

ALGUNAS ESPECULACIONES RELATIVAS A ORGANIZACION DE OBRAS

Por JUAN M.^a COMPTE GUINOVART,

Ingeniero de Caminos.

Presenta el autor un esquema teórico de lo que, a su juicio, debe ser la organización de una obra, analizando cada uno de los factores o elementos que la integran.

I. La mano de obra.

CAPACIDAD DE TRABAJO Y RENDIMIENTO.

Un obrero — al decir obrero, entiéndase siempre que nos referimos, bien a uno aislado, bien a un equipo de ellos — tarda en realizar una determinada operación sencilla con determinada perfección, un cierto tiempo. Esta relación entre perfección y tiempo empleado, con que el obrero es capaz de llevar a cabo una operación, entendemos que define la capacidad de tal obrero para ella. No es fácil que el obrero de la construcción se dedique a una operación única, ni a cualquiera indistintamente; generalmente se dedica a un grupo de operaciones que constituyen su *oficio*, y para el conjunto tendrá una capacidad de trabajo determinada que debe estar representada por su *categoría*. Obsérvese que, al ser dos los elementos que definen la capacidad de trabajo — perfección y rapidez —, siempre que ambos sobrepasen ciertos mínimos, deberán pertenecer a un misma categoría, obreros cuyos trabajos tienen características francamente distintas.

Por rendimiento entendemos la relación entre el número de operaciones realizadas por unidad de tiempo y las que materialmente sería posible realizar, partiendo de la capacidad de trabajo del obrero y suponiendo que trabaja de acuerdo con ella sin descanso. Para cada obrero existirá un rendimiento normal; casi siempre pequeño, que hacen aumentar factores como la vigilancia, el temor, una competencia, el estímulo económico, etc.

Si suponemos que un obrero repite consecutivamente una operación, durante un cierto tiempo de adaptación aumentará su rendimiento hasta alcanzar un máximo, seguirá con un período de pleno rendimiento, en el que éste se mantiene casi igual al máximo, entrando después en un período de fatiga hasta producirse el agotamiento y la imposibilidad física de seguir trabajando. Si existe un estímulo, el rendimiento del obrero aumenta, éste produce más rápidamente, disminuye ligeramente el número de operaciones que producen el agotamiento y, con rapidez

notablemente mayor, el tiempo en que éste sobreviene. Se pueden dibujar las curvas de rendimiento, cuando éste es normal y cuando existe un estímulo de por medio; el área comprendida entre tales curvas y el eje de tiempos es proporcional a la producción realizada en cada caso.

Cuando el rendimiento normal es bajo, a pequeños aumentos del estímulo corresponden otros relativamente grandes del rendimiento. Lo contrario ocurre si el rendimiento normal es elevado. Estimular el rendimiento es, pues, conveniente siempre que se trabaje con obreros de pequeño rendimiento normal.

La remuneración de la mano de obra puede hacerse en función del tiempo trabajado, de la producción obtenida o de ambas cosas a la vez. Los seguros y subsidios introducen hoy día, en la casi totalidad de los casos, una parte de remuneración proporcional al tiempo trabajado.

En el trabajo a destajo, la remuneración depende únicamente de la producción realizada. En el trabajo a jornal es función de la clasificación del obrero y del tiempo trabajado; durante la jornada legal el obrero percibe una cantidad horaria que se incrementa en un tanto por ciento de la misma si sigue trabajando en horas extraordinarias. En el trabajo a tarea, el obrero cobra su jornal únicamente, pero su jornada se termina cuando ha realizado una tarea señalada de antemano; el obrero trabaja en régimen estimulado por el descanso próximo, pero si bien se asegura fácilmente con ello una producción normal no aumenta la productividad ni mejora el nivel de vida del obrero, limita la posibilidad de bajar progresivamente los precios de coste e influye desfavorablemente en la calidad de los trabajos.

El sistema de primas a la producción puede considerarse intermedio entre el jornal y el destajo. El obrero percibe el jornal correspondiente a su categoría, más los subsidios, mientras su producción no alcanza una cifra determinada, que acostumbra a ser la producción considerada como normal. Si rebasa esta cifra, percibe además una cantidad que depende del exceso de producción obtenida. Según que la prima por unidad de exceso sea constante o crezca con

dicho exceso, el sistema es de prima uniforme o de prima creciente con la producción.

