineados de izquierda a derecha, pero se pueden mover como se desee. La figura No. 3

muestra la red de proyecto después de colocar los cuadros en la misma forma vertical que en la figura. Observemos que cada cuadro proporciona información relevante de la actividad.

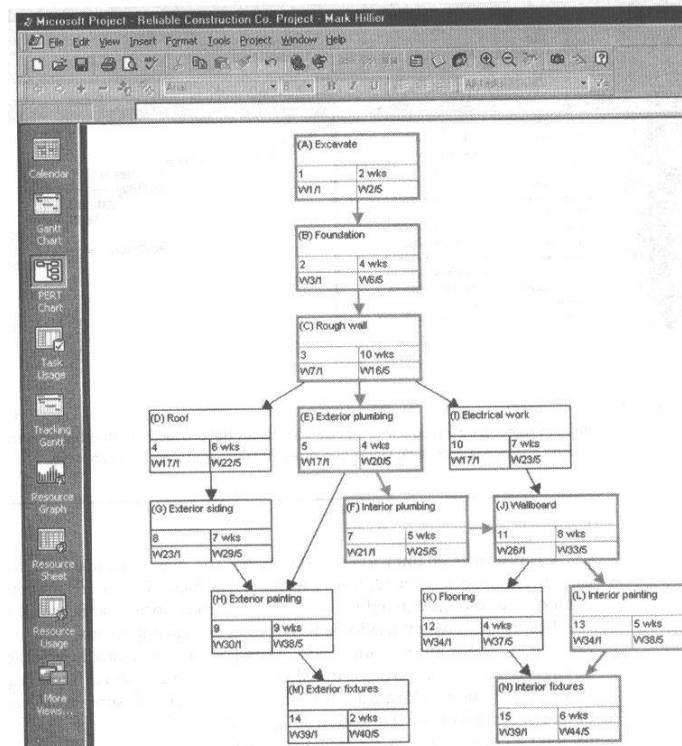


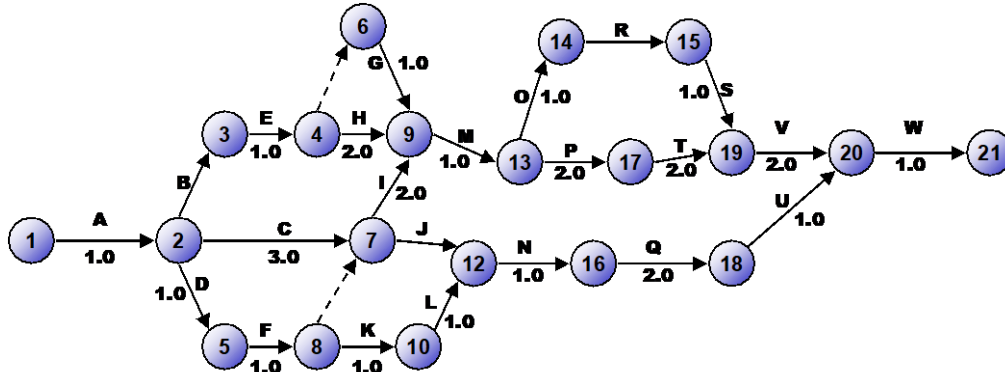
Figura No. 3

DEFINICIONES Y CONCEPTOS

PERT y CPM están basados sustancialmente en los mismos conceptos, aunque representan algunas diferencias fundamentales. Primero, según fueron desarrollados originalmente, los métodos PERT estuvieron basados en estimaciones probabilísticas de la duración de actividades, lo cual dio por resultado una ruta probabilística a través de una red de actividades y un tiempo probabilista de terminación del proyecto. Los métodos CPM, por su parte, suponen tiempo de actividades constantes o deterministas.

El plan de redes resume, en forma compacta, una gran cantidad de información importante: las actividades necesarias, sus relaciones de precedencia y las holguras con respecto al programa. A partir del plan básico, podemos deducir fácilmente los datos fundamentales acerca de los tiempos más próximo y más remoto de iniciación y terminación, las holguras admisibles en el programa de actividades y la ruta crítica. **Figura No. 4**

La esencia de la planificación PERT se basa en una representación en forma de red de las actividades que se requieren como se indica en la figura No. 4. En dicho gráfico, las flechas representan las actividades necesarias representadas por letras, indicándose junto a las



flechas los tiempos estimados para su realización. En la planificación por redes, la longitud de las flechas por lo general carece de significado. Los círculos numerados representan los puntos de iniciación y terminación de las actividades y se les llama *eventos* o *nodos*. La dirección de las flechas indica el flujo, en el sentido de que el nodo 2 marca el final de la actividad A y la iniciación de las actividades B, C y D; el nodo 3 marca el final de la actividad B y el principio de la actividad E. Por tanto, la red representa también las relaciones de precedencia de todas las actividades. Por ejemplo, las actividades B, C y D no se podrán

iniciar hasta haber terminado la actividad A; pero las actividades B, C y D pueden proseguir simultáneamente.

Flujo a través de la red. Si se necesita efectuar determinadas actividades se puede fijar la atención en las individuales y en el momento en que se debe iniciar cada una, con el fin de acomodarlas dentro de un programa general.

