

# LAS PRESAS DE ESCOLLERA CON PANTALLA DE IMPERMEABILIZACION AGUA ARRIBA

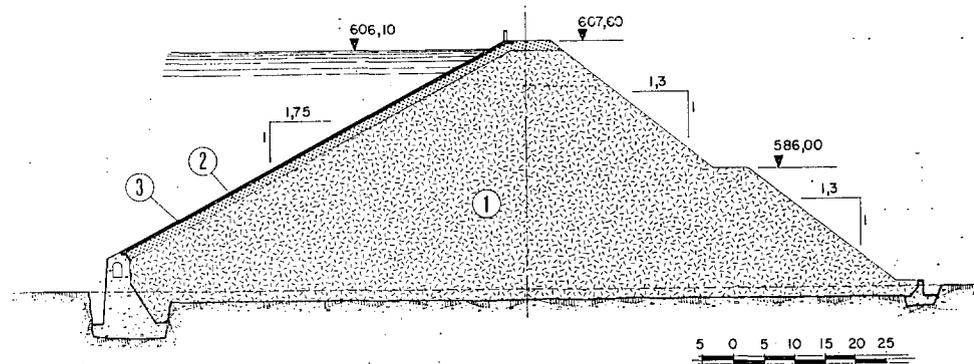
Dr. Ing. C. C. P. C. DUELO VOCAL

Ultimamente se han realizado varias presas de este tipo en España, y creemos de interés referirnos a las experiencias que hemos obtenido en la construcción de las de Guajaraz para el abastecimiento de Toledo y de Valmayor para el de Madrid.

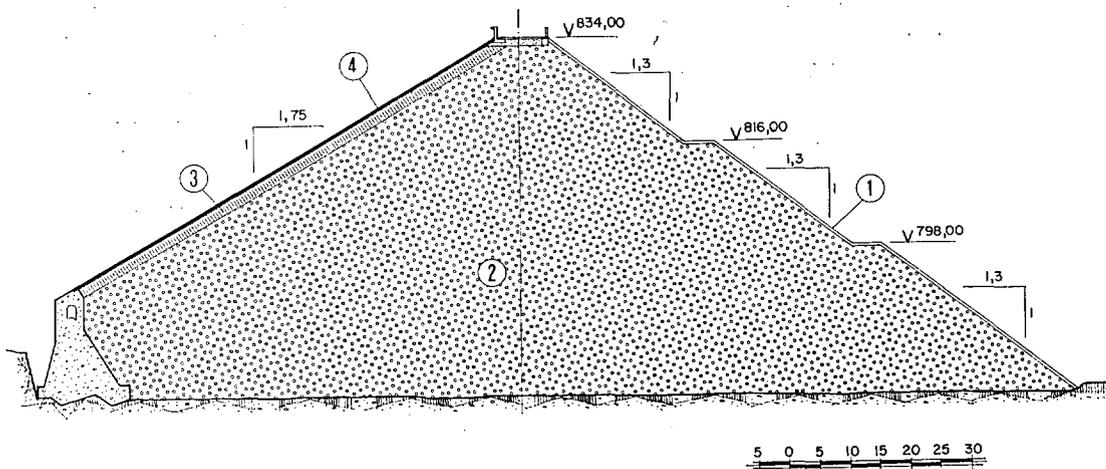
Ambas presas tienen un perfil tipo similar, si bien existen algunas diferencias en sus pantallas asfálticas de impermeabilización situadas agua arriba, y en algunos otros detalles.

A continuación indicamos las características de am-

8



Presa de Guajaraz. Perfil tipo: 1, escollera compactada; 2, escollera de transición; 3, pantalla asfáltica.