En la figura 1.^a hemos representado cómo varían la producción diaria y el salario total percibido por el obrero y el coste unitario de la obra, en los casos de remuneración a prima creciente y a prima uniforme. El jornal del obrero está representado por C_1 , C_2 , y por C , el subsidio. Como prima constante, C_3 , se ha tomado el cociente del jornal por la producción normal diaria, y este mismo valor como mínimo de

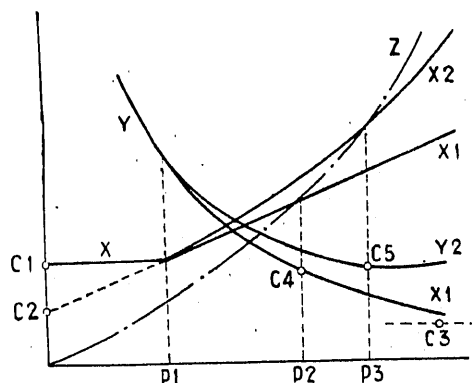


Figura 1.^a

la prima creciente. X_1 y X_2 representan el salario total percibido a prima fija y a prima variable, respectivamente. Y_1 e Y_2 son las curvas de coste unitario en los mismos casos. Si se construye la curva Z del valor económico que da el obrero al esfuerzo necesario para cada producción, esta curva corta a las de salario total en puntos, cuyas abscisas determinan las producciones, P_2 y P_3 , y los costes unitarios, C_4 y C_5 , a prima fija y a prima creciente.

El aumento de producción conseguido con las primas crecientes y la diferencia de costes unitarios en los dos casos, dependen de la ley de aumento de las primas, de la producción normal y del valor que dé el obrero al esfuerzo y al dinero. La prima creciente puede fijarse con una ley de aumento tal que C_5 sea inferior, igual o mayor que C_4 ; en este último caso, que coincide con el representado en la figura, la parte de salario ($C_5 - C_4$). P_3 , en que el total de prima creciente excede al que correspondería a la misma producción si se pagara a prima uniforme, es una participación inmediata del obrero en los beneficios del patrono. Esta participación aumenta con la productividad del obrero, siendo nula para aquellos cuya producción no excede la normal.

Es interesante observar que el esfuerzo necesario para la producción normal tiene para el obrero un valor económico inferior al salario que por él cobra, debido a que no es condición indispensable para cobrarlo el que obtenga aquella producción, sino que se le paga de todas formas. Si no fuera así, estimulando el rendimiento únicamente se disminuirían los precios de coste por el hecho de existir los subsidios y

seguros, que se consideran independientes del trabajo realizado por el obrero.

LA JORNADA DE TRABAJO.

Para cada trabajo hay una jornada óptima desde el punto de vista de la producción. Para reponerse del cansancio producido por determinado tiempo de trabajo, el obrero necesita un determinado tiempo de descanso. Conocidos éstos, se puede construir la curva de rendimiento del obrero para distintas jornadas de trabajo y sus descansos correspondientes, en los que el rendimiento será nulo. Puesto que el área comprendida entre dicha curva y el eje de tiempos es proporcional a la producción, la jornada de trabajo óptima corresponde a la de la curva, cuya ordenada media sea máxima. Dentro de este mismo orden de ideas, es a veces interesante ejecutar algunas operaciones con frecuentes paradas para descanso.

En la práctica, la jornada de trabajo está casi siempre determinada por la jornada legal. Esta jornada puede prolongarse en horas extraordinarias, o pueden establecerse varios turnos de trabajo. En este último caso hay que tener en cuenta que la curva de rendimiento para los turnos extraordinarios está por debajo de la de los ordinarios, siendo esta diferencia y la de la capacidad de trabajo grande en los turnos totalmente nocturnos. La prolongación de la jornada en horas extraordinarias acostumbra a ser económicamente ventajosa cuando, al terminar la jornada legal, el obrero está en la zona de pleno rendimiento de la curva; para determinar cuanto conviene prolongar la jornada, puede servir el máximo de las ordenadas medias de la curva de rendimiento, reduciendo las ordenadas de ésta, a partir de la jornada legal, en los mismos porcentajes que sufre de aumento la remuneración.

EL RIESGO EN LA MANO DE OBRA.

