

Reparación del Dique de Abrigo de Carboneras

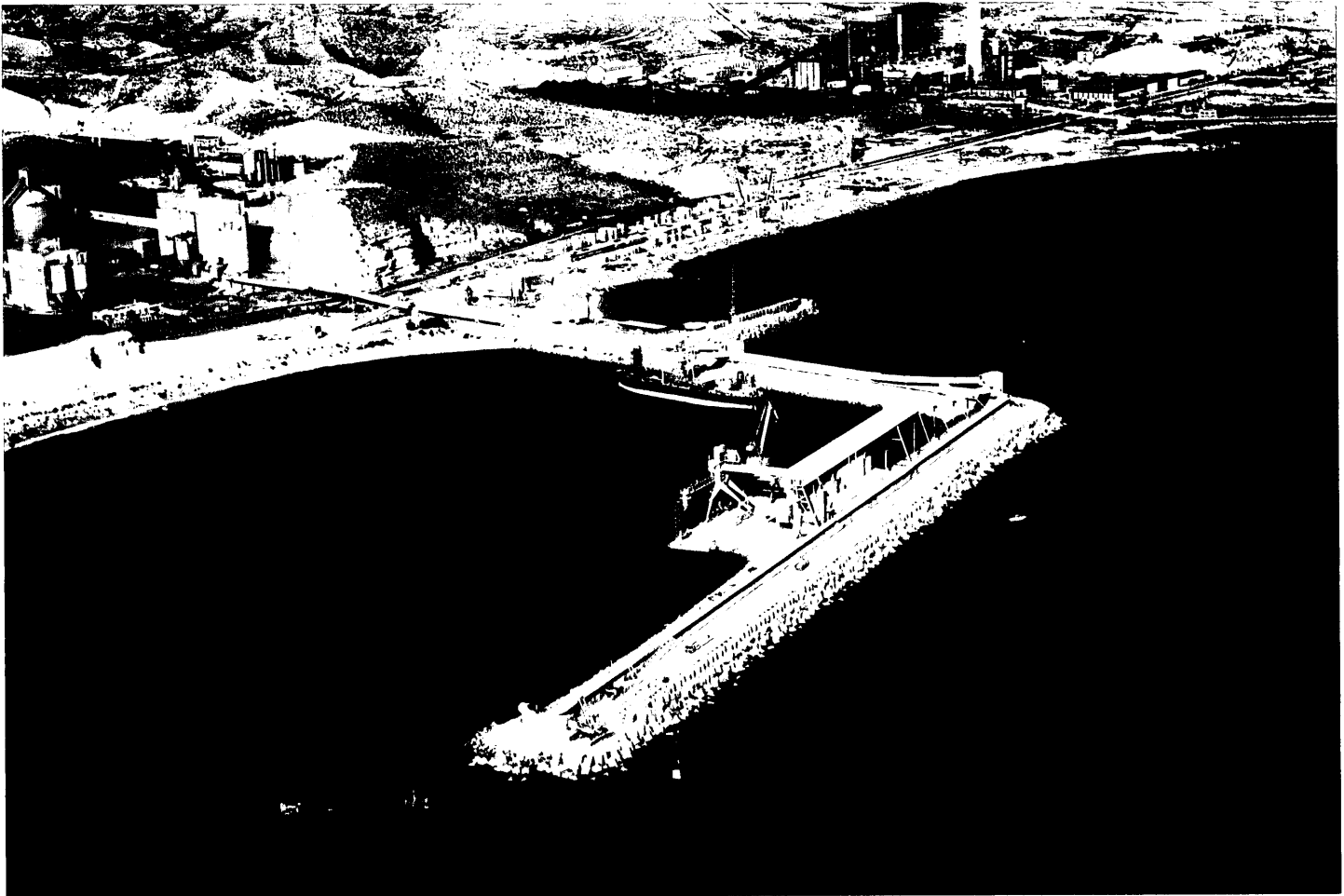
Joaquín Navajas Vega. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Autor del proyecto, Director de Proyectos del Departamento de Puertos y Obras Marítimas de Alatec.

