

ECOPLAN

PLANEAMIENTO ECONOMICO DE UNA OBRA(*)

Por JOSE SOTO BURGOS

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Profesor de Proyectos de la E. T. S. de I. C. C. P.

El PERT se va imponiendo poco a poco en todos los estudios de los planes de obra porque permite establecer de una manera lógica, las dependencias de unos trabajos con otros. Gracias a él se puede organizar una obra reduciendo su plazo de ejecución al mínimo posible, aspecto este muy interesante cuando lo que interesa es la rapidez de terminación y no el precio. En la mayoría de los casos, sin embargo, le importa más al propietario de la obra el conseguir una economía en el presupuesto, que el retrasar un poco la terminación de los trabajos, sobre todo cuando este retraso es pequeño. Este artículo describe de qué modo debe actuar el constructor, para conseguir, con ayuda del ECOPLAN, realizar la obra que se le encarga, con un mínimo de coste, pero aprovechando al máximo todas las ventajas que le ofrece el PERT.

MEDICION DE LA OBRA CONTRATADA

Los presupuestos de las obras se hacen frecuentemente utilizando los precios de otras obras semejantes que se han contratado poco tiempo antes. Esto lleva consigo muchos errores, pues las condiciones en las que se ha de realizar una cierta unidad de obra pueden ser, y frecuentemente son, distintas a las de la obra que se toma como base. Otro de los procedimientos para el establecimiento de precios suele ser el rellenar unas fichas en las que vienen descompuestas toda la mano de obra, todos los elementos auxiliares y todos los materiales que entran en cada unidad de obra. Naturalmente, esto da lugar a errores, porque no se puede indicar en dicha ficha el tiempo que el personal productor estará parado por diversas causas, es difícil establecer antes de analizar el total de la obra a realizar qué personal directivo y en cuánta cuantía debe reflejarse en una unidad de obra, etc. Por estas razones, y por muchas otras, conviene, en general, hacer un estudio de más garantía, ya que si los precios que se establecen para las unidades de obra de un presupuesto son algo elevados, esto puede motivar el que el contratista no reciba la adjudicación de la obra, y si los precios son bajos, esto puede causarle importantes pérdidas que supongan, a lo mejor, su propia ruina. Como es lógico, para presumpues-

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista, hasta el 30 de abril de 1971.

tar una obra que se desea contratar hay que partir de las mediciones de la obra a realizar, que suelen ser facilitadas por el técnico proyectista de la misma. Es prudente, en general, comprobar estas mediciones antes de iniciar el estudio de la obra.

TAJOS CONTRATADOS

Quando hay que hacer un presupuesto, éste se refiere, única y exclusivamente, a lo que se va a cobrar por la realización de un conjunto de tajos perfectamente definidos, y solamente se cobrará por la ejecución de dichos tajos. Esto no quiere decir que el contratista no tenga que realizar más obra que la que contrata.

Cada uno de los tajos que se contratan puede organizarse de diferentes maneras. Es indispensable ver, en cada caso, cuál es la forma de organización que más interesa para realizar la obra que se está estudiando. Es muy corriente hacer el estudio de cada tajo comparando los costes que se obtienen al utilizar distintos tipos de máquinas o de cualquier otro elemento auxiliar, de acuerdo con la información que nos facilitan las casas productoras de los mismos, y con nuestra propia experiencia en el uso de dichos elementos auxiliares. Generalmente se toma la decisión de adoptar para cada tajo el tipo de mecanización que más interesa desde el punto de vista de la economía del mismo. Esto es una equivocación, ya que lo que interesa es la economía del conjunto de la obra y no la economía de cada uno de los tajos por separado. Para ello, lo que hay que calcular es el coste de un tajo con tres o cuatro tipos diferentes de organización del mismo, utilizando elementos auxiliares de tipos distintos o máquinas de diferentes marcas y potencias, e incluso con la ausencia total de máquinas, es decir, empleando exclusivamente la mano de obra, si el tajo tiene poca importancia o cuando no sea rentable el uso de máquinas durante períodos muy cortos de tiempo por ser elevados a lo mejor los costes del transporte y del montaje de la maquinaria. En estos casos se debe trazar una curva que tenga por abscisas la duración de los tajos y por ordenadas el coste de los mismos. Esta curva tendrá la forma de "U", como se representa en la figura 1. Sobre dicha curva se puede obtener el punto de coste mínimo; este punto