Es frecuente que la mayor parte de los obreros que van a trabajar en una obra sean de capacidad y rendimiento desconocidos. Si se han construido obras de un tipo parecido en la misma localidad y controlado los resultados, se obtendrá suficiente aproximación tomando las capacidades y rendimientos medios conocidos de las mismas. Pero si se desconoce la localidad, o la obra o su organización tienen características distintas de las anteriormente construidas, hay que afectar los valores medios que se tomen de un coeficiente de riesgo de que los reales que se obtengan sean inferiores a ellos. El riesgo afecta a la calidad como a la producción y al coste de la obra, aumenta cuando la duración de la obra disminuye, y varía también fundamentalmente cuando se acomete la obra con un cuadro de mandos conocido y habituado al tipo de obra y a la localidad, y cuando, por el contrario, se hace con elementos nuevos o forasteros.

El primer punto de vista para la elección es la calidad de la obra a realizar. Dentro de esta calidad, la capacidad de trabajo de los obreros disponibles y su rendimiento con distintos tipos de remuneración son los que sirven de base para elegir, sea con el objeto de obtener una producción determinada por el mínimo coste posible, sea para obtener el mínimo de los costes y ver a qué producción corresponde.

Generalmente serán preferibles los obreros de elevada capacidad de trabajo, cuando el número de ellos no esté determinado por circunstancias hasta cierto punto independientes de la producción. Dentro de los obreros de capacidad de trabajo elevada, aquellos en que ésta obedece especialmente a la perfección están indicados para trabajos finos, mientras que los que la tienen principalmente por su rapidez lo están para otros menos delicados. En el caso de obras de corto plazo de ejecución, es muchas veces preferible aumentar la jornada de trabajo y estimular en exceso el rendimiento de los obreros conocidos de que se disponga, a introducir mano de obra no conocida con elevado coeficiente de riesgo.

Para la elección de la mano de obra puede construirse la curva coste-producción, estudiando un cierto número de hipótesis, desde un mínimo a un máximo número de obreros. El mínimo será el del equipo más sencillo normalmente capaz de realizar el trabajo que se estudie, y el máximo, cuando se trabaje con varios turnos y con todos los obreros posibles en cada uno de ellos, sin que obstaculicen unos a otros los movimientos. A cada hipótesis habrá que afectarla de coeficiente de riesgo distinto, que aumentará con el número de obreros por partida doble (mano de obra menos elegida y menor plazo de ejecución). Si la obra quiere hacerse con el mínimo coste, el mínimo de la curva determina el equipo a emplear y la producción correspondiente. Si lo que se pretende es obtener una producción determinada, entrando con ella en la curva se determinará el coste de la misma y los obreros necesarios.

II. El equipo mecánico.

ALQUILER DE LA MAQUINARIA.

El servicio prestado por la máquina es conveniente estimarlo en forma de un alquiler de la misma. Cuando se adquiere la máquina para realizar con ella un trabajo, el alquiler depende de su coste en compra, de su valor probable en venta al terminar el trabajo y de la duración que éste vaya a tener. Si se trata de fijar el alquiler de una máquina en almacén, creemos que debe tomarse como base el "mercado" que la máquina tenga.

En el caso de máquina adquirida, el sólo hecho

de la adquisición produce, generalmente, una disminución del valor en venta de la máquina. El uso sigue reduciendo este valor, primero lentamente, y rápidamente cuando el funcionamiento empieza a ser defectuoso. Aun sin el uso, el valor en venta de una máquina disminuye generalmente con el tiempo, debido a la aparición de nuevos tipos más perfeccionados. Para un determinado tiempo de utilización, el alquiler será el coste inicial menos el valor residual repartido entre el número de días, o meses, según se considere alquiler diario o mensual; a esta cifra habrá que añadir los intereses del capital inmovilizado en la máquina.

En el caso de máquinas en almacén, el alquiler no depende tanto del coste de la máquina como de la utilización inmediata y probable que se tiene para la misma, lo que hemos llamado su "mercado". El coste de la máquina nueva establece un límite superior del alquiler; pagar por la vieja un alquiler más elevado que por la nueva sería menos económico que comprar otra. La desvalorización que la máquina sufre al realizar el trabajo y al permanecer parada durante el mismo, determinan el límite inferior. Entre estos dos límites el alquiler será el correspondiente a la utilización de la máquina que permita pagarlo más elevado; la forma de determinarlo la indicaremos al estudiar la elección del equipo mecánico.