La conceptualización del sistema de actividades como una red vino a constituir un paso importante en el análisis de los sistemas de producción en gran escala. El concepto del flujo a través de la red se centra en factores importantes de la programación, como son la interacción entre la duración respectiva de las actividades, sus fechas de iniciación más próxima y más distante y la secuencia que se requiere en la producción.

La holgura. Otro concepto que surge al visualizar el conjunto de actividades como una red es la holgura. La define la flexibilidad de que se dispone en la programación de actividades. Mediante el uso efectivo de la holgura, la dirección puede encontrar alternativas para aprovechar los recursos de la manera más efectiva.

Actividad crítica. El conocimiento de las operaciones que son críticas, es decir, las que aparecen en la ruta crítica, indica los puntos en que la dirección debe enfocar su atención para terminar un proyecto en el tiempo fijado.

Ruta Crítica Existen actividades que, si se retrasan, provocan un retraso de todo el proyecto; y si se adelantan, provocan un adelanto en la conclusión del proyecto. Este tipo de actividades reciben el nombre de Actividades Críticas, las que integradas conforman la Ruta Crítica (Camino Crítico), por lo que deben ser vigiladas con mayor cuidado por los profesionales que administran el proyecto.

Las actividades que no forman parte de la Ruta Crítica reciben el nombre de Actividades no Críticas, y tienen la característica de que pueden admitir un cierto retraso máximo sin afectar al tiempo total de ejecución del proyecto o el tiempo de ejecución de otras actividades. El retraso máximo admisible en una actividad recibe el nombre de Holgura Total.

Cualquier demora adicional a la holgura total de la actividad afectará a todo el proyecto, pues una vez consumido este tiempo de reserva, la actividad pasa a convertirse en actividad crítica. En estos casos es muy frecuente que exista más de una ruta crítica en el proyecto.

Durante cualquier tiempo del desarrollo de un proyecto siempre existirá al menos una actividad que sea crítica. No resulta conveniente tener demasiadas actividades críticas en un momento dado, pues el control total del proyecto se vuelve más difícil, y la probabilidad de que se incumpla con los plazos de ejecución del proyecto se vuelve más alta.

La presencia de un número suficiente de actividades no críticas durante el desarrollo de los proyectos permite superar limitaciones temporales de recursos económicos, físicos y humanos, sin afectar a la fecha de terminación de los proyectos, a través de la asignación prioritaria de tales recursos a las actividades críticas, y una asignación limitada a las actividades no críticas.

Cuando el conjunto de actividades se visualiza como una red, surge el concepto de la ruta crítica a través de la red. Este concepto es fundamental para el problema administrativo de la distribución de recursos en la forma más efectiva.

Calendario base: calendario que especifica el horario laboral y no laboral de un proyecto y sus recursos. Un calendario base difiere de un calendario de recursos en que éste especifica los tiempos laborales y no laborales de un recurso determinado.

Costo fijo: un costo que permanece constante, independientemente de la duración de la tarea o del trabajo realizado por el recurso.

Demora permisible: es la cantidad de tiempo que se puede posponer una tarea antes de que suponga un retraso para otra tarea.

Esquema: una estructura jerárquica para un proyecto que muestra cómo algunas tareas encajan en grupos mayores. En Project para Windows 95, a las subtareas se les aplica sangría bajo las tareas de resumen.

Fondo de recursos: una serie de recursos disponible para ser asignados a las tareas de un proyecto. Un fondo de recursos puede ser utilizado exclusivamente por un proyecto o ser compartido por varios.

Hito: un punto de referencia que marca acontecimientos importantes en un proyecto, y que se utiliza para controlar el progreso del proyecto. Cualquier tarea con duración cero se muestra como hito.

Margen de demora: la cantidad de tiempo que se puede posponer una tarea antes de que afecte a las fechas de otras tareas o a la fecha de fin del proyecto. El margen de demora también se suele denominar *holgura*.

Margen de demora total: es la cantidad de tiempo que se puede posponer una tarea antes de que suponga un retraso de la fecha de fin del proyecto.

Planeación: el proceso de asignar recursos de la manera más efectiva posible. Esto requiere no solo definir, sino también programar las tareas tomando en cuenta tres restricciones: tiempo, recursos y dinero.

Posposición: la cantidad de tiempo que se ha retrasado una tarea respecto a su planificación prevista. La posposición es la diferencia entre el comienzo o el fin programados para una tarea y la planificación prevista de comienzo o de fin. La posposición se puede producir cuando una planificación prevista es fija y las fechas efectivas introducidas posteriormente para las tareas son posteriores a las fechas de la línea de base, o las duraciones efectivas son más largas que las duraciones de la línea de base.

Prioridad: una indicación de la disponibilidad de una tarea para la redistribución, resolución de conflictos o sobre asignaciones mediante el retraso de ciertas tareas. Las tareas con menor prioridad son las que primero se retrasan. También se pueden ordenar las tareas por prioridad.

Proyecto: grupo de tareas relacionadas que son desempeñadas en un periodo de tiempo finito y encaminadas a cumplir una serie de objetivos específicos.

Recursos: el personal, los equipos y suministros utilizados para completar las tareas de un proyecto.

Recursos esenciales: el recurso que trabaja en una tarea durante el período más largo de tiempo. El recurso esencial determina la duración del trabajo.

Redistribución: resolución de conflictos de recursos o sobre asignaciones mediante el retraso de ciertas tareas.

