

LA EXPERIENCIA ESPAÑOLA EN LA CONSTRUCCION DE CANALES PRODUCE UNA NUEVA TECNICA(*)

Por MANUEL BARRAGAN SEBASTIAN

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Después de unas consideraciones generales sobre la construcción de canales, el autor reseña el equipo y explica el método de trabajo que ha puesto en práctica para construir canales con sección circular, basados en dos principios fundamentales: mecanización de superficies cilíndricas y avance conjunto contra el hormigón de una forma vibrante y otra de moldeo con unión elástica y estanca.

II

I. El revestimiento y la calidad.

Un canal es un cauce artificial que desvía las aguas de su curso natural, conduciéndolas a zonas más altas donde puedan ser aprovechadas económicamente.

Es, por tanto, una estructura que el hombre construye intentando lograr unos determinados objetivos: satisfacer las necesidades en agua de una población o de una industria, crear un salto para producir energía eléctrica, aumentar el rendimiento agrícola de una zona transformando los cultivos eventuales de secano en intensivos por medio del regadío, etc.

Al planear un canal debe acertarse con la solución óptima de la ecuación que relaciona el coste de su construcción con la seguridad del funcionamiento durante el período que sea necesario. La experiencia nos ha demostrado que la solución óptima está en construir con rapidez y calidad, para evitar que los intereses intercalares del capital invertido y los gastos de conservación anual, que no siempre garantizan el caudal de cálculo, y aun los de reconstrucción en muchos casos, alcancen cifras elevadísimas.

¿Qué juicio merecería el proyecto de un canal hidroeléctrico cuya construcción tuviera que demorarse más que la instalación de la central, o bien que, por haberse construido con una calidad "suficiente para su puesta en uso", perdiese un porcen-

(*) La primera parte de este trabajo se publicó en julio de 1966.

taje importante de su caudal, o bien exigiera una paralización periódica de las turbinas para proceder a su limpieza?

El enfoque estrictamente industrial y empresarial del proyecto y la construcción de un canal hidroeléctrico, procura ante todo garantizar el cumplimiento de la finalidad que justifica la inversión.

Son sobradamente conocidas las enormes dificultades constructivas que hay que vencer y la elevada inversión necesaria para revestir un canal antiguo que se construyó sin revestimiento por economía. En muchos casos no podría servir de justificación alegar que la segunda inversión es fruto de la capitalización obtenida durante la primera etapa de su uso, esto es, que se ha construido a plazos, pagando una parte de ellos con los beneficios conseguidos del negocio puesto en marcha con el primer desembolso; siempre hay una pérdida de superficie regable, como consecuencia de la diferencia de pendientes longitudinales y la inversión total llega a exceder del triple. Revestir un canal construido en tierra durante su explotación supone, en cualquier caso:

a) Una regularización de la pendiente de solera a base de excavaciones en fango en los aterramientos y un relleno, siempre de dudoso éxito, sobre los mismos fangos cargados de materia orgánica, en los tramos erosionados.

b) Un relleno de trasdós en los cajeros con materiales de préstamos que, en las zonas regables, suelen ser de procedencias lejanas y, por tanto, caros.

c) Unos cajeros casi siempre autorresistentes, calculados para soportar los empujes del relleno de trasdós, cimentados sobre terreno dudoso o francamente malo, muy voluminosos.

d) Alternativamente, estructuras prefabricadas con profusión de juntas de eficacia discutible, pero muy caras.

e) Limitación de los trabajos al invierno, para interferir lo menos posible la explotación de la red de riego.

f) Sustitución de obras de fábrica en cauces con el canal para adecuarlas a las nuevas secciones, o bien profusión de acuerdos en los cambios de sección.

Etcétera, etc.

A nuestro juicio, solamente es aconsejable prescindir del revestimiento en canales de drenaje de zonas cuyo nivel freático sea superior a la solera, o bien en canales de navegación con anchuras superiores a veinte metros.

Si ya hemos conseguido dinero para revestir nuestro canal, debemos seleccionar el más adecuado a su función, el más funcional.

Prescindiendo ahora de la sección transversal del canal, que se analizará más adelante, queremos comentar la calidad de ejecución de las unidades de obra. Este es un punto verdaderamente esencial. Los países de bajo nivel de vida y mano de obra abundante en las regiones donde se construyen las obras, disfrutan de la existencia de un artesanado hábil, competente y honesto en quien se puede confiar para la ejecución de estructuras y obras de fábrica no ya sencillas, sino verdaderamente complicadas, porque su profesionalidad y su dedicación les sirven de estímulo para la adquisición de conocimientos y experiencia.

La geografía de todos los países antiguos está salpicada de obras ejecutadas sin pliego de condiciones, con una rara perfección, en muchos casos, inalcanzable hoy día, que son un perenne testimonio de la habilidad del artesanado anónimo.

Podemos declarar con toda firmeza que en España estos estupendos operarios de origen rural se han alejado fuera del alcance de la construcción de Obras Públicas.