Manuel Ignacio Martín Hernando. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. *Director de Obra del Dique Hisalba (Alatec).*

Juan Miguel Pérez Rodríguez. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. *Jefe de Obra de Dragados Construcción P.O.*

Edmundo Balbontín Bravo. Ingeniero Industrial. *Jefe del Servicio de Métodos de Dragados Construcción P.O.*



Dique Hisalba. Casi finalizada la obra.

El análisis del proceso, la consideración de los objetivos de producción diaria que corresponden a cada una de sus fases y la sensatez al evaluar la dificultad de alcanzarlos, constituyen una firme plataforma en la que apoyar las inquietudes de mejora.

La reparación del dique de abrigo de Hisalba en Carboneras (Almería) ha proporcionado un ejemplo de la aplicación de estas ideas sencillas, con resultados notables en la productividad y coste del proceso.

PLANTEAMIENTO

El Proyecto de Reparación del Dique de Abrigo de Hisalba en Carboneras (Almería) definía la solución de refuerzo mediante la colocación de bloques de 5 y 30 t. De acuerdo con la medición inicial, se aportarían 31.230 unidades, siendo 22.930 de 5 t y el resto, 8.300, de 30 t.

Los bloques de 5 t y el 36% de los de 30 t se habían de colocar por vertido marítimo. El resto se colocaría con grúa

desde tierra. El compromiso de plazo obligaba a una producción diaria media superior a 130 y 50 unidades de 5 t y de 30 t, cifras que se corresponden con un consumo diario de unos 950 m³ de hormigón.

Por el volumen de hormigón, y el presupuesto acorde con éste, la obra puede considerarse relativamente modesta entre las de su tipo, por lo que su ejecución no debería ser problemática diseñando el proceso según el modelo de alguna de las abundantes experiencias anteriores de mayor envergadura.

No obstante, hay una diferencia importante a considerar: los bloques habituales de obras portuarias suelen ser de tamaños superiores a 30 t, sin que sean excepcionales los de 100 t, por lo que se pueden conseguir grandes volúmenes diarios produciendo 40 o 50 bloques. Esta obra, en cambio, debe procesar 180 bloques al día, cifra que cuadruplica las habituales.

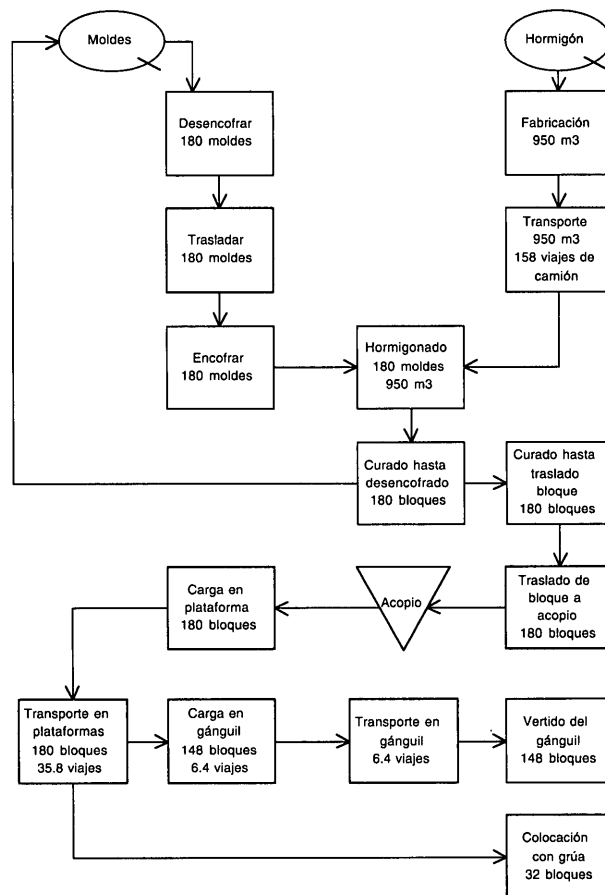
PRIMERA APROXIMACIÓN AL PROCESO

En el Diagrama 1 se cuantifica, en las diferentes fases del proceso, el flujo diario total congruente con la producción mínima requerida. Se destacan en rojo las manipulaciones y transportes de moldes y bloques.