Subproyecto: un proyecto utilizado dentro de otro, en el que está representado como una sola tarea. Es posible utilizar subproyectos para dividir los proyectos en unidades más manejables y reducir, así, el uso de la memoria.

Subtarea: una tarea que forma parte de una tarea de resumen. La información acerca de la subtarea está incluida en la tarea de resumen. Es posible designar subtareas utilizando la característica de niveles de esquema de Project para Windows 95.

Tarea de resumen: una tarea que se compone de subtareas y que resume a esas subtareas. Es posible utilizar la característica de niveles de esquema de Project para Windows 95 para crear tareas de resumen. Project para Windows 95 determina automáticamente la información de la tarea de resumen (duración, costo, etc.) utilizando la información de las subtareas.

Nivelación de cargas: El concepto de nivelación de cargas es muy importante para establecer un buen despliegue de los recursos. Nivelando el uso de los recursos es posible minimizar los costos asociados con las fluctuaciones en los niveles de actividad.

Absorción por Holgura: Multiplicar el tiempo programado de ejecución e por el tanto por uno de la cantidad de trabajo que falte por realizar. El resultado es el tiempo que se requiere para terminar normalmente con la actividad. Al tiempo anterior se le resta el tiempo disponible y la diferencia representa el retraso, el cual debe ser absorbido por la holgura total. Si no es posible esto, debe procederse como sigue:

Absorción por Comprensión: Se multiplica el tiempo óptimo o por lo tanto por uno del volumen del trabajo pendiente de ejecutar. El producto representa el tiempo que se requiere para terminar la actividad en condiciones óptimas es decir, con la máxima aceleración. Si este tiempo es menor que el tiempo disponible,

significa que no se retrasará el proyecto, pero si es mayor, la diferencia será la cantidad de tiempo que retrasará el proyecto, excepto que se pueda comprimir una actividad posterior a la actividad retrasada dentro del proceso.

USOS

El campo de acción de este método es muy amplio, dada su gran flexibilidad y adaptabilidad a cualquier proyecto grande o pequeño. Para obtener los mejores resultados debe aplicarse a los proyectos que posean las siguientes características:

- a. Que el proyecto sea único, no repetitivo, en algunas partes o en su totalidad.
- b. Que se deba ejecutar todo el proyecto o parte de el, en un tiempo mínimo, sin variaciones, es decir, en tiempo crítico.
- c. Que se desee el costo de operación más bajo posible dentro de un tiempo disponible.

Dentro del ámbito aplicación, el método se ha estado usando para la planeación y control de diversas actividades, tales como construcción de presas, apertura de caminos, pavimentación, construcción de casas y edificios, reparación de barcos, investigación de mercados, movimientos de colonización, estudios económicos regionales, auditorías, planeación de carreras universitarias, distribución de tiempos de salas de operaciones, ampliaciones de fábrica, planeación de itinerarios para cobranzas, planes de venta, censos de población, etc., etc.

DIFERENCIAS ENTRE PERT Y CPM

Como se indicó antes, la principal diferencia entre PERT y CPM es la manera en que se realizan los estimados de tiempo. El PERT supone que el tiempo para realizar cada una de las actividades es una variable aleatoria descrita por una distribución de probabilidad. El CPM por otra parte, infiere que los tiempos de las actividades se conocen en forma determinísticas y se pueden variar cambiando el nivel de recursos utilizados.

La distribución de tiempo que supone el PERT para una actividad es una distribución beta. La distribución para cualquier actividad se define por tres estimados:

1. el estimado de tiempo más probable, m;
2. el estimado de tiempo más optimista, a; y
3. el estimado de tiempo más pesimista, b.

DEFINICIÓN DEL PROYECTO

En toda actividad a realizar se requieren conocimientos precisos y claros de lo que se va a ejecutar, de su finalidad, viabilidad, elementos disponibles, capacidad financiera, etc. Esta etapa aunque esencial para la ejecución del proyecto no forma parte del método. Es una etapa previa que se debe desarrollar separadamente y para la cual también puede utilizarse el Método del Camino Crítico. Es una investigación de objetivos, métodos y elementos viables y disponibles.

CONSTRUCCIÓN DE DIAGRAMAS DE PERT - CPM

Listado de las actividades que constituyen un diagrama.

Lo primero que hay que hacer para constituir un diagrama PERT es organizar una lista, lo más completa posible, de todas las actividades que constituyen la obra o proyecto. Para ello es necesario que la persona que va a hacer el PERT/CPM estudie cuidadosamente el proyecto y se valga de las informaciones de todas las demás personas que estén relacionadas con las mismas, tales como ingenieros, técnicos, fabricantes de materiales, ensambladores, maestros y cualesquiera otros auxiliares que puedan proporcionar una información.

El grado de subdivisión que se adopte depende, entre otras cosas, del grado de precisión que se trata de dar al futuro control del proyecto. Cuando más detallada es la lista, menores son las probabilidades de errores grandes. Los errores pasan a ser solamente de detalle. Agréguese al final cualquier cosa que haya quedado olvidada. La numeración de las

actividades es solamente una referencia. No tiene importancia alguna en la construcción y en la interpretación de un diagrama PERT/CPM.

Numeración de los eventos.