INSTALACIÓN Y ENTRETENIMIENTO DE LA MAQUINARIA.

Forman los gastos de instalación: el transporte de la maquinaria a la obra, dentro de ella, y desde la obra, una vez terminado su trabajo; el montaje y desmontaje, y la construcción de las instalaciones auxiliares de la misma. Todos estos gastos dependen poco de la duración del trabajo; su importancia puede ser muy grande y conviene tenerlos en cuenta en su conjunto para la elección del equipo, y en forma de un tanto por unidad de obra a producir para el cálculo del coste de estas unidades.

El consumo de combustibles y grasas, los repuestos y el coste de la reparación de averías, suman una cantidad por unidad producida, prácticamente constante cuando la máquina es nueva, y que aumenta a lo largo del tiempo de utilización desde que las condiciones de funcionamiento de la máquina empiezan a ser defectuosas.

EL RIESGO DE AVERÍAS,

Cada máquina tiene una producción normal por hora de trabajo. Sin embargo, para el cálculo de producciones, hay que afectarla de un coeficiente que cubra el riesgo de las averías que probablemente se producirán durante el trabajo. Este coeficiente depende fundamentalmente del tipo de máquina de que se trate, de su estado al iniciar el trabajo y del tiempo que vaya a durar éste. Su valor puede estimarse, o bien

como la relación entre la producción media real y la normal teórica, o bien entre la duración del trabajo, en el caso en que no hubiera avería alguna, y la duración real.

Cuando un trabajo se lleva a cabo por varias máquinas, de forma que el de cada una está condicionado por el de las demás, el coeficiente de avería del conjunto es el producto de los de las máquinas componentes. El riesgo de disminución de la producción por avería aumenta rápidamente con el número de máquinas en serie, siendo preciso introducir, para disminuirlo, acopios de regulación intermedios, cuya influencia estudiaremos en especial al hablar de la fabricación de materiales en obra.

ELECCIÓN DEL EQUIPO.

La primera condición que determina el equipo mecánico es la calidad de la obra a realizar, y no pocas

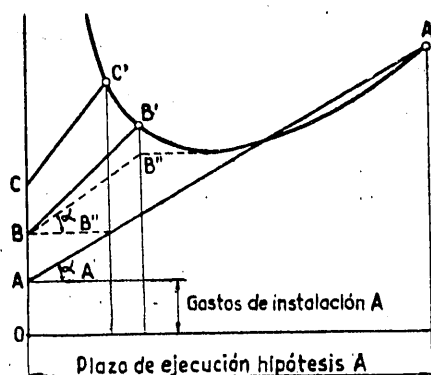


Figura 2.ª

veces la imposibilidad técnica de llevarla a cabo sin la ayuda de máquinas adecuadas. Generalmente estas condiciones determinan un equipo mínimo; introducirlo más importante tiene por objeto, bien disminuir el coste de la obra, bien ejecutarla en un plazo más corto.

Para la elección del equipo se estudia el coste total y el plazo de ejecución que corresponden a distintas hipótesis de maquinización, desde la mínima que exige la técnica de la obra, construyendo la curva costes-plazos, que tiene la forma representada en la figura 2.ª y es asintótica al eje de costes. En cada hipótesis, el coste de la ejecución del trabajo se compone: de los gastos de instalación, independientes del tiempo trabajado, del consumo y entretenimiento de la máquina, que representan una cantidad fija por unidad de obra producida, y del alquiler y mano de obra al servicio del equipo, que representan una suma constante por día transcurrido. Para la fijación de la producción diaria y del plazo de ejecución, se tendrá en cuenta el coeficiente de avería. Cada hipótesis, A, por ejemplo, estará representada en la figura por una li-

nea quebrada, cuyo primer segmento, OA, representa los gastos de instalación, mientras que el coeficiente angular del segundo, AA', reúnen los gastos diarios, que dependen de la producción y tiempo de trabajo.