Para sopesar los aspectos de este objetivo que puedan presentar dificultades, las cifras siguientes pueden ser suficientemente significativas:

- ▼ Manipulaciones. Cada día habrá que realizar 720 movimientos de piezas, con la siguiente descomposición:
 - ◆ 180 traslados de moldes a encofrar.
 - ◆ 180 bloques a acopio.
 - ◆ 180 bloques cargados en plataformas o góndolas.
 - ◆ 148 bloques cargados en gánguil.
 - ◆ 32 bloques colocados con grúa.
- ▼ Transportes. Se deberá conseguir las medias siguientes:
 - ◆ 35.8 viajes de góndola.
 - ◆ 6.4 viajes de gánguil.

Diagrama 1. Flujo diario de bloques de 5 y 30 t



▼ Volumen de hormigón. Se colocarán 950 m³/día.

Como era de esperar, por tratarse de bloques de poco volumen, el sub-proceso del hormigón resulta de unas dimensiones manejables. En cambio, la manipulación es el aspecto más digno de atención y, por tanto, la dirección prioritaria de cambio del proceso debe ser la reducción de los ciclos de las manipulaciones y de su número, lo que provocará también la reducción de los ciclos de transporte y, en consecuencia, de las dotaciones necesarias de medios.

PROCESO INNOVADO

La mejora del proceso se ha fundamentado en la idea básica de reducir las manipulaciones, tanto de los encofrados como de los bloques. Esta idea sólo puede concretarse en métodos que afecten bien al número de etapas del proceso o bien al número de piezas manipuladas a la vez. La primera vía no ha ofrecido

oportunidades de cambio, pero la posibilidad de tratar conjuntos de piezas en lugar de unidades sueltas abrió dos vías posibles:

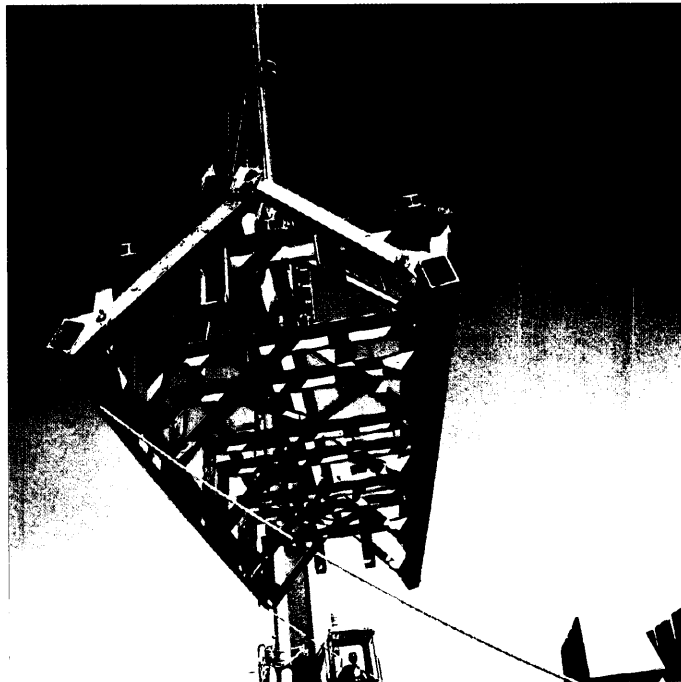
- ▼ Procesar conjuntos de 5t y unidades sueltas de 30 t.
- ▼ Definir conjuntos para los dos tipos.