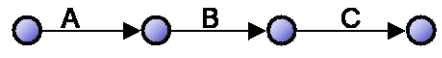
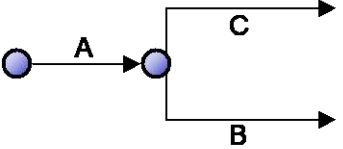
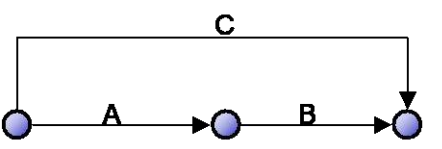
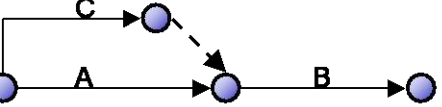
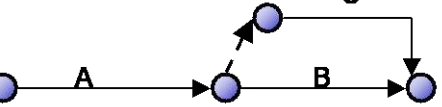
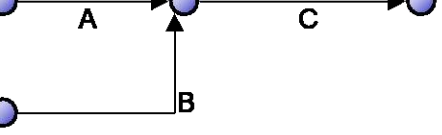
Después de realizado un diagrama PERT, debemos numerar los eventos. La manera más correcta de hacerlo es la siguiente: Se numera cada evento, saltando de uno a otro en el sentido de las flechas que representan las actividades, teniendo cuidado de no numerar ninguno, sin que todos los demás que lo precedan en el diagrama hayan sido ya numerados. Así, antes de numerar un evento, verificaremos cuántas flechas llegan a él. Siguiendo esas flechas en sentido inverso verificaremos si los eventos donde ellas se originan han sido ya numerados. Sólo después que hayamos comprobado esto daremos a ese evento el número siguiente al del último utilizado.

Construcción de un diagrama PERT- CPM.

En el caso diagrama , los vértices serán los sucesos y los arcos las actividades, debiendo cumplirse una serie de condiciones:

- El diagrama sólo tendrá un suceso inicial y otro final.

- Toda actividad, a excepción de la que salga del suceso inicial o llegue al suceso final, tendrá, al menos, una actividad precedente y otra siguiente. Como se observa en el cuadro de red lógica.

Red lógica	Significado
	<p>Actividad A tiene que estar terminado antes de comensar B, o B no puede comenzar hasta que A no se termine, o B sigue a A; C sigue a B; C comienza al terminar B.</p>
	<p>Actividad A precede a las actividades B y C. B y C no tienen el mismo evento de Terminación. B y C son actividades concurrentes.</p>
	<p>Las actividades A y C tienen un evento común de comienzo. B comienza después de terminada A. B y C tienen el mismo evento de Terminación.</p>
	<p>C puede comenzar con el mismo evento de comienzo de A. B no puede comenzar hasta que A y C no estén terminados.</p>
	<p>B y C comienzan al terminar A; (A precede a B y C). B - C Terminan en un evento común.</p>
	<p>Actividades A y B tienen que terminar antes de comensar C. A y B son actividades concurrentes (comienzan con eventos diferentes).</p>

- Toda actividad ij llegará a un suceso de orden superior al del que sale ($i < j$).



- No podrán existir dos actividades que, teniendo el mismo suceso inicial, tengan el mismo suceso final, o viceversa.

La primera condición obliga a que, tanto el comienzo del proyecto como el final del mismo, sean únicos; así, por ejemplo, si un proyecto puede comenzar con la realización de varias actividades simultáneamente, todas ellas saldrán del suceso inicial. La segunda, una vez cumplida la primera, implica que cualquier actividad representada en el diagrama formará parte de un camino que comenzara en el suceso inicial y terminará en el final. En estos caminos no existirán retornos, ya que, implícitamente, esa es la condición impuesta en tercer lugar. La cuarta impide que dos actividades distintas tengan la misma denominación.

Algunas veces, el cumplimiento de las citadas reglas puede impedir el plantear las relaciones de prelación de algunas actividades. Cuando ello sucede, se recurre al empleo de actividades ficticias; éstas no consumen tiempo ni ningún tipo de recurso, siendo su única finalidad resolver los problemas de dependencia mencionados.

Para comenzar a construir el diagrama se parte del conocimiento de todas las actividades que componen el proyecto, así como de sus relaciones de prelación. Es muy conveniente recoger esta información de una forma sistematizada, ya que ello ayudará en gran medida a construir el diagrama. Existen, básicamente, dos formatos para esto, la matriz de encadenamiento y la tabla de precedencias.

PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS

Una vez elaborado el diagrama queda clara la secuencia de actividades y se puede pasar a la programación de las mismas. Para ello, es necesario conocer las duraciones de las distintas actividades. Generalmente, éstas no se pueden fijar con exactitud, ya que son muchos los factores de carácter aleatorio que están relacionados con ellas. Sirva de ejemplo

la actividad «escribir un informe»: ¿nos podría decir qué tiempo tardada usted? Suponemos que la respuesta sería algo parecido a «*depende*». El PERT aborda este problema evaluando la duración de una actividad a partir de tres estimaciones:

- Duración optimista: que representa el tiempo mínimo en que podría ejecutarse la actividad si todo marchara excepcionalmente bien, no produciéndose ningún contratiempo durante la fase de ejecución. Se considera que la probabilidad de poder finalizar la actividad en esta duración no es Superior al 1 por 100.
- Duración más probable, o estimación modal, que es el tiempo que, normalmente, se empleará en ejecutar la actividad; en el caso de que dicha tarea se hubiera realizado varias veces, sería la duración con mayor frecuencia de aparición.
- Duración pesimista, que representa el tiempo máximo en que se podría ejecutar la actividad si todas las circunstancias que influyen en su duración fueran totalmente desfavorables su probabilidad se considera, como máximo, del 1 por 100.