Si interesa hacer la obra con un coste mínimo, el mínimo de la curva determina qué elementos hay que utilizar y cuánto durará aquella. Si lo que importa, en cambio, es terminarla en un determinado plazo, entrando con él en la curva se halla el equipo adecuado y el coste de ejecución. Si se dispone de maquinaria en almacén, que no corresponde al equipo determinado con la curva, veamos cómo se hallaría el alquiler que por ella puede pagarse en el caso de utilizarla. Sea, por ejemplo (fig. 2.ª), el caso de disponer de un equipo, B, y tratarse de hacer la obra con el mínimo coste; refiriendo el mínimo de la curva a la vertical de B', el coeficiente angular de BB'' representa los gastos diarios de consumo, entretenimiento y mano de obra, más el alquiler que puede pagarse por la máquina para que el coste total sea el mismo que corresponde al mínimo de la curva. De una forma análoga se procedería si la condición fuera un plazo a cumplir; claro está que, en este caso, únicamente serían posibles sustituciones por equipos más importantes que el hallado.

III. Acopios, fabricación y acarreo de materiales.

LOS ACOPIOS.

La finalidad de los acopios es asegurar en los tajos el material necesario para la marcha normal de la obra. La falta de materiales, unas veces es debida a que el ritmo de suministro es inferior al de consumo, y otras a que, por circunstancias de distintos órdenes (transportes, averías, lluvias, etc.), dicho suministro queda cortado durante algún tiempo.

En el primer caso pueden estudiarse los acopios a través de las curvas acumuladas de suministro y de consumo. Conviene reducir las ofertas en proporción a la garantía que ofrecen, así como la capacidad del transporte contratado; partiendo de ambos como dato, se construye la curva de suministro. La de consumo se construye igualmente a partir de la producción diaria. Colocando las dos curvas de forma que en ningún punto la de consumo esté por encima de la de suministro, se determina la fecha en que debe empezar éste y la cuantía del acopio en cada momento, representado por la diferencia de ordenadas de las dos curvas. Dentro de la línea general así determinada, conviene tener un poco de amplitud en el acopio para absorber las variaciones del consumo que, si tendrá el valor medio diario supuesto, variará notablemente de unos días a otros. Cuanto menor es la garantía que ofrece el suministro, más se anticipa la iniciación del mismo a la de los trabajos y mayor es el volumen

del acopio; en el límite, cuando la garantía del suministro fuera nula, para asegurar la marcha normal de la obra es preciso no empezar los trabajos hasta que la totalidad del material esté acopiado en ella.

Cuando el acopio se hace para evitar la perturbación producida por un corte de suministro, el volumen del acopio depende de la probabilidad de la interrupción y de su importancia, del interés que exista en evitarla a efectos de plazo de ejecución de la obra, y de la relación entre el coste que supone la interrupción y el del acopio del material e instalaciones para el mismo. En el coste del acopio, además de las instalaciones, hay que considerar la descarga, carga y suplemento de transporte interior a que dé lugar, los gastos generales y de guardería, si los subiere, y las mermas y averías del material en todas esas operaciones. El coste de una paralización está formado por el alquiler de maquinaria, parte de la mano de obra, más la perturbación que el paralizar el trabajo produce en los demás de la obra; esta última partida es la que más influye cuando se estudian los trabajos de importancia secundaria pero que condicionan a los principales, siendo por ello conveniente superdotarlos en medios y en acopios.

LA FABRICACIÓN DE MATERIALES.

La fabricación de materiales no es más que un tajo de la obra como cualquier otro, con los mismos elementos y problemas. Sin embargo, por serle característico, estudiaremos en él el caso de que dicha fabricación se lleve a cabo con varias máquinas que trabajen en serie.

Al tratar del riesgo de averías, señalábamos que el de un conjunto de máquinas trabajando en serie era igual al producto de los de las máquinas componentes, y que podía mejorarse introduciendo acopios intermedios de regulación. Llamando, para cada máquina, c al valor del coeficiente de avería, q a la capacidad del acopio que le sigue, y p y t a la producción a realizar en todo el trabajo y al plazo del mismo, la producción normal de la máquina para asegurar la producción p , no existiendo paradas por falta de material, deberá ser igual a $p/c \cdot t$. El suministro de material de cada máquina a la siguiente estaría garantizado durante el tiempo total de riesgo de parada por avería de la primera $(1 - c) \cdot t$, si le siguiese un acopio regulador de capacidad $q = (1 - c) \cdot p$. Sería, sin embargo, extraordinario, que el total de tiempo de parada de una máquina correspondiese a una sola avería, y la capacidad que lógicamente debe tomarse para los acopios es una fracción de q , mayor o menor, según que quiera asegurarse más o menos la producción; esta seguridad se mantiene francamente alta para reducciones importantes de la capacidad de los acopios reguladores.