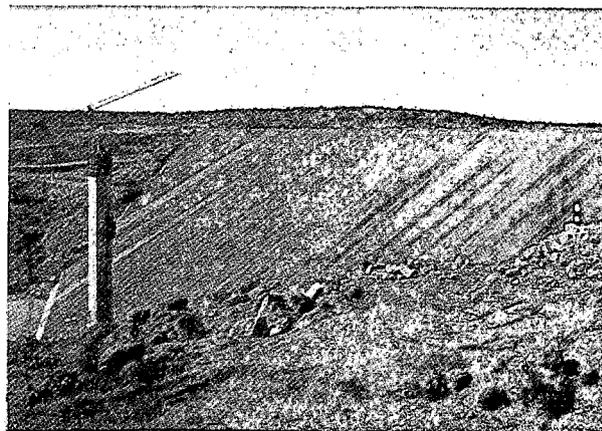
Presa de Valmayor. Perfil tipo: 1, Rip-Rap de protección; 2, escollera compactada; 3, escollera de transición; 4, pantalla asfáltica.

bas presas, a fin de que se puedan apreciar mejor sus analogías y diferencias:

	VALMAYOR	GUAJARAZ
Altura máxima sobre cimientos .....	60 m	42,60 m
Resguardo .....	3 m	2,60 m
Capacidad de embalse .....	124,5 Hm <sup>3</sup>	25 Hm <sup>3</sup>
Anchura en coronación .....	9 m	8 m
Talud agua arriba .....	1 : 1,75	1 : 1,75
Talud agua abajo .....	1 : 1,30	1 : 1,30
Cota de coronación .....	834 m	607,70 m
Longitud en coronación .....	1.214 m	380 m
Superficie de la pantalla ...	51.000 m <sup>2</sup>	12.400 m <sup>2</sup>
Volumen de escollera .....	2.030.000 m <sup>3</sup>	431.000 m <sup>3</sup>
Terreno de cimentación .....	Granítico	Granítico
Piedra de cantera .....	Granito	Granito
Caudal máximo de aliviadero.	127 m <sup>3</sup> /seg	450 m <sup>3</sup> /seg
Caudal máximo de desagüe de fondo .....	60 m <sup>3</sup> /seg	38 m <sup>3</sup> /seg
Desviación .....	Por desagües de fondo	Galería de desviación para 35 m <sup>3</sup> /seg
Densidad media alcanzada en la escollera .....	2,10 Tm/m <sup>3</sup>	2,13 Tm/m <sup>3</sup>
Densidad mínima exigida en la escollera .....	1,9 Tm/m <sup>3</sup>	1,9 Tm/m <sup>3</sup>
Altura de tongada .....	1,3 m	1,3 m
Tamaño máximo de escollera en el núcleo .....	1,3 m	1,2 m
Compactación de la escollera con rodillos vibratorios de .....	(10,5 Tm estáticas) (100 Tm dinámicas)	(10,5 Tm estáticas) (100 Tm dinámicas)
Porcentaje de finos inferiores a 25 mm admitidos ...	20 %	20 %
Peso específico medio de la piedra de la escollera ..	2,65 Tm/m <sup>3</sup>	2,65 Tm/m <sup>3</sup>

Como se ve, ambas presas están situadas sobre cerradas graníticas y con utilización de cantera también de granito.

Las ventajas que apreciamos en este tipo de presas, en relación con otras de materiales sueltos, son la existencia práctica de un solo tipo de cuerpo de presa, con desaparición de filtros y núcleo de impermeabilidad de arcilla, con las correspondientes dificultades por los cortes en la ejecución de las distintas clases de relleno y la influencia del mal tiempo sobre la ejecución del núcleo de arcilla o tierras. Todo ello hace que las presas a que nos referimos sean de una ejecución mucho más rápida, en particular contando con los actuales medios de carga, transporte y compactación de estos materiales.



Pantalla asfáltica de la presa de Guajaraz.

Por otra parte, tienen el inconveniente de que el talud de agua arriba se viene haciendo con menos inclinación (1 : 1,75) que en otro tipo de presas de escollera, para mayor facilidad de ejecución de las pantallas de hormigón asfáltico que se han empleado en estos casos, si bien puede preverse que en un futuro próximo se adoptarán taludes más inclinados, como ya se está haciendo en Suiza, utilizando el de 1 : 1,5.

En cuanto a su comparación con posibles presas de hormigón, que podrían haber sido, por ejemplo, de contrafuertes, las ventajas de este tipo de escolleras son la mayor rapidez de ejecución y su economía, contando con los medios actuales y, por supuesto, el admitir un cimiento de peor calidad, lo que simplifica la preparación del terreno en el que se asienta la presa.