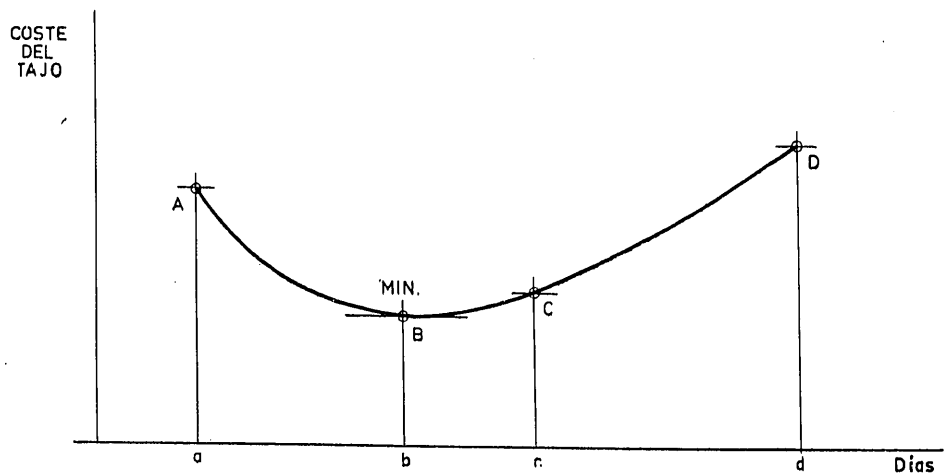


Figura 1.

corresponde a una maquinaria de una potencia determinada, que es la que nos interesa para reducir lo más posible el coste total del tajo que estamos estudiando. Entonces tenemos que conseguir información sobre esta maquinaria, cuya potencia es la más conveniente para lograr el coste mínimo. Es posible que las casas que nos han facilitado la información primitiva no tengan este tipo de maquinaria, por lo que tendremos, cuando esto ocurra, que pedir información a otras casas, y con esta nueva información trataremos de establecer los costes de este tajo, que deben de ser los más interesantes para la ejecución de esa unidad de obra. De esta forma se puede ir viendo, para cada uno de los tajos, cuál es el tipo de maquinaria que más le conviene.

TAJOS COMPLEMENTARIOS

Como complemento de este estudio se dibujará para cada tajo un plano en el que se definan las necesidades de espacio necesario para los desplazamientos del personal y de los elementos auxiliares, zonas de almacenamiento convenientes y cualquier otro elemento auxiliar que juzguemos interesante para lograr el mejor rendimiento del tajo. Tenemos que estudiar también las obras complementarias necesarias, que no serán solamente las antes indicadas, ya que habrá otras cosas muy importantes que hacer, tales como el montaje de todos y de cada uno de los tajos de la obra, pues tenemos que transportar y montar todos los elementos auxiliares para poder empezar a trabajar. Una vez terminada la obra, tenemos que desmontar y trasladar a otro sitio todos los elementos auxiliares empleados que sean recuperables. También tenemos que estudiar el transporte de materiales desde los suministradores a la obra y desde los almacenes de la obra a los tajos, para lo cual debemos proyectar los sistemas de transporte correspondientes.

Conocida ya la forma de organizar cada uno de los tajos, tenemos que ver las necesidades que nos crean, tanto las obras contratadas como las complementarias de organización de los tajos, porque es muy posible el que no baste con hacer solamente la obra contratada y las obras auxiliares de los tajos contratados. En la mayoría de los casos se pueden necesitar entre otras cosas: vías de acceso, abastecimiento de agua y de energía eléctrica vallas para cerramiento de la zona de la obra, talleres mecánicos para realizar ajustes, reparaciones y montajes de máquinas, oficinas de obra, comedores para el personal de la obra, posiblemente dormitorios si la obra está muy alejada de los centros urbanos, puestos de socorro para atender el personal que necesite asistencia médica, teléfonos y una serie de servicios complementarios como capilla, cine, campos de deporte, etc., cuando la cantidad de personal sea importante, la duración de la obra muy grande y su situación muy alejada de zonas habitadas.