La fuerza de la corriente migratoria ha producido una erosión social que sólo deja los elementos prácticamente inútiles en origen. La pérdida de la habilidad artesanal es uno más de los caminos que nos conducen a la mecanización de las obras; no podemos confiar en el producto de la actividad de los pequeños destacamentos de trabajo, difíciles de vigilar económicamente, ni en la calidad ni en el rendimiento. Por eso la definición de "calidad suficiente", que muchos ingenieros hemos venido empleando, se ha vaciado de contenido e irreversiblemente nos vemos conducidos a aceptar las definiciones objetivas de los actuales pliegos de condiciones.

Hasta hace pocos años todos nuestros pliegos de condiciones técnicas y facultativas que presidían la ejecución de nuestras Obras Públicas, terminaban todos sus párrafos remitiéndonos "al juicio del ingeniero encargado", padre benévolo o tirano cruel del modesto constructor.

Por otra parte, los países modernos y de rápido desarrollo, inundados de emigrantes cuya solvencia profesional es desconocida, han tenido la inmediata obligación de construir rápidamente sin artesanado tradicional, defendiéndose contra los posibles fracasos mediante Pliegos de Condiciones de la máxima fuerza objetiva, definiendo, con la mayor precisión, concepto por concepto, materiales, unidades de obra, procesos de ejecución, alcance de los precios y responsabilidades respectivas de constructor y propietario, y remitiéndonos siempre a un laboratorio imparcial. Por este camino también se va a la mecanización y, de paso, inconscientemente, a la máxima calidad alcanzable con los procedimientos conocidos. En todo caso se definen las tolerancias, "los errores admisibles con relación a la perfección".

Pero ¿cuál será la tolerancia en la permeabilidad del revestimiento de un canal? ¿Cuál será la tolerancia en la densidad alcanzable de un hormigón de revestimiento? ¿Cuál es la relación entre estas tolerancias, la vida del revestimiento, los futuros gastos de conservación?

No estamos hoy en condiciones de poder eliminar estas interrogantes mediante respuestas concretas y definitivas.

Nos parece que renunciar a una alta calidad comprobable objetivamente, calificándola de excesiva, a cambio de una calidad generalmente mediocre y difícil de controlar, no es correcto, si la diferencia de coste de la obra no es muy grande. Y decimos coste de la obra y no precio de la unidad de obra, porque vamos a presentar un proceso de ejecución de obra nuevo que afecta al proyecto, a los precios unitarios y al coste total.

Se trata de, como ahora se dice, "la apertura hacia las secciones transversales circulares en los canales hidráulicos". Demostraremos sus ventajas y expondremos los resultados conseguidos, que nos permiten aconsejar a todo el mundo su adopción en la mayoría de los casos, abandonando las ya anacrónicas y débiles secciones trapeciales de complicada mecanización y calidad limitada.

EL PROYECTO Y LA CONSTRUCCION DE CANALES, HOY

Sólo una razón puede justificar el hecho de que hasta ahora no se hayan empleado las secciones circulares en el proyecto y construcción de canales hidráulicos, de que se haya renunciado a aprovechar las ventajas técnicas de todo orden que ofrecen al ingeniero: hidráulicas y mecánicas.

Esta razón ha sido la carencia de un método constructivo que pusiera esas

ventajas a nuestro alcance desde el punto de vista económico, de manera que pudiera competir con las técnicas hoy en día tradicionales.

En realidad, la principal dificultad estaba localizada en la construcción del revestimiento, proyectado, en la mayor parte de los casos, de hormigón de cemento.

Por el procedimiento de la artesanía tradicional no se tropieza con ninguna imposibilidad técnica. Puede encofrarse prácticamente cualquier superficie. Sin embargo, varias circunstancias concurrentes están teniendo como consecuencia su abandono por parte de los constructores a favor de los equipos mecánicos.

a) La creciente escasez y el encarecimiento de la mano de obra calificada, del artesanado capaz de construir los encofrados con un mínimo aceptable de calidad. Es necesario superar ampliamente los altos salarios que paga la edificación en las grandes ciudades o en las zonas turísticas, para conseguir atraer a los profesionales a las duras condiciones de vida y al aislamiento de las obras en el campo.

b) La misma transformación ha sufrido la disponibilidad de mano de obra no calificada, peonaje, que este sistema exige en gran número, un número que a veces no se encuentra, particularmente en las épocas de recogida de las cosechas.

c) La elevada inversión necesaria en materiales consumibles o amortizables en la propia obra. El constructor prefiere invertir en máquinas que puede amortizar en mayor plazo o en varias obras.

d) La forzada lentitud en el desarrollo de los trabajos, aunque la mano de obra llegue a constituir un auténtico ejército.

e) La multiplicación de tajos es incompatible con la garantía de uniformidad que se exige hoy en día, con las posibilidades de organización de la inspección de obra, con el nivel de calidad que las especificaciones tienden a situar a más y más altura.

f) Como consecuencia de los débiles espesores proyectados es inevitable el empleo de hormigones de alta relación agua-cemento, que resultan porosos, heladizos y sufren fuertes retracciones.

g) Como consecuencia de que una de las caras del molde está constituida por el mismo perfil de la excavación, es necesario sumo cuidado para evitar adulteraciones en el hormigón por mezclas con trozos desprendidos del terreno, al apisonar o vibrar la escasa superficie del tajo de hormigonado.

h) La flotación de los encofrados sobre hormigones demasiado líquidos, que obliga a lastrarlos, con el consiguiente entorpecimiento y aumento de coste.

i) Las pérdidas de materiales acopiados en la línea si no se emplea hormigón fabricado en central, áridos y cemento, transportados la mayor parte de las veces desde procedencias alejadas y, por tanto, de elevado precio en el tajo.

j) La gran dificultad de construir irreprochablemente la junta de cajeros y soleiras, punto débil de la estructura y punto donde se acumulan el barro y el agua.