En los perfiles tipo que se acompañan puede apreciarse el detalle de los distintos materiales que se han empleado. Al mismo tiempo puede verse que las pantallas asfálticas correspondientes se apoyan en sendos rastrillos de hormigón. En el cauce estos rastrillos en realidad constituyen las propias ataguías que se utilizaron para la desviación del río y que luego quedaron incorporadas a las presas. En esta zona de ataguía ambas presas llevan una galería visitable de control de filtraciones que, en el caso de Valmayor, se prolonga en los correspondientes rastrillos de hormigón de ambas laderas, mientras que en Guajaraz no existe en los rastrillos de las laderas y está sustituida por un tubo de control de filtraciones.

En Valmayor, la capa drenante de la pantalla asfáltica está cortada en sentido longitudinal cada 10 m por bandas impermeables y poder permitir así la localización de posibles filtraciones. Por su parte, en Guajaraz no existe este dispositivo al no existir tampoco capa drenante en la pantalla, que, en realidad, tiene confiado su drenaje al mismo cuerpo de la presa de escollera. Estimamos que ambas soluciones son válidas, ya que, sobre cimientos prácticamente indeformables, y este es el caso de los macizos graníticos de Valmayor y Guajaraz, la estanqueidad de la presa está confiada al no agrieta-

miento de la pantalla, y es claro que la compactación por vibración de la escollera, tanto en cada tongada como posteriormente según el paramento de agua arriba, proporciona en el paramento unas condiciones de deformabilidad bajo carga que garantizan plenamente el no agrietamiento de la misma, lo que ha podido comprobarse en la estanqueidad real conseguida con filtraciones del orden de 1 l/seg.

piedra de 70 a 80 cm de tamaño, sobre la que se extendía otra de regularización de grava de 8 a 100 mm, de 0,50 m de espesor, y en Guajaraz un manto de 3 m de ancho y un tamaño máximo de 40 cm.

Las consecuencias prácticas que se obtuvieron en la realización de estas capas de transición es que era mucho mejor el ejecutarlas simultáneamente con las del resto de la escollera, teniendo la precaución de llevar



Vertido y extendido de la escollera.

El proceso de ejecución de estas presas, como es natural, una vez establecidos los elementos de apoyo primarios de oficinas, talleres, almacenes, cantina, primeros caminos de acceso, etc., comenzó por la ejecución de las ataguías, simultáneamente con los desagües de fondo que iban a servir también como conducción de la desviación del río, y de las conducciones de toma que habrían de quedar cubiertas rápidamente por la escollera.

Naturalmente, también se hizo la necesaria limpieza del terreno vegetal y poco consistente para recibir la escollera. Esta limpieza se realizó de abajo arriba, al tiempo que se tuvo la precaución de que los correspondientes rastrillos de hormigón que habían de subir por las laderas fueran siempre bastante por delante de la cota de vertido de la escollera, en evitación de que pudieran frenar en algún momento el mismo. Las normas de excavación exigieron la limpieza de algunas bolsas de arena.

En cuanto a la transición de la escollera del cuerpo de presa a la superficie de apoyo de las correspondientes pantallas asfálticas, inicialmente en Valmayor, estaba proyectada una primera capa de 4 m de espesor, con

material más fino a estas zonas, ir haciendo un arreglo a mano en los puntos en que puedan existir ciertas diferencias con el plano teórico, hacer una posterior compactación del paramento, sin vibrar y, sobre todo, hacer una primera regularización con material asfáltico, como si fuera un bacheo, ya que la grava suelta se desplaza con facilidad al solo paso del personal.