Como es lógico, hay que presupuestar todas estas obras complementarias, aunque no hayan de figurar oficialmente como parte de la obra que hemos contratado. Resulta, pues, que los tajos contratados no son el total de la obra a realizar; tenemos otros tajos complementarios que hay que estudiar. Estos tajos complementarios, lo mismo que dijimos antes para los contratados, tendremos que analizarlos, para ver la forma más económica de ejecutarlos viendo el personal que requieren, los elementos auxiliares que más convienen, los materiales necesarios, etc.

MEDICION DE LOS TAJOS COMPLEMENTARIOS

Una vez conocido el conjunto de los tajos complementarios y su forma de realización tenemos que hacer una medición de cada uno de estos trabajos y la ficha de rendimiento de su ejecución. En ésta consignaremos el número de horas o de días que vamos a necesitar para cada trabajo, así como la cantidad de personal, de elementos auxiliares y de materiales que vamos a tener que emplear en cada uno de ellos.

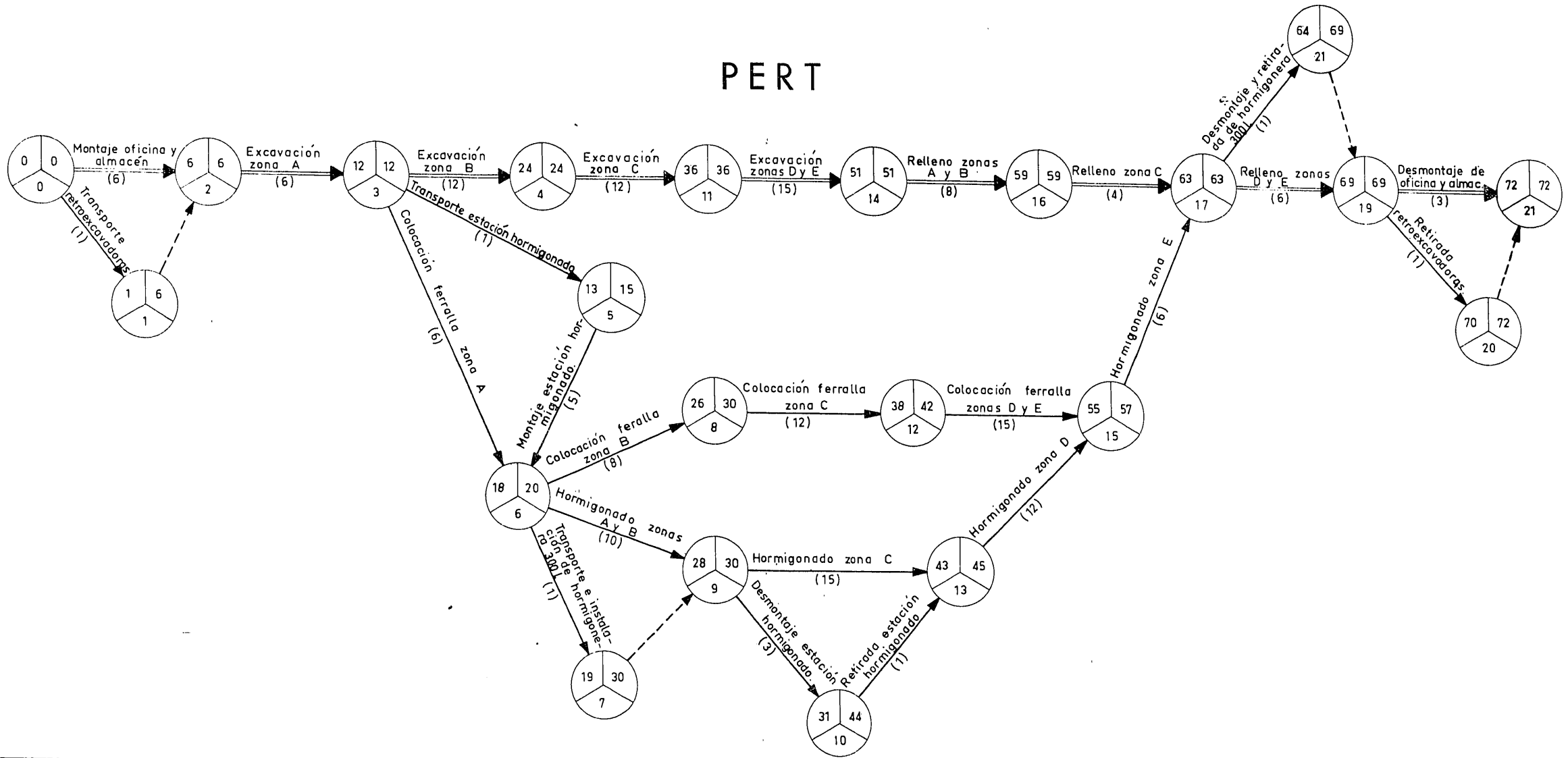
PERT

Una vez conocidas las mediciones de la obra contratada y de las obras complementarias, así como la forma de organizar cada uno de los tajos, pasaremos a hacer el PERT correspondiente para poder establecer los tajos críticos y los tajos no críticos que nos lleven al plazo más corto de ejecución del total de la obra. Para ello, tenemos que analizar las condiciones necesarias para poder empezar cada uno de los tajos, conocer la duración de cada uno de ellos y establecer qué condiciones se han de cumplir, su ejecución parcial o su terminación total, para poder iniciar otros tajos posteriores. De esta forma, estableceremos los sucesos y la ordenación de las actividades, fijando los días del calendario, que corresponden a cada caso concreto. Por ejemplo, si el tajo no crítico núm. 4 (TNC-4) no puede empezarse hasta que se haya hecho una parte del tajo crítico 3 (TC-3), descompondremos éste en esas dos partes: la primera, TC-3a, que es necesario terminar para iniciar el TNC-4, y la segunda, TC-3b, que se puede a lo mejor empezar a la vez que el tajo TNC-4.