Tanto los constructores de solvencia y experiencia como la Administración, víctimas muchas veces indefensas, frente a esta serie de problemas que plantea la construcción de canales a base de artesanía, de encofrados desmontables que jamás soportan el número de empleos calculado, se ven conducidos inexorablemente a los equipos mecánicos de construcción de canales. Pero analicemos brevemente los equipos que hasta ahora se encontraban disponibles en el mercado de maquinaria.

Hay dos tipos fundamentalmente distintos:

I. Máquinas de funcionamiento longitudinal continuo.

En esencia, consisten en un encofrado deslizante longitudinalmente, que se mueve colgando desde un puente que rueda sobre las banquetas contra una masa de hormigón sometida a pervibración o alisada mediante rodillos.

El reparto transversal del hormigón se realiza por dispositivos diversos entre los que están el tornillo sinfin y las trompas de elefante, las cintas, el cajón abierto por el fondo y dividido en compartimientos, etc.

En su avance, la máquina ataca el hormigón mediante un borde curvado que contribuye a consolidarlo y a conseguir un acabado superficial de acuerdo con la docilidad de la masa. Esta operación suele hacerse a perímetro completo cuando no se excede de un desarrollo de unos treinta metros. En canales mayores suelen extenderse por separado los revestimientos de solera y cada uno de los cajeros.

Se comprende que con esta manera de operar no se pueda ser muy exigente respecto a la relación agua-cemento. El "Manual del hormigón del Bureau of Reclamation" americano aconseja en su tabla 17 las cifras de $0,53 \pm 0,02$ para climas severos y $0,58 \pm 0,02$ para climas suaves. En efecto, un hormigón excesivamente seco circula mal por las canaletas, se pega a las bandas de goma, acaba estrangulando las trompas de elefante, se adhiere a las paredes de los conductos, ofrece una elevada resistencia al avance de la máquina, que arrolla los áridos y no puede conseguir un acabado aceptable.

Para trabajar una pasta muy seca es necesario emplear una vibración energética, cuya acción se pierde muy rápidamente al alejarse del vibrador.

Por otra parte, el hormigón sometido a vibración se convierte en un fluido que tiende a deslizarse a lo largo de la línea de máxima pendiente del talud. Esto es, la dirección de corrimiento por gravedad del hormigón vibrado es perpendicular a la de avance de la máquina.

Si la vibración es muy energética se hace francamente difícil evitar que el hormigón deslice, deje claros en el revestimiento y se acumule en las partes bajas, entorpeciendo el funcionamiento del equipo.

Para evitar estas desastrosas consecuencias para la marcha del trabajo, se recurre a hormigones dóciles y a disminuir la pendiente del talud.

Con los equipos a que nos venimos refiriendo no es fácil superar el talud 1/1, y son frecuentes los de 1,25/1, 1,5/1 y 2/1. Es decir, sería prácticamente imposible construir secciones circulares de más de 90° de segmento mojado.

II. Máquinas de funcionamiento transversal.

Este tipo de máquinas emplea reglas vibrantes siguiendo las generatrices del canal, es decir, paralelas a su eje. Generalmente la regla es movida mecánicamente a lo largo de pistas de rodadura que se sitúan transversalmente y suelen tomar una anchura entre tres y cinco metros, de manera que coincidan las juntas de hormigonado con las de contracción del revestimiento.

La regla vibrante realiza las operaciones sucesivas de reparto, consolidación y acabado en varias pasadas sobre la superficie del cajero. En este caso, el avance de la máquina es opuesto a la dirección de corrimiento del hormigón sometido a vibración, pero si el hormigón es bastante seco, es necesario insistir con la vibración, es decir, avanzar muy lentamente y entonces es inevitable que el hormigón se descuel-

que y se estropee la superficie. La consecuencia es que tampoco se puede superar el talud 1/1 y aunque se puede reducir algo la relación agua-cemento en comparación con los equipos anteriores, no es conveniente que la regla se mueva con lentitud, por lo que se aconseja emplear hormigones dóciles.

III. Nuestra técnica.

Como explicaremos brevemente a continuación, el sistema que hemos desarrollado y puesto a punto elimina los inconvenientes que en las máquinas de funcionamiento longitudinal y transversal se oponen al empleo de hormigones de muy baja relación agua-cemento, concretamente alrededor de la cifra 0,40 y aún más baja. La consecuencia es poder construir mecánicamente la sección semicircular completa, los 180° de segmento mojado y producir un revestimiento a base de hormigón de la más alta calidad, con indicaciones del esclerómetro muy apreciables al tercer día y magníficas a los catorce, con densidades alrededor de 2,4, con superficies bruñidas, sin coqueas en el trasdós; en fin, un producto resistente a toda clase de inspecciones.