Por lo general, el plan de redes similar al de la figura No.4 es el que se usa y no el que se basa en la escala de tiempo. La razón radica sencillamente en que por lo regular todo el sistema se basa en la computación. Una vez que se determinan las actividades y sus relaciones de precedencia, los programas estándares de computación darán toda la información necesaria para la programación de cada actividad (las fechas más próxima y más lejana de iniciación y terminación, así como las holguras admisibles), indicando qué actividades se encuentran en la ruta crítica, Así pues, como ya se dijo, la longitud de las flechas en el plan de redes no necesita tener importancia, puesto que la red misma no es sino un elemento para el cálculo de otros datos importantes del programa. Desde luego, a partir de la información que aporta la computadora se puede elaborar la red basada en la escala de tiempo, si se supone que la visualización del programa por medios gráficos puede representar alguna ventaja.

De nuevo se hace notar que la interdependencia de la serie de actividades, la importancia de la fecha de terminación del proyecto y la naturaleza única de este último exigen que la planeación de lo que se va a hacer y la programación correspondiente estén íntimamente unidas. Más adelante en este capítulo se estudia la planeación del uso de los recursos, humanos y de otro tipo, que es igualmente importante.

Teniendo presente las generalidades del método PERT, se pondrá un ejemplo relativamente sencillo, el de la construcción de una casa, para ilustrar los métodos que se siguen para generar la representación en forma de red de un proyecto. Las fases del desarrollo se pueden dividir de este modo: análisis de actividad, diagrama de flechas y numeración de nodos.

- **Análisis de actividad:** El análisis de cada actividad es comparable funcionalmente a los procedimientos que siguen el ingeniero de producción o el programador cuando especifican operaciones, métodos de trabajo y herramientas necesarias para la fabricación de partes y productos. Sin embargo, en los grandes proyectos se impone cierto grado de complejidad debida al muy elevado número de componentes y actividades, al grado de que es posible pasar por alto algunas de ellas. Así pues, aunque por lo general se dispone de profesionistas de la planeación, a menudo la lista de actividades se formula parcialmente en juntas y mesas redondas que incluyen al personal de dirección y al de operación.

- **Diagramas de flechas** Para elaborar un diagrama de flechas es preciso tener en cuenta las relaciones de precedencia entre las actividades que se requieren. Esto se debe

basar en una lista de actividades completa, confirmada y aprobada. La información necesaria para el diagrama de flechas proviene de las respuestas a las siguientes preguntas:

- ¿Qué actividades se deben terminar antes de que una en particular se pueda iniciar?
- ¿Qué actividades se pueden llevar a cabo simultáneamente?
- ¿Qué actividades deben venir inmediatamente después de cada una en particular?

La práctica común consiste en trabajar hacia atrás con la lista de actividades, generando las que preceden inmediatamente a cada actividad, como se puede ver en la tabla del proyecto de construcción de una casa. Ahí se indica también el tiempo normal estimado para cada actividad. Luego es posible elaborar el diagrama de flechas, para representar la precedencia lógica.

En el diagrama de flechas se debe poner cuidado en representar en forma correcta los requisitos reales de precedencia. Por ejemplo, véanse las actividades que preceden inmediatamente a la actividad **s**, “pulir y barnizar pisos”, y a la actividad **u** “terminar instalación eléctrica”. La actividad **s** tiene como predecesoras inmediatas **a o** y **t**, “terminar carpintería” y “pintura” respectivamente, mientras que **u** sólo va precedida, en forma inmediata, por la actividad **t**. La relación indicada por el diagrama de flechas en la *figura 6a* no representa de n, de manera correcta esta situación, porque especifica que la iniciación de **u** depende de **o** y **t** (lo cual no es cierto). Para representar debidamente esta situación se tiene que recurrir a una *actividad ficticia* cuya duración es de cero. La *figura 6b* ilustra lo dicho. La actividad **u**, “terminar instalación eléctrica”, se hace depender aquí sólo de la terminación de la pintura (actividad **t**). Sin embargo, haciendo aparecer la actividad ficticia, tanto la “terminación de la carpintería” como la “pintura” deben quedar terminadas antes de que se pueda iniciar la actividad **s**, “pulir y barnizar pisos”. La actividad ficticia proporciona la

relación de secuencia lógica; pero, puesto que se le ha asignado un tiempo cero, no altera para nada las relaciones de programación que se desarrollarán más tarde.