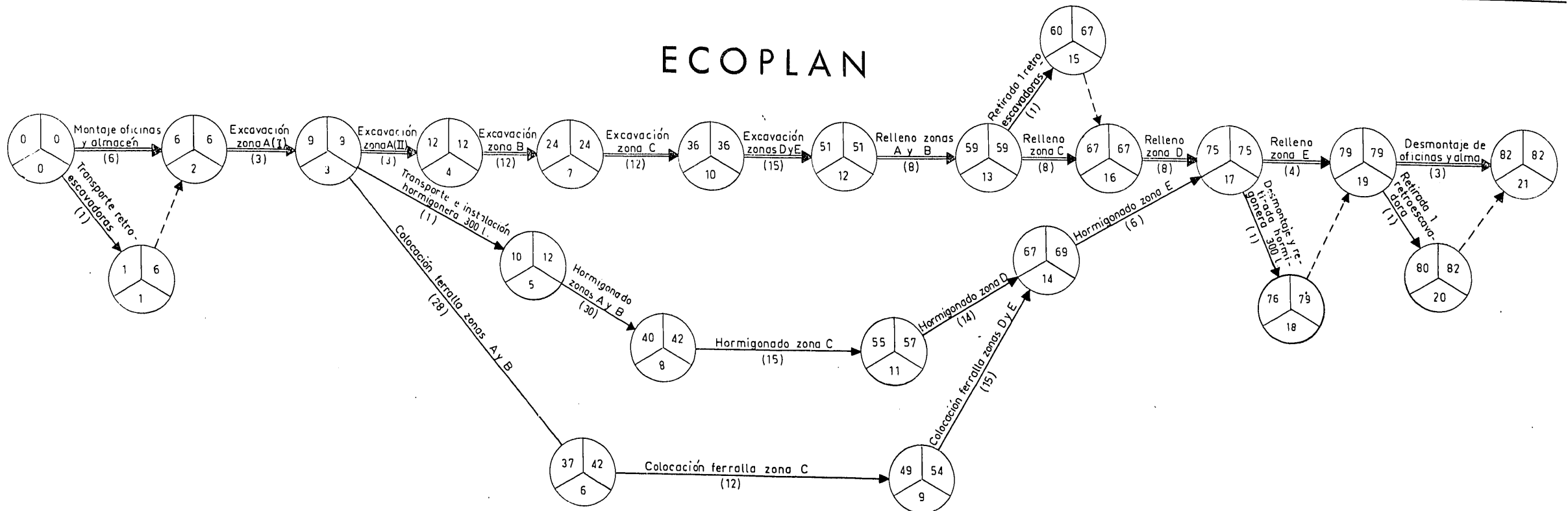
Una vez realizado esto, tenemos que ver el grado de elasticidad de los distintos tajos a lo largo del tiempo, por lo que se refiere a la duración total de los mismos, y así poderlos reducir lo más posible. Alcanzada esta duración mínima de la obra daremos por terminado el PERT y por establecida la forma más rápida de realizar la obra. Ahora bien, el PERT nos ayuda a estudiar la obra para que se obtenga el plazo más corto posible de terminación de los trabajos, pero esto no quiere decir que esta organización sea la más económica para la ejecución de la obra. Sin embargo, en la mayoría de los casos, al propietario le suele interesar más el que la obra le salga más barata que el darla por terminada; por ejemplo, un 5 por 100 de tiempo antes de lo que terminaría si para ello ha de tener que pagar una cantidad complementaria importante. También debemos prever, de acuerdo con el calendario, los días en los que, según datos estadísticos, las inclemencias del tiempo dificultan el buen funcionamiento de los tajos, motivo por el cual suele resultar aconsejable el suspender los trabajos durante esos días para no encarecer la obra. Por otra parte, no es ético, desde el punto de vista de las relaciones con el personal, el despedir o el trasladar a otra obra lejana el personal obrero de los distintos oficios porque sus tajos se han terminado en un cierto momento y después de algunos días o semanas volverlos a contratar o a trasladar, porque el plan de obra sólo busca la máxima rapidez. A todo este personal que se le contrata y se le despide o se le traslada varias veces a lo largo de un corto tiempo, se le crea una situación difícil y termina por no querer trabajar en la empresa constructora, creando problemas morales y laborales que pueden ser graves. Cabe también la solución de no despedir ni trasladar a este personal que se queda sin trabajo y pagarle, en cambio, sus jcr-