LA CONSTRUCCION DE UN CANAL CON NUESTRA TECNICA

Los fundamentos mecánicos de nuestro método son los siguientes:

Primero. — Cualquier órgano de trabajo que gire alrededor de un eje, describe un segmento de cilindro. Por ejemplo:

a) Una rueda de paletas de radio r que gira montada en el extremo de una barra que oscila alrededor de un punto de ella a la distancia R del eje de la rueda, realiza la excavación de un segmento de cilindro de radio $R + r$ (fig. 3.^a).

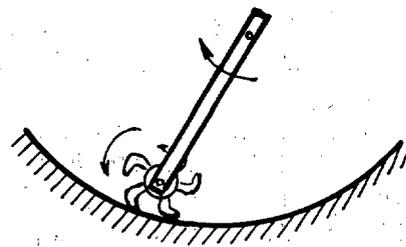


Figura 3.^a

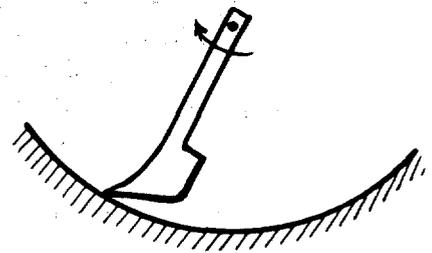


Figura 4.^a

b) Una cuchara análoga a la de una pala excavadora, en la que la distancia del borde de ataque al eje de giro no rebasa una longitud R , realiza la excavación de un cilindro de radio R (fig. 4.^a).

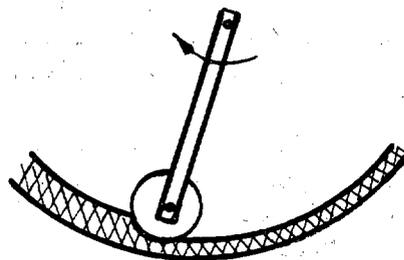


Figura 5.^a



Figura 6.^a

c) Un rodillo vibrante montado en el extremo de un brazo oscilante, consolida un material adecuado, que puede ser un hormigón asfáltico según una superficie cilíndrica (fig. 5.^a).

d) Una regla vibrante montada en el extremo de un brazo oscilante, reparte y consolida un material, que puede ser hormigón, según una superficie cilíndrica (figura 6.^a).

e) Una chapa curvada, según un radio determinado, alisará una superficie cilíndrica del mismo radio si va montada en un brazo oscilante (fig. 7.^a).

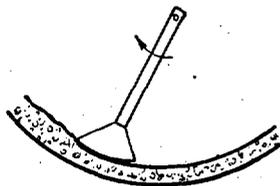


Figura 7.^a

Siendo el movimiento de giro alrededor de un eje, el de solución mecánica más sencilla, se comprende que una máquina que pueda realizar estas operaciones, todas ellas de utilidad en la construcción de canales, no ha de resultar muy costosa.

El rendimiento de la máquina será, después, función de la potencia de los motores que se instalen, pero, como luego diremos al explicar los equipos ensayados en trabajo, es verdaderamente poco importante, sobre todo si se compara con la que es necesaria para mover las máquinas que hasta ahora se encontraban en el mercado.

Segundo. — Una regla vibrante (fig. 8.^a) que avanza contra una masa de hormigón, y es seguida en su avance de un encofrado móvil con una dimensión en el sentido del avance, relacionada con la potencia de vibración, de manera que su extremo posterior deslice sobre hormigón que ha perdido la fluidez de vibración, puede repartir y colocar hormigón sobre una superficie que cinemáticamente sea compatible con la forma del encofrado móvil. Pero para ello es necesario que la regla vibrante y el encofrado móvil estén aislados mecánicamente, de manera que el encofrado móvil no reciba ninguna vibración y además vayan unidos por una membrana elástica impermeable que impida las pérdidas de pasta.

En nuestro método ambos órganos, regla vibrante y encofrado móvil, van montados con un aislamiento mecánico para el que hemos encontrado una solución barata y eficaz, en el extremo de un brazo que oscila alrededor del eje geométrico de la sección transversal.

Tercera. — Para aplicaciones de hormigón de relativamente poco espesor, por ejemplo, inferior a treinta centímetros, produce una afluencia de pasta a la superficie, que favorece en gran manera las terminaciones lisas e impermeables.

En nuestro caso, el trabajo del encofrado móvil es análogo al de una llana metálica sobre pasta extraída del propio hormigón, produciendo un verdadero bruñido ideal para el revestimiento de canales.