CARGA, DESCARGA Y TRANSPORTE INTERIOR.

Consideradas estas operaciones aisladamente, tampoco son distintas de otros tajos de la obra. Considerándolas en conjunto, se observa frecuentemente que los medios de carga y descarga no corresponden a los de transporte, de tal forma que, tanto una cosa como otra, se lleve a cabo sin pérdida de rendimiento. Medios de transporte de mucha capacidad, la tienen con frecuencia notablemente reducida por la carga y descarga, mientras que otras veces, para no paralizar el medio de transporte, los de carga y descarga son sobrados y permanecen inactivos una gran parte de la jornada. El problema hay que enfocarlo estudiando en conjunto la carga, transporte y descarga, eligiendo los medios para el mejor rendimiento económico y mayor producción del total, sin olvidar que muchas veces un acopio de regulación intermedio con una instalación adecuada puede ser ventajoso.

En otro orden de ideas, es preciso tener en cuenta en toda maniobra de que se hagan objeto los materiales, la merma de los mismos y su influencia, tanto en las necesidades de material como en el coste del mismo.

IV. Programa de trabajo.

COORDINACIÓN.

Los distintos trabajos de la obra, una vez estudiados aisladamente, han de coordinarse para que, no sólo cada uno, sino su conjunto, se lleven a cabo en condiciones óptimas. Uno de los objetos de la coordinación es fijar el orden de los trabajos, tanto de la obra definitiva como de las construcciones auxiliares para la misma. Este orden de trabajos está unas veces determinado por condiciones naturales o técnicas — crecidas de los ríos, heladas en los trabajos de hormigonado, etc., etc. —, y, en los otros casos, por la condición de que el orden sea tal que los trabajos hechos faciliten la construcción de los que queden por hacer, directamente o a través de los materiales o del equipo mecánico.

Otro objetivo de la coordinación, que junto con el orden ha de servir para determinar la marcha de los trabajos, es obtener la máxima continuidad de los elementos de la obra a lo largo de la misma. Es conveniente que los medios auxiliares y de transporte tengan pocas épocas de inactividad, que con el equipo mecánico se vayan cubriendo sucesivamente las necesidades de los tajos, sin tener que estar ampliándolo o reduciéndolo con frecuencia, y que la curva de mano de obra se mantenga uniforme, siendo, si acaso los hubiera forzosos, paulatinos los aumentos y bruscos los descensos.

PLAN DE OBRA.

El estudio de los tajos y su coordinación se concreta en el plan de la obra. El método a seguir para la confección del plan de la obra. El método a seguir para la confección del plan es, necesariamente, de tanteo. Para este tanteo se parte de los tajos fundamentales de la obra estudiados aisladamente, del plazo de ejecución de los mismos, que cumple las condiciones técnicas, de urgencia o de coste que lo determinan, y del equipo, mano de obra, materiales y acopios necesarios para los mismos. Alrededor de estos trabajos se van encajando las instalaciones auxiliares y los trabajos secundarios, procurando, tanto en lo que hemos dicho sobre el orden como sobre la continuidad, la mejor coordinación del conjunto. A veces la organización óptima estudiada para los trabajos

fundamentales aislados puede dificultar de tal forma los auxiliares y secundarios, que sea conveniente modificar aquélla.

En el plan de obra se fijarán las necesidades de mano de obra, materiales y medios en el total de los tajos de la obra a lo largo de ella, comprobando la continuidad de los mismos y viendo la forma más conveniente de cubrirlas — elección de las ofertas y volumen de los acopios en los materiales: turnos, jornadas de trabajo, remuneración en la mano de obra, etcétera, etc. —. También servirá el programa para hacer las fundamentales previsiones de tesorería.

Un plan de obra completo y bien dispuesto permite comprobar con sencillez, en cada momento de la obra, su desarrollo, sus necesidades, la producción realizada y el coste aproximado de tal producción.