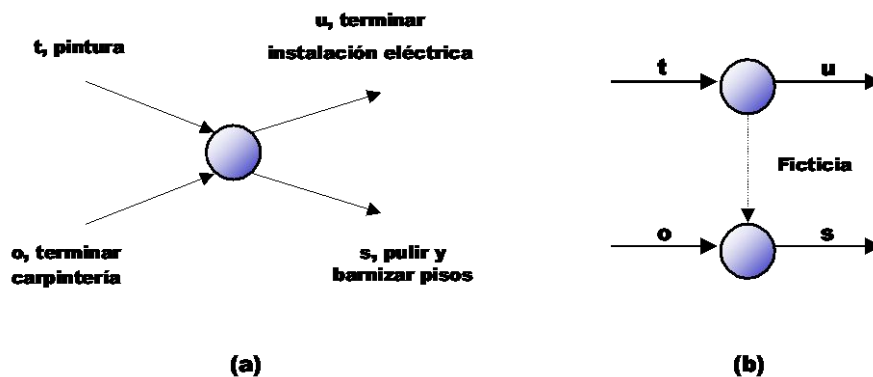


Figura No. 5

Otra utilidad de la actividad ficticia consiste en proporcionar un nodo separado y específico para el principio y terminación de cada actividad, evitando así la confusión. Figura No.5

- (a) El diagrama no refleja con propiedad los requisitos de precedencia, puesto que *u* parece depender de la terminación de *o* y *t*, aunque en realidad depende únicamente de *t*.
- (b) La creación de dos nodos mediante la actividad ficticia entre ellos proporciona los predecesores adecuados para las actividades *s* y *u*.

- **Numeración de nodos:** La numeración de nodos es efectiva en los programas de computación, con el fin de establecer las relaciones lógicas en la red y de evitar la aparición de ciclos o circuitos cerrados. En el caso de que una actividad se representara como retrocediendo en el tiempo se producirá un circuito cerrado. Esto se puede ver en la figura 6.

Los ciclos pueden aparecer en la red debido a un error o cuando, al establecer los planes de actividad, se intenta mostrar la repetición de una operación antes de iniciar la siguiente. La repetición de una actividad se debe representar mediante actividades adicionales separadas, definidas por su propios números de nodos.

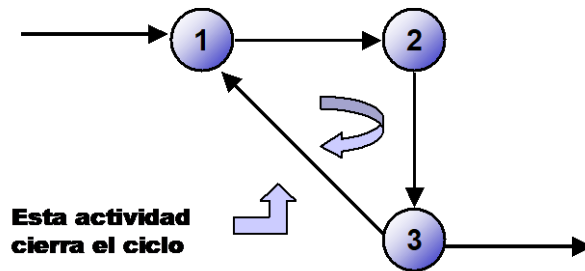


Figura No. 6

Un circuito cerrado producirá un ciclo sin fin en los programas de computación, sin que haya una rutina integrada para la detención e identificación de los ciclos. Así pues un diagrama de redes que se elabore correctamente deberá ser no cíclico.

COSTOS Y PENDIENTES

En este paso se solicitarán los costos de cada actividad realizada en tiempo estándar y en tiempo óptimo. Ambos costos deben ser proporcionados por las personas responsables de la ejecución, en concordancia con los presupuestos ya suministrados por ellos. Dichos costos se deben anotar en la matriz de información.

Actividades	Normal	Limite
A. Del Ingeniero de Planta		
1. Proyecto	600.00	800.00
2. Costo	100.00	100.00
3. Aprobación	----	----
4. Desempaque	200.00	200.00
5. Colocación	600.00	800.00
6. Instalación	1,400.00	2,800.00
7. Pruebas	6,100.00	6,300.00
8. Arranque	----	----
9. Revisión	2,100.00	2,800.00
10. Pintura de Maquinas	960.00	960.00
11. Pintura de Edificio	3,160.00	3,520.00
	15,220.00	18,280.00
B. Del Ingeniero Electricista		
12. Proyecto	6,000.00	6,500.00
13. Costo	100.00	100.00
14. Aprobación	----	----

15. Transformador	18,600.00	19,000.00
16. Alumbrado	8,900.00	9,300.00
17. Interruptores	4,100.00	4,400.00
	37,700.00	39,300.00
C. Del Ingeniero Contratista		
18. Proyecto	4,000.00	4,600.00
19. Costo	100.00	100.00
20. Aprobación	----	----
21. Cimentación	3,400.00	3,800.00
22. Pisos	2,800.00	3,200.00
23. Ventanas	1,900.00	2,200.00
	12,200.00	13,900.00
Total de los Tres Presupuestos	65,120.00	71,480.00
Compra Maquinaria Nueva	80,000.00	80,000.00
Totales.....	145,120.00	151,480.00

En el cuadro anterior vemos los presupuestos con el costo normal para las actividades realizadas en tiempo estándar y el costo limite para las actividades ejecutadas a tiempo optimo.

Los totales de la columna de costo normal nos indican los costos directos del proyecto ejecutado en tiempos estándares, sin embargo los totales de costo limite no nos indican un costo real, ya que no será necesario que todas las actividades sean realizadas en tiempo optimo, sino solo algunas de ellas.

GRAFICACIÓN DE UN DIAGRAMA PERT-CPM

Supongamos que llevamos nuestro carro a la estación de servicio para que le hagan los servicios correspondientes a los 15.000 km.

Lavado –Engrasar – Cambio de Aceite – Rotar Cauchos – Cambiar Filtro de Aceite – Pulir.
Como se observa en la figura No 7

Primero antes que todo el mecánico decide primero elevar el carro con la plataforma, pero antes de ello para poder rotar los cauchos hay que sacar el repuesto, hay que quitar las tazas y aflojar las tuercas del ring, ahora si se eleva el carro, paso a seguir seria lubricar el motor bajo la tapa del automóvil mientras el carro está elevado, por esta razón se divide la lubricación en dos fracciones; lubricar bajo el carro (chasis), lubricar bajo tapa del motor y el cambio de aceite se realiza mientras el carro esta elevado. Al finalizar solo falta el lavado y pulido.