Cuarto. — Disponiendo de una adecuada potencia de vibración, una cantidad importante de hormigón se convierte en un líquido denso que tiende a llenar todos los huecos que encuentra en su movimiento (fig. 8.^a). La carga hidráulica resultante H

es una acción cuyos efectos son comparables a una presión que, unida a la que produce el avance de la regla contra la masa de hormigón, tiene como consecuencia una verdadera compactación del hormigón vibrado, consiguiendo una densidad muy satisfactoria. Otro efecto importante es la orientación de los cantos de la grava con sus caras mayores paralelas a los paramentos, lo que favorece la trabazón de las partículas, la resistencia a flexión y la impermeabilidad.

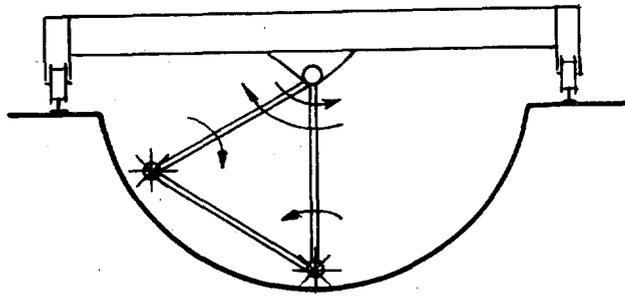
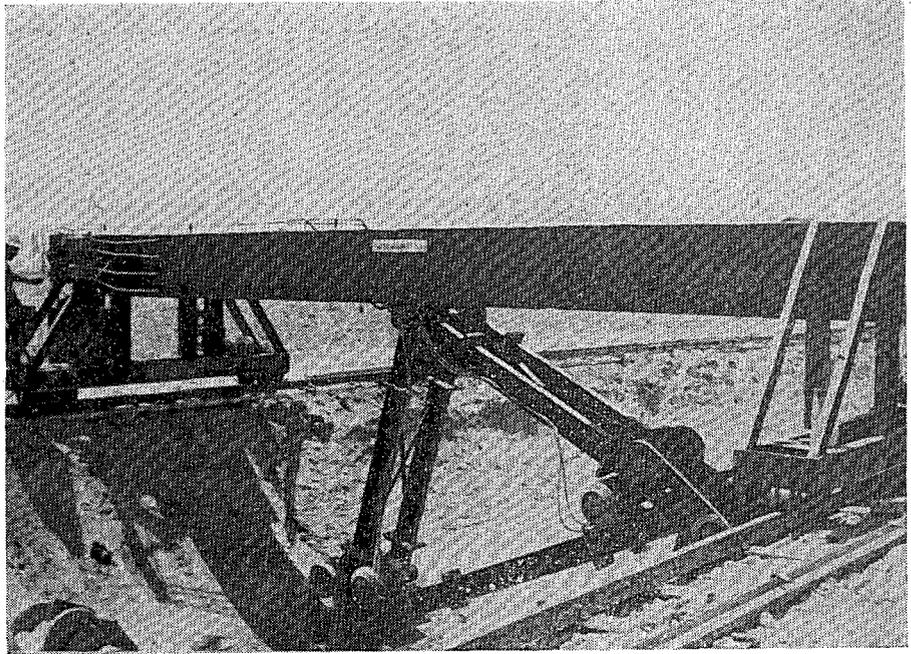


Figura 8.^a.

Como se ve, los dispositivos son sumamente sencillos, pero de una eficacia sorprendente. Resulta que empleando un hormigón adecuado (buena granulometría, baja relación agua-cemento, tamaño máximo del árido del orden del 30 por 100 del espesor) puede construirse la sección semicircular completa, es decir, remontar la pendiente del revestimiento hasta la vertical y aun conseguirse un ligero desplome, de manera que el área mojada sea el semicírculo, con lo que se pueden aprovechar todas sus ventajas hidráulicas. El trabajo es, desde luego, transversal, construyéndose el canal por fajas sucesivas, con lo que el avance longitudinal siempre será menor que el que se puede conseguir con las máquinas continuas, pero la nue-