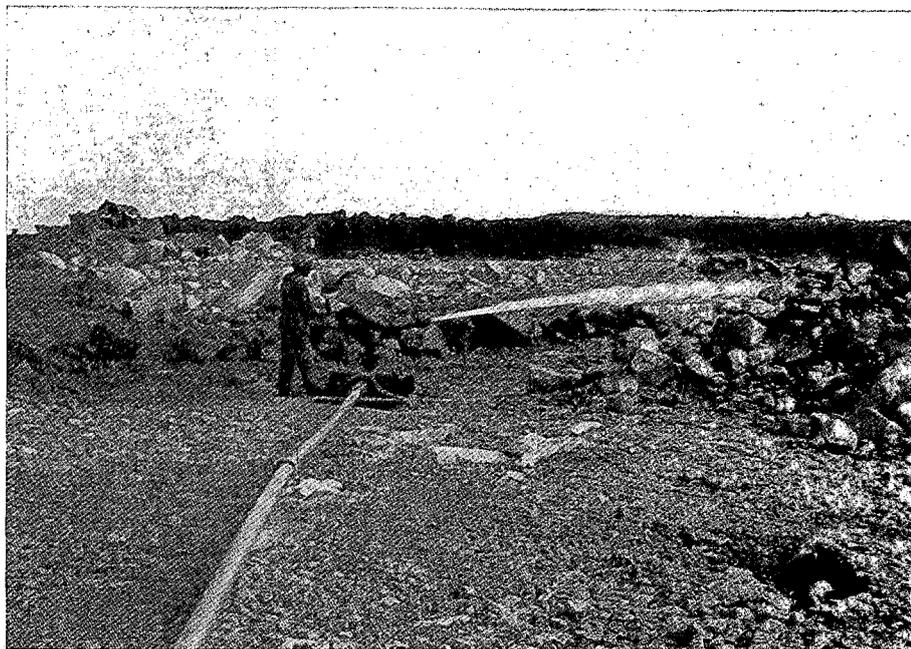
Desde luego, es recomendable ir llevando y comprobando que este plano de asiento de la pantalla se vaya ejecutando simultáneamente con el resto del cuerpo de la presa y que geométricamente quede lo más exacto posible en relación con lo proyectado, ya que, de lo contrario, luego se hace muy costoso el realizar arreglos importantes.

El centro de gravedad de la cantera de Valmayor estaba situado a unos 800 m del de la presa, y fue explotada en tres bancos de unos 15 m de altura. En cuanto a Guajaraz, se emplearon dos canteras situadas a una distancia media del orden de los 600 m una con un solo banco y la otra con dos, del orden de los 18 m de altura. El marco de tiro al que se llegó para obtener la debida fragmentación, evitando al máximo el taqueo, fue de 2,5 x 3 m con taladros de 3". Hay que tener

presente que en estas canteras el granito estaba bastante diaclasado.

El material volado en cantera se cargaba con excavadoras con orugas y cargadoras sobre neumáticos, ayudadas por bulldozers, en camiones de gran tonelaje que accedían a la presa a distintos niveles a través de una estudiada red de caminos, de forma que se pudiera

por regar con monitores delante de la tongada que iban vertiendo los volquetes de gran tonelaje, de forma que los finos que habían quedado en la superficie de la tongada anterior se metían en parte hacia abajo y quedaba más rugosa esta superficie de contacto entre las dos tongadas. Sin embargo, en Guajaraz no se hizo más que el citado riego necesario para evitar el polvo, y el



Riego de superficie inferior de una tongada de escollera.

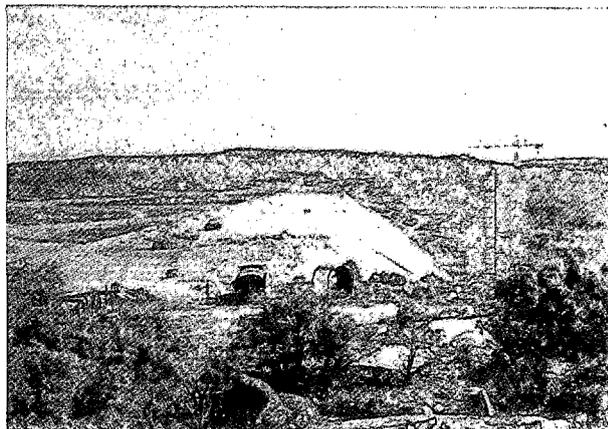
subir en tongadas a 1,30 m prácticamente horizontales y, como hemos dicho antes, a sección completa.