PERT



ECOPLAN



nales durante todo los días en los que ha de estar parado. Conviene, por tanto, hacer un plan de obra que tenga en cuenta, por una parte, el punto de vista de ayuda a los empleados, y por otra parte, la reducción de costes que permita la máxima economía. A este plan de obra le vamos a llamar ECOPLAN (Economic Planning).

CUADRO DE NECESIDADES DEL PERT

Para redactar el ECOPLAN debemos partir del PERT antes compuesto y establecer el *cuadro de necesidades del PERT*, en el que se indican día por día las necesidades totales de personal de cada especialidad, de cada uno de los elementos auxiliares que se van a emplear y de cada clase de material que se va a utilizar. Así, veremos si el personal tiene una continuidad de empleo para el desarrollo de su trabajo o si tiene variaciones frecuentes e importantes. Lo mismo se hará después con los elementos auxiliares y con los materiales.

Nunca debemos sustituir el "cuadro de necesidades" por un GANTT, ya que si bien éste dice cuándo se realiza un cierto trabajo, no indica en cambio con qué intensidad.

ECOPLAN

Entonces, lo primero que tenemos que hacer es buscar la forma de dar continuidad al trabajo que tiene que realizar el personal de la obra, y para ello debemos modificar los tajos no críticos del PERT para ver si somos capaces de organizarlos de tal modo que sin variar los tajos críticos logremos una mayor continuidad de utilización del personal obrero. Hecho esto, se hace un intento parecido con los elementos auxiliares. Al estudiar los tajos puede haber sucedido que para la realización de un tajo determinado la máquina más conveniente fuera la de potencia A, y que para otro tajo semejante a realizar algún tiempo después sea más conveniente utilizar otra máquina de potencia C. ¿Es lógico que la máquina A se haya de transportar a la obra, montarla para trabajar y después desmontarla y devolverla, para inmediatamente o tan sólo unos días después hacer la misma operación con la máquina C, o es más lógico utilizar una de las dos para realizar los dos tajos o solamente una de características intermedias, la B por ejemplo? En estos casos se debe elegir la que resulte más interesante después de hacer un estudio complementario, de forma que al terminar uno de los tajos, la máquina que se haya utilizado pase inmediatamente al otro tajo o permanezca durante un corto espacio de tiempo sin trabajar, pero que se utilice después en el otro tajo, aunque no sea la máquina aparentemente perfecta para él. Lo más probable es que procediendo de esta segunda manera consigamos una reducción de gastos en la marcha de la obra al hacer el cambio de los tajos idealmente más económicos, por los tajos más convenientes al tener en cuenta la continuidad y el ahorro de montajes y de desmontajes. Esto nos lleva a una nueva ordenación del PERT, si es posible, sin modificar los tajos críticos, y compondremos así el ECOPLAN. Si fuera necesario modificar los tajos críticos se hará el ECOPLAN modificándolos lo menos posible, y tratando de no alargar innecesaria ni excesivamente la duración de la obra. Mientras este alargamiento de la obra no cree una complicación grave o no sea una dificultad mayor para cualquier otra necesidad más importante, debemos de ir buscando estas adaptaciones de continuidad del personal y de los elementos auxiliares, hasta lograr un plan de obra en el que estas variaciones sean mínimas. A veces se logrará esta me-