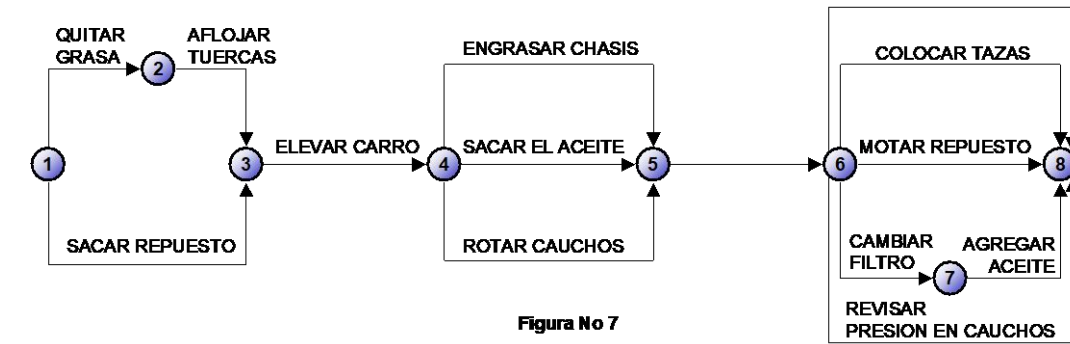
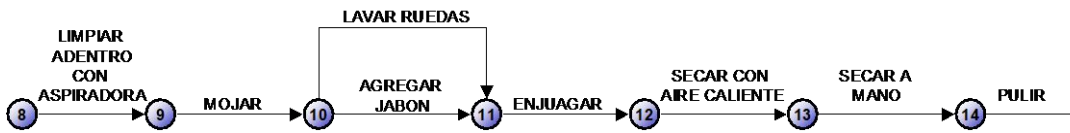


Figura No 7



Como se pudo observar lo mas importante para la creación de un diagrama PERT – CPM es saber concatenar y tomar decisiones con relación a las actividades que determinan un proyecto.

MATRIZ DE ELASTICIDAD

Para poder tomar decisiones efectivas y rápidas durante la ejecución del proyecto es necesario tener a la mano los datos de las probabilidades de retraso o adelanto de trabajo de cada una de las actividades, o sea la elasticidad de las mismas.

Examinemos primero el procedimiento para calcular las holguras que nos proporciona la posibilidad de retrasar una actividad sin consecuencias para otros trabajos.

Se llama *holgura* a la libertad que tiene una actividad para alargar su tiempo de ejecución sin perjudicar otras actividades o el proyecto total. Se distinguen tres clases de holguras:

- a. *Holgura total*; no afecta la terminación del proyecto;
- b. *Holgura libre*; no modifica la terminación del proceso; y
- c. *Holgura independiente*; no afecta la terminación de actividades anteriores ni la iniciación de actividades posteriores.

La holgura total es de importancia para el director del proyecto, quien tiene la responsabilidad de terminarlo a tiempo; la holgura libre le interesa al jefe de ejecución de un proceso con motivo de su responsabilidad sobre el mismo; y la holgura independiente es una información que le es de utilidad a la persona que coordinará los trabajos del proyecto.

Para calcular las holguras se procede a medir la red aprobada en el sentido de avance, como primera lectura y después en sentido contrario como última lectura. La primera lectura se indicará en cada evento dentro de un círculo y la última lectura se indicará también en cada evento dentro de un cuadrado. Se comienza con el tiempo cero que se indica sobre el evento inicial y se va agregando la duración estándar de cada actividad, acumulándose en cada evento.

CONTROL DE PROYECTOS CON DIAGRAMAS PERT

Una vez conocido el plazo de ejecución del proyecto, así como las fechas de cada una de las actividades que lo componen, habrá que realizar un seguimiento del mismo. Para ello, la información obtenida en los controles periódicos debe trasladarse al diagrama. Partiendo de un diagrama sin fechas, los pasos a seguir para ver la marcha prevista después del momento de control son los siguientes:

- Se pone como fecha inicial del proyecto la fecha del control.
- Las actividades que hayan finalizado se considerarán con duración nula.
- Las actividades en curso se programarán con una duración igual al tiempo estimado para su terminación.
- Las actividades que no hayan comenzado seguirán con la duración inicial.

Si el control se realiza manualmente, es más cómodo anular las actividades que ya han finalizado, haciendo salir del suceso inicial todas las actividades en curso (con duración igual al tiempo que les queda para finalizar) y aquellas otras que puedan comenzar en el instante del control, respetando el resto del diagrama. A partir de dicho diagrama, se reprograma de

acuerdo con lo expuesto en el párrafo anterior, observándose si la duración del proyecto ha sufrido o no modificación. En el primer caso, se intentaría tomar las medidas oportunas para hacer que finalice en la fecha deseada. Así, si el proyecto se ha retrasado, habrá que acortar actividades que pertenezcan al camino crítico, con objeto de conseguir un adelantamiento en la fecha de finalización; al hacerlo habrá que tener en cuenta que no aparezcan nuevos caminos críticos o, en caso de que así sea, acortarlos a todos conjuntamente, de forma que el proyecto pueda finalizarse en la fecha deseada.