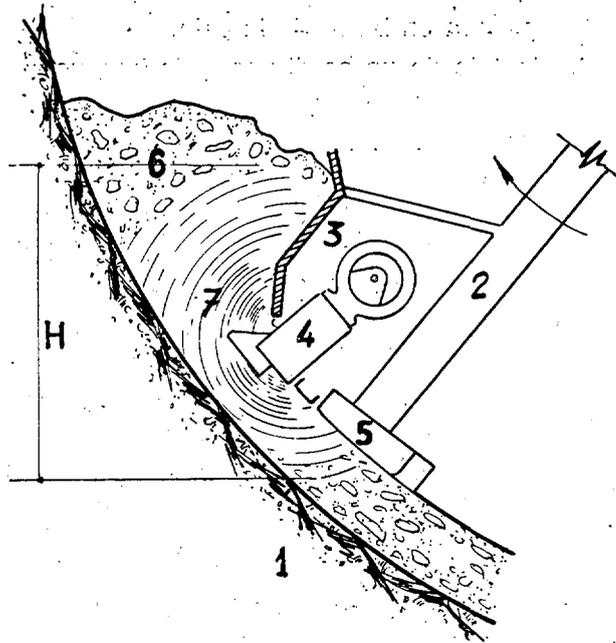
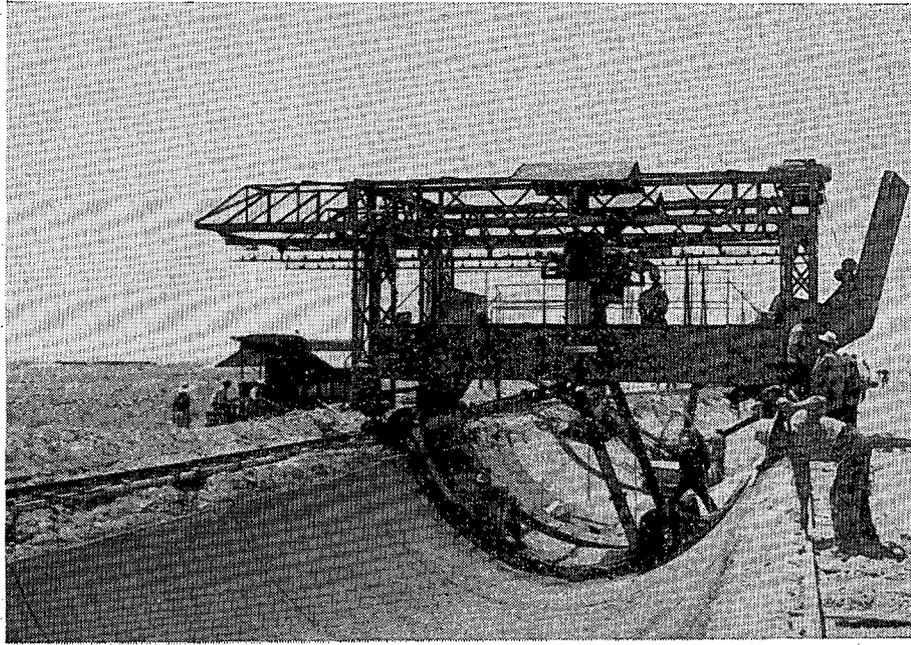


Fig. 9.^a — 1. Sección del terreno. 2. Brazo oscilante. 3. Tolva. 4. Regla vibrante. 5. Encofrado móvil. 6. Hormigón suelto. 7. Hormigón en vibración. 8. Revestimiento. *H*, Carga hidráulica.

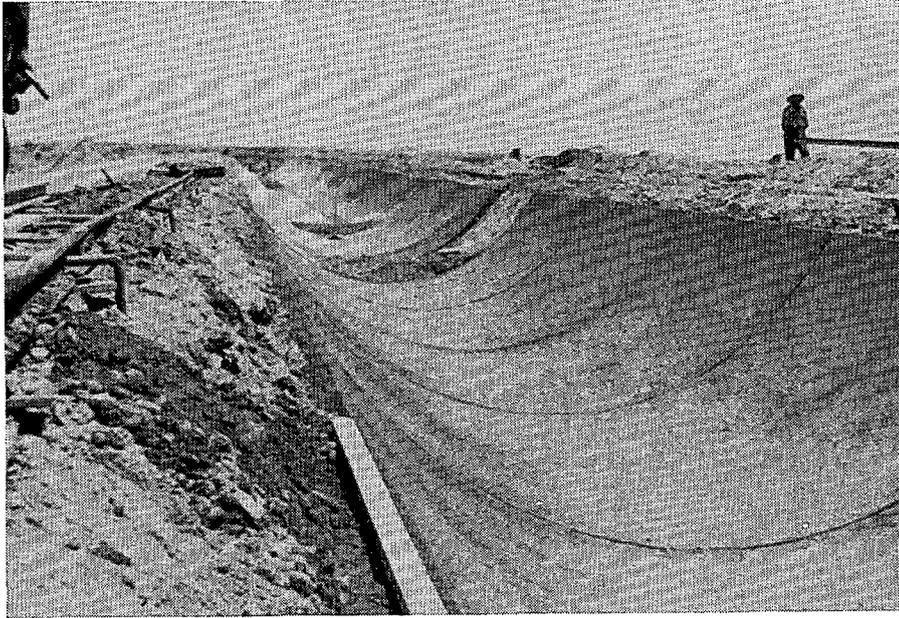


Figura 10.

va técnica. está ya en condiciones de ofrecer una gran calidad dentro de una velocidad aceptable.

El proceso de construcción es análogo a los que ya se emplean.