jora de la continuidad destajando a otra empresa ciertas partes de la obra que se ha contratado.

Lo mismo que antes hicimos el diagrama del PERT, haremos ahora el del ECOPLAN.

CUADRO DE NECESIDADES DEL ECOPLAN

Una vez establecido el ECOPLAN debemos hacer, basándonos en él, una relación de las necesidades totales de la obra día por día, desde el punto de vista del personal, de los elementos auxiliares y de los materiales. Con esto sabremos cuáles son las necesidades día por día de todos y de cada uno de los servicios que vamos a necesitar, y así, para lograr mayor economía, podremos establecer exactamente cuál es el número y la clase del personal indirectamente productor, cosa que antes no podíamos definir. Ahora, por ejemplo, se puede ver que si un capataz tiene un tajo próximo a otro de técnica parecida, él mismo puede ocuparse de ambos tajos e incluso de algún otro tajo más. Lo mismo que hemos dicho para los capataces se puede decir para los encargados de obra, pues sabiendo el número de capataces que se necesitan, su especialidad y la fecha de su trabajo, se podrá deducir el número de encargados necesarios, así como los conocimientos técnicos que deben de tener.

Igualmente se puede deducir el personal de oficinas, el de talleres de reparación, el de almacenes, el personal de nóminas, el de control, el de vigilancia y manejo de los abastecimientos de agua y de energía eléctrica, el de limpieza de oficinas y de residencias, el personal que prepara y sirve las comidas, los conductores de vehículos, los guardas de noche, el personal médico, etc. que se necesita, que unido a los directivos de obra, ingenieros, economistas, etc. nos permitirá establecer las necesidades día por día del conjunto del personal indirectamente productor. El "cuadro de necesidades totales" permite hacer la suma de las cifras consignadas en cada una de las líneas horizontales, que definen las necesidades de cada día para cada una de las especialidades, y así se logra tener en la última columna de la derecha la suma de las jornadas de trabajo que hacen falta de cada una de las clases de personal productor, de personal indirectamente productor, de los elementos auxiliares y de los materiales, que serán, por tanto, las necesidades totales para el conjunto de la obra.

Las necesidades totales del ECOPLAN resultan generalmente iguales, aunque alguna vez pueden ser ligeramente mayores que las del PERT. El ECOPLAN es, sin embargo, más económico que el PERT, ya que en éste hay que añadir, en la mayor parte de los casos, los costes del personal y de los elementos auxiliares que están parados.

RIESGOS Y BENEFICIO

Conocidas estas necesidades, podremos analizar los riesgos de cada una de ellas. A la mano de obra se le aplicarán el riesgo que nuestra experiencia nos recomiende en cada caso. Así, por ejemplo, es menor el riesgo cuando se trabaja a