VENTAJAS PERT y CPM

- 1 . - Enseña una disciplina lógica para planificar y organizar un programa detallado de largo alcance.
- 2.- Proporciona una metodología standard de comunicar los planes del proyecto mediante un cuadro de tres dimensiones (tiempo, personal; costo).
- 3.- Identifica los elementos (segmentos) más críticos del plan, en que problemas potenciales puedan perjudicar el cumplimiento del programa propuesto.
- 4.- Ofrece la posibilidad de simular los efectos de las decisiones alternativas o situaciones imprevistas y una oportunidad para estudiar sus consecuencias en relación a los plazos de cumplimiento de los programas.
- 5.- Aporta la probabilidad de cumplir exitosamente los plazos propuestos.

En otras palabras: CPM es un sistema dinámico, que se mueve con el progreso del proyecto, reflejando en cualquier momento el STATUS presente del plan de acción.

CONCLUSIÓN

Las técnicas de planificación por redes son únicas en su forma, especialmente por lo que respecta a los conceptos de la ruta crítica. Los conceptos relativos a nivelación de cargas, costo mínimo y programación de recursos limitados han aportado una base racional a una dirección de proyectos que se apoya en planes *amplios* cuidadosamente tratados. Se puede decir que los planes se derivan del análisis de diversas alternativas sobresalientes. Estando basados en la computadora, se pueden aplicar a sistemas muy grandes. Son flexibles, de manera que se pueden modificar cuando así lo aconseje la experiencia.

Es interesante el hecho de que la aplicación independiente de PERT y CPM en dos ambientes distintos haya producido metodologías esencialmente semejantes. CPM surgió de las operaciones de ingeniería de mantenimiento, donde se tenía mucha experiencia y los tiempos de actividad eran relativamente bien conocidos; de manera que evolucionó como un modelo determinista. En cambio, PERT surgió en un ambiente de investigación y desarrollo, donde existe una gran incertidumbre con respecto a los tiempos de actividad, resultado de esto un modelo probabilista.

Las técnicas de PERT y del CPM son de tal manera semejantes que no han resistido las innumerables tentativas de diversificarlas y de mantenerlas en campos opuestos. El CPM, originado en la empresa privada, dio énfasis a las evaluaciones deterministas y al factor costo, en tanto que el PERT, por lo menos inicialmente, sólo dio importancia al factor tiempo y a las técnicas probabilísticas para estimarlo. Actualmente, con la gran divulgación del PERT/COSTO, los dos sistemas se encuentran integrados de tal manera que es común designarlos con la sigla conjunta PERT/CPM, como un sistema único, cuyas diferencias carecen de importancia.

Una vez establecidas la red de actividades, la ruta crítica y los datos estadísticos del programa se tiene un plan de proyecto. De la información se puede extraer datos adicionales con respecto a la demanda de recursos del programa inicial; es posible la formulación de programas alternativos, con el fin de nivelar las cargas. La distribución del tiempo que se supone para la actividad se define por tres estimados, (estimado de tiempo probable, tiempo optimista, tiempo pesimista) tomado en cuenta que el tiempo de terminación del proyecto es la suma de todos los tiempos esperados de las actividades sobre la ruta crítica, de ese modo se sabe que las distribuciones de los tiempos de las actividades son independientes y la varianza del proyecto es la es la suma de las varianzas de las actividades en la ruta crítica.

El PERT y CPM han sido aplicados a numerosos proyectos. Empezando con su aplicación inicial al proyecto Polaris y al mantenimiento de plantas químicas, hoy ellos (y sus variantes) se aplican a la construcción de carreteras y de edificios, y al desarrollo y producción de artículos de alta tecnología tales como aviones, vehículos espaciales, barcos y computadores.

El CPM se desarrolló para manejar proyectos repetitivos o similares (e.g., mantenimiento de plantas químicas). Obviamente, se gana gran cantidad de experiencia con el tiempo en tales circunstancias, aun cuando dos proyectos puede que no sean iguales. Esta experiencia llevó al análisis de técnicas de colisión utilizadas en las redes CPM.

Mientras que el CPM y PER'I' son esencialmente lo mismo, sus matices hacen cada uno aplicable más que el otro en situaciones diferentes. En ambos métodos la información esencial deseada es la ruta crítica y las holguras. Estas, le permiten al director del proyecto hacer decisiones con base a información, basado en el principio de administración por excepción, sobre los planes y proyectos del trabajo actual y monitorear el progreso del proyecto.

BIBLIOGRAFIA

BUFFA, Elwood. Dirección Técnica y Administración de la producción. Primera Edición, Editorial Solano. 1982. Colombia.

KELEMEN, Frank. Pert-Cpm Técnica manual del camino critico. Cuarta Edición, Editorial Iberoamericana. 1978. México, D.F.

DOMÍNGUEZ, Jose. Dirección de Operaciones aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. Segunda Edición, Editorial Prentice Hall

HILLIER, Frederick S. Investigación de Operaciones . Séptima Edición. Editorial Mac Graw Hill. Mexico, D.F.

<http://www.espe.edu.ec/cursos-e/civil/construccion/construc02.htm>

<http://www.geocities.com/jdssystems/Archivo/Diagrama.htm>

<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/pertcpm.htm>

Título: "PROYECTO POLARIS, PERT Y CPM"

Aportado por: María Alejandra Hinojosa - admin-feporcina@cantv.net