Se ha considerado que elevar la carga a 60 t, moviendo de dos en dos los B30, no tenía gran interés por los siguientes motivos:

- ▼ La producción de bloques de 30 t no es importante.
- ▼ Los medios de manipulación serían de tamaño y coste horario mayores.
- ▼ El número de bloques de 5 t que se pueden asociar en un conjunto debe ser tal que el encofrado múltiple no se deforme al desencofrar de modo apreciable para evitar problemas en esta operación. Esta consideración haría que la capacidad de carga de los medios estuvieran bien aprovechados con pares de bloques de 30 t (pocos) y muy mal con conjuntos de B5 (muchos).



Desmoldeo de un grupo de 4 bloques.



Pinza para manipular un grupo de 4 bloques.

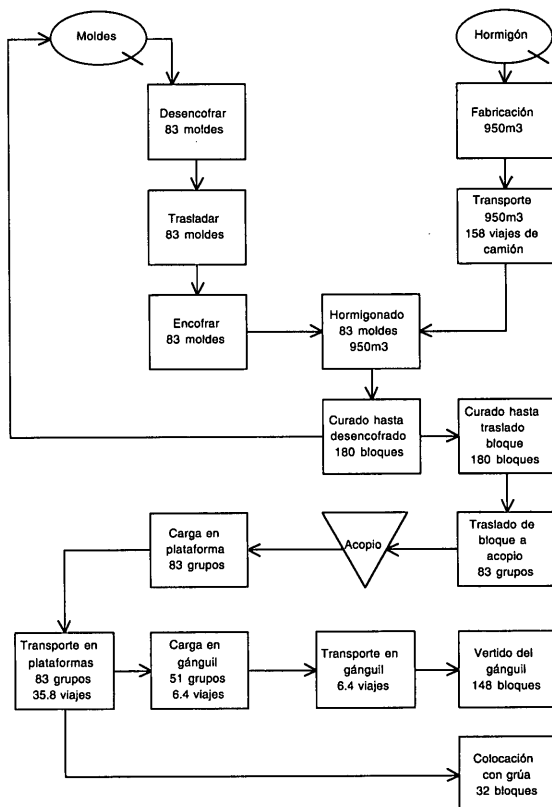
En estas reflexiones se basa la elección de manejar los bloques de 30 t de uno en uno y los de 5 t en conjuntos de 4 unidades. De este modo, las cargas son bastante parecidas y pueden ser utilizadas grúas similares e intercambiables.

El trabajo sobre conjuntos de 4 bloques a lo largo de todo el proceso requeriría solucionar dos aspectos:

- ▼ elección del tipo de encofrado de más fácil adaptación a la idea de un molde múltiple.
- ▼ La definición de las pinzas para la manipulación segura de los conjuntos de bloques.

La solución habitual de encofrados con laterales giratorios daría lugar a moldes complicados y caros. Esto motivó la elección de un sistema de moldes fijos, a modo de flaneras, tanto para los conjuntos de 4 B5 como para los B30. Para asegurar la extracción de los encofrados se previó el uso de hi-