1. Explanación hasta nivel de banqueta.
2. Apertura en basto de la caja.
3. Montaje de un carril por cada banqueta.
4. Refinado de la excavación por medio de una máquina que consiste (fig. 9.a) en un puente rodante automóvil que, en este caso, lleva una estación hidráulica para

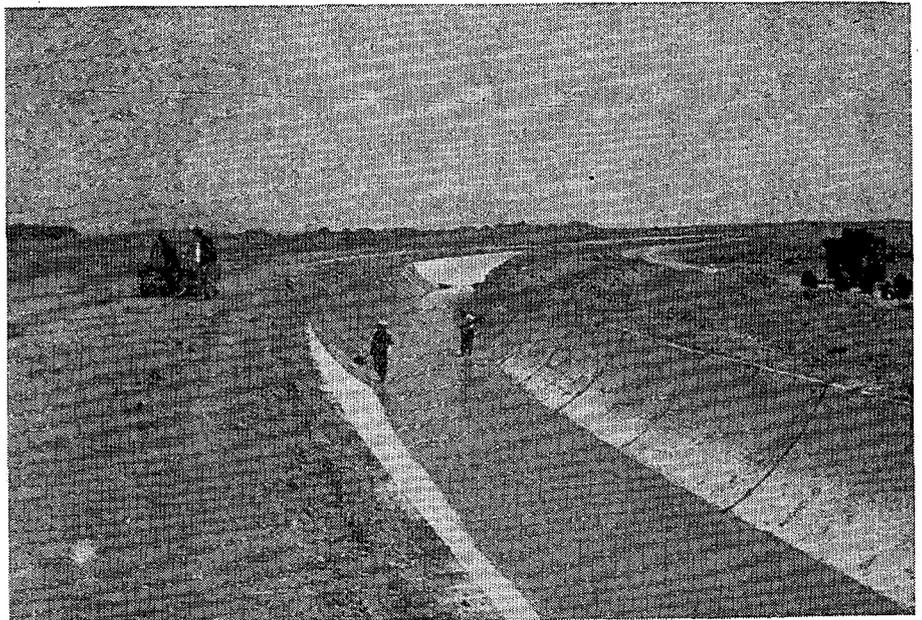


Figura 11.

accionar dos gatos que producen la oscilación de un triángulo, cuyo vértice superior está en el eje geométrico de la sección del canal y cuyos otros dos vértices llevan sendos juegos de paletas giratorias que demuelen el terreno y arrojan el material suelto al fondo del canal.

Esta máquina consume una potencia máxima de cuarenta caballos. Su rendimiento, en condiciones medias, es del orden de los ciento cincuenta metros cuadrados por hora. Naturalmente que aumentando la potencia puede mejorarse su producción.

La figura 10 muestra una fotografía de la máquina en trabajo.

5. Extracción de los productos del refino por medio de un cargador y una cinta transportadora que vierte por encima de la banqueteta.

6. Extensión y vibrado del hormigón de revestimiento mediante una máquina que consiste en un puente automóvil, que rueda sobre la misma vía que la perfila-



Figura 12.

dora y lleva una estación hidráulica para accionar cuatro gatos que, dos a dos, mueven dos brazos independientes que trabajan en cada una de las semisecciones. Estos brazos, que giran sobre el eje geométrico de la sección, llevan en sus extremos una tolva de chapa, con tres lados, ya que el cuarto lo constituye la misma superficie de la excavación ya refinada; una regla vibrante de 2,20 m. de longitud, con un vibrador de 1 400 Kg. de fuerza centrífuga a 3 000 vibraciones por minuto, aislada mecánicamente del conjunto, y un encofrado móvil de chapa perfilada con el mismo radio geométrico de la sección (fig. 9.^a).

El hormigón se recibe por medio de camiones basculantes que descargan en una tolva abatible, que, a su vez, alimenta un balde repartidor de tipo puente-grúa comercial, suspendido de dos cabrestantes independientes, de forma que el vertido pueda hacerse a ambos lados y alimentar así las tolvas de los brazos móviles. La

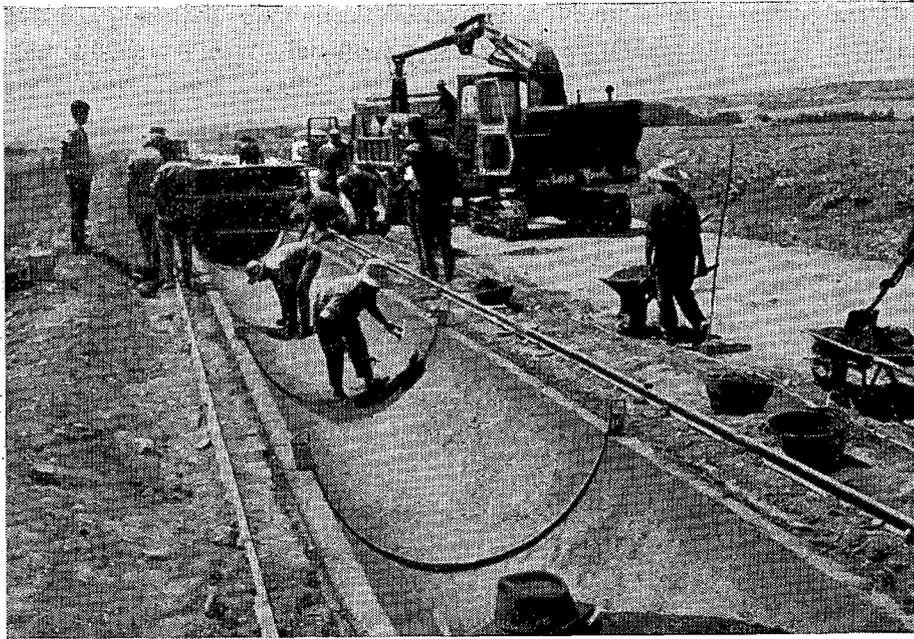


Fig. 13.— Ilustración gráfica de la aplicación del segundo principio fundamental del método a la construcción de canales de pequeña sección. La máquina lleva una forma vibrante que distribuye y coloca el hormigón, y una forma aislada mecánicamente que lo sostiene hasta que ha perdido la fluidez producida por la vibración. Ambas formas van unidas por un cierre elástico y estanco.