destajo que cuando se trabaja sin este control de productividad. Estos riesgos pueden ser mayores al tratarse de un trabajo muy fatigoso para el personal o al hacer trabajar al personal con menos eficiencia por tener que realizar trabajos que no son de su completa especialidad, etc. Se establecerán también los riesgos de la maquinaria que tiene un porcentaje de averías que hay que evaluar, de los materiales que pueden perder calidad, bien por envejecimiento, bien por defectos de su transporte o de su almacenamiento, o por dificultades de su adquisición, y que dan lugar a que algunos de ellos tengan que ser rechazados. Estos riesgos pueden ser de otras clases, como, por ejemplo, una vez establecidas en el ECOPLAN las fechas en que se van a realizar cada uno de los tajos, veremos que hay tajos en los que conviene prever retrasos, como ocurre en invierno con los tajos de hormigonado. En esta época puede haber heladas, y si no hemos previsto elementos auxiliares para garantizar el buen fraguado de los hormigones, tendremos que suspender los hormigonados. En cambio, en otras fechas como es en verano, y si ello no es una dificultad desde el punto de vista del personal, podremos utilizar dobles turnos o hacer horas extraordinarias, para recuperar cualquier retraso imprevisto. Aplicando a cada uno de los conceptos el coeficiente de riesgo correspondiente, podremos saber los desembolsos que corresponden día por día al conjunto de la obra. También hay que tener en cuenta el riesgo que supone el que no hubiera cláusula de revisión de precios en el contrato de adjudicación de la obra. Por último, incluiremos en los gastos el coste de la licencia de obra, el coste de la fianza, los gastos generales de la empresa constructora y todos los impuestos. Conocido el desembolso total, podremos establecer el beneficio que interesa tener en la obra. Este beneficio se establecerá de acuerdo con criterios que pueden variar mucho según que la obra sea indispensable para la organización constructora en un cierto momento, en cuyo caso puede incluso llegar a ser nulo; puede ser una obra a la que haya que presentarse solamente para quedar bien con el solicitante, pero con pocos deseos de realizarla si no es que produce un beneficio grande, en cuyo caso este beneficio podrá ampliarse sobre el normal; o puede ser una obra que no interese mucho por tener todo el personal y toda la maquinaria bien empleados en otras obras, en cuyo caso el beneficio podrá ser el normal sin ningún problema para la organización, siempre que no haya dificultad en ese momento en contratar personal nuevo ni en comprar o alquilar más elementos auxiliares.

CUADRO DE NECESIDADES ECONOMICAS

Conocidos, pues, los gastos totales día por día, a los que ya se les han aplicado los coeficientes de riesgo, así como el tanto por ciento de beneficios que queramos obtener, estableceremos unos precios unitarios que se aplicarán únicamente a la obra contratada, teniendo, por tanto, un coeficiente de recargo sobre lo que aparentemente costarían estas unidades, debido al coste complementario de los trabajos que no se contratan. Una vez hecho este estudio, podremos hacer el *cuadro de necesidades económicas* en el que semana por semana, se consigna el total de gastos y el total de ingresos que vamos a tener. No debemos olvidar que los ingresos tendrán seguramente un retraso importante sobre la ejecución de la obra, ya que hay que conseguir, para que se efectúen, la conformidad de la propiedad (control de las calidades y visto bueno del ingeniero o del arquitecto director de la obra). Una vez establecidas las necesidades de capital a lo largo del tiempo, calcularemos el coste

de este capital desembolsado, ya que este coste es también un gasto de la obra contratada.

PRESUPUESTO DE CONTRATA

Una vez establecidas las necesidades de capital a lo largo del tiempo, y después de calculado el coste del capital desembolsado, tendremos que sumar este valor al coste total que nos daba el *cuadro de necesidades económicas* con lo que tendremos el "*presupuesto de contrata*".

PRECIOS UNITARIOS DE CONTRATACION

Partiendo de este presupuesto de contrata, reformaremos otra vez los precios unitarios de la obra contratada, para conseguir ahora los *precios unitarios de contratación* que multiplicados por las mediciones de la obra contratada, tienen que darnos el ya conocido presupuesto de contrata.

RESUMEN:

Para confeccionar un presupuesto económico tenemos, pues, que realizar los siguientes trabajos:

- A) Medición de la obra contratada.
- B) Estudio de los tajos contratados, buscando la solución más económica para cada uno de ellos.
- C) Estudio de los tajos complementarios.
- D) Medición de los tajos complementarios.
- E) PERT.
- F) Cuadro de necesidades del PERT.
- G) ECOPLAN.
- H) Cuadro de necesidades del ECOPLAN.
- I) Diagrama del ECOPLAN.
- J) Estudio de los riesgos y del beneficio.
- K) Cuadro de necesidades económicas.
- L) Presupuesto de contrata.
- M) Precios unitarios de contratación.