Diagrama 2. Flujo diario de bloques de 30 t y de grupos de 5 t

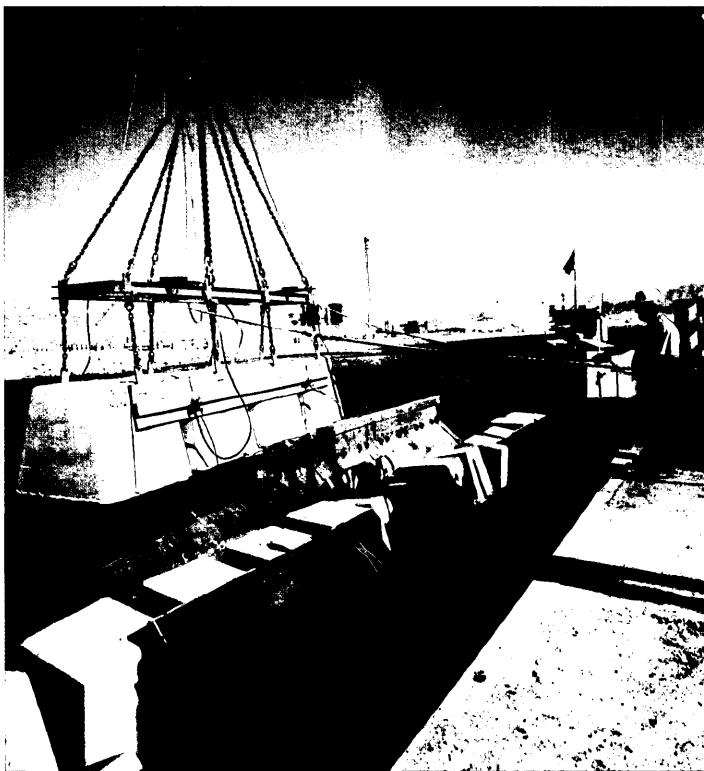


dráulicos, montados en el balancín del pórtico. En la práctica, la conicidad dada a las piezas ha sido suficiente para reducir su uso a casos excepcionales.

Por otro lado, la naturaleza fija de los moldes ha simplificado el trabajo de pórtico y de mano de obra con el encofrado, reduciéndose su ciclo al orden de la mitad.

En relación con la elección del tipo de pinzas, se ha adoptado el de presión para los bloques de 30 t. Para mover conjuntos de 4 B5 no se consideró seguro utilizar este tipo ante la eventualidad de que las posibles deformaciones de los moldes dieran lugar a presiones irregulares de la pinza sobre los bloques. Se decidió sujetar por forma, dotando con dos uñas por bloque a la pinza.

El Diagrama 2 indica el flujo diario total en cada fase. Las operaciones afectadas en su frecuencia o duración se han destacado en rojo, quedando las siguientes cifras:



Manipulaciones de grupos de 4 bloques.

▼ Manipulaciones. Cada día habrá que realizar 332 movimientos de piezas, un 46 % de los previstos inicialmente, con la siguiente descomposición:

- ◆ 83 traslados de moldes de 30 t o de conjuntos de cuatro unidades de 5 t a encofrar.
- ◆ 83 bloques de 30 t o grupos de 4 bloques de 5 t a acopio.
- ◆ 83 bloques o grupos cargados en plataformas o góndolas.
- ◆ 51 bloques o grupos cargados en gánguil.
- ◆ 32 bloques colocados con grúa.

▼ Transportes. No se altera el número pero sí la duración:

- ◆ 35.8 viajes de góndola. Para cargar 12 bloques de 5 t en una góndola bastan 3 ciclos de grúa. Igualmente en la descarga. El ciclo de transporte se reduce muy notablemente.

◆ 6.4 viajes de gánguil. Debido a la influencia del tiempo de carga en el ciclo del gánguil, ha sido suficiente un solo gánguil trabajando un turno.

Una vez finalizada la fabricación, la producción media diaria ha sido superior al objetivo inicial: con el taller funcionando a régimen, durante varios meses, se han superado cifras diarias de 200 unidades de 5 t y de 60 de 30 t.

El proceso implantado es fruto del esfuerzo compartido por el equipo de Supervisión y Dirección de Obra de Alatec con la organización de Dragados para lograr el objetivo común de optimizar el coste en las fases del proceso que no añaden valor al producto y de asegurar la calidad del proceso en las que sí lo afectan.

El logro del alto nivel de calidad requerido se ha asegurado mediante el control sistemático de los parámetros de densidad y compacidad del hormigón en bloques mediante ensayos con ultrasonidos, correlacionados con los resultados de resistencia a compresión simple de probetas testigo extraídas a diferentes edades. ■