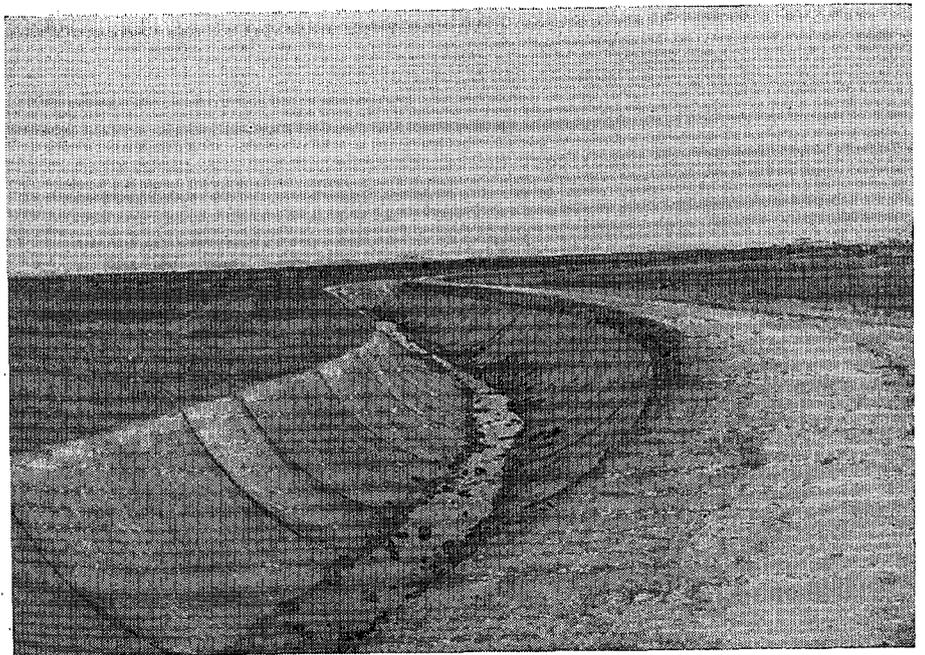


Figura 14.

capacidad de la tolva abatible es de $2,5 \text{ m}^3$ de hormigón, es decir, cinco amasadas de la central, que es la cantidad transportada por cada camión. Este volumen de hormigón es un 20 por 100 mayor que el necesario para realizar una faja de 2,20 metros de anchura.

Una operación de esta máquina supone un ciclo del orden de los ocho minutos, lo que da un rendimiento alcanzable de los 100 m^2 por hora.



Figura 15.

La propia máquina exige, por el proceso de reparto y vibración del hormigón, ya explicado, unas características del hormigón bastante precisas y, desde luego, uniformes, por lo que es imprescindible el amasado por medio de central automática con dosificación en peso. Desde este punto de vista puede decirse que la propia máquina es un laboratorio que no sólo califica el material, sino que lo rechaza si no es admisible, lo que es bastante cómodo para la inspección de obra.

Una ligera pasada con la llana de acero es suficiente para eliminar las pequeñas rizaduras que en la capa de pasta exterior pueda dejar la máquina, quedando un auténtico bruñido como acabado verdaderamente fino e impermeable. No se han observado grietas de retracción aun en los casos en que se descuidara el riego de curado. Véase las figuras 12 a 17.

Los mismos brazos oscilantes llevan unos cuchillos especiales vibrantes, que se abaten a voluntad sobre la superficie, para labrar una ranura destinada a guiar la grieta de retracción y que, convenientemente relleno de un material plástico impermeabilizante, funciona como junta.

Aún puede perfeccionarse el acabado repasándolo con una llana vibrante, con alta frecuencia y poca amplitud, montada en el extremo de un brazo análogo mediante el conveniente aislamiento mecánico.

Los datos ofrecidos se refieren a un equipo, actualmente en marcha, para construir varios canales cuya sección circular abarca 130° en el segmento mojado, con radios de 3,30 y 2,30 metros a lo largo de doce kilómetros, con un total de unos ochenta mil metros cuadrados de revestimiento.

A poco que se reflexione sobre estas descripciones se comprende que los órganos móviles o mecánicos de estos equipos pueden construirse de forma *standard*, para una gama muy amplia de secciones en las que varíen radios o segmentos molados, realizándose la adaptación a cada sección concreta mediante estructuras sencillas y económicas de simples perfiles comerciales. Esta versatilidad reduce mucho las cargas de amortización y el número de máquinas necesarias, así como la nómina de maquinistas especializados para la ejecución de una red de canales para el riego de secciones variadas por razones de pendiente o caudal.