El material vertido por los camiones se extendía en capas del espesor citado, con un bulldozer. A lo largo de la ejecución se puso de manifiesto la necesidad de contar con una superficie de rodadura, para los compactadores vibrantes y los camiones, que tuviera una suficiente cantidad de elementos finos, aunque dentro de lo establecido en el pliego de condiciones. Todo esto para que los compactadores realizaran su trabajo sobre una superficie y no sobre esquinas y puntas de la escollera, que, de un lado, hacían mucho menos eficaz su acción al no transmitir debidamente la vibración, y, de otro, se averiaban rápidamente, como puede comprenderse. Al mismo tiempo, también se hace necesaria esta superficie para el tráfico de los camiones pesados.

Hace unos años, y antes de que se pusiera en práctica el empleo de los poderosos compactadores aquí usados, la compactación de la escollera se realizaba mediante el riego intensivo con agua, usando para ello los monitores. En la actualidad, y con una piedra de cantera de cierta calidad, como era nuestro caso, no creemos preciso más riego que el necesario para evitar el polvo. No obstante, en el caso de Valmayor, se optó

resultado ha sido igualmente aceptable, porque los asientos observados son comparables y del orden del 0,50 por 100 de la altura de la presa.

Hay que tener presente que, aunque en ambas presas se admitía un 20 por 100 de material inferior a 25 mm, en ningún caso se pasó del 14 por 100.



Presa de Valmayor en construcción.

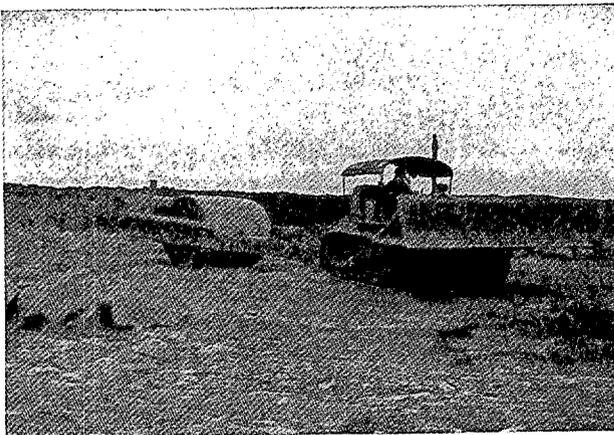
En cuanto al control de la densidad de la escollera compactada, se realizó a base de determinar topográficamente, con suficiente número de puntos, las superficies inferiores y superiores de las tongadas, al tiempo que se pesaban en báscula los correspondientes camiones, con lo que la determinación de la densidad era inmediata. Como puede verse en la relación de características incluida al principio, esta densidad fue de 2,10 a 2,13 Tm/m<sup>3</sup>, mientras que la mínima exigida era de 1,90, lo que da una idea de la efectividad del procedimiento de compactación.

Para el control de la compactación se exigía un mínimo de cuatro pasadas con rodillos vibrantes de 10,5 Tm, debiendo aumentarse este número hasta que los descensos obtenidos fueran inferiores a los 2 cm. Aunque se comprobó que con las cuatro pasadas se cumplía esta condición, normalmente se daban cinco o seis, si bien el descenso que se obtenía al final era fundamentalmente producido por la trituración local de las piedras que estaban en la superficie.

En Guajaraz la determinación del contenido en finos se realizó en cantera, pesando algunos de los camiones cargados, separando los finos con ayuda de una criba y pesando después el material que había pasado, haciéndose así un muestreo. Para el resto se hacía un control comparativo por el aspecto del contenido de los dumpers o de las zonas de material a cargar arrancado en cantera.

A nuestro entender, y dados los extraordinarios resultados de la compactación comprobados en estas presas, somos partidarios de que en el futuro sea aumentada la altura de la tongada de 1,30 m al orden de los 2,50 ó 3 m. Este punto de vista está avalado por el simple hecho de la observación de que la vibración de la escollera es muy perceptible a 15 ó 20 m del lugar donde está actuando el compactador vibratorio. En definitiva, y como todo en ingeniería, deben de hacerse pruebas en este sentido que puedan confirmar esta posibilidad.

Naturalmente, al realizar tongadas de más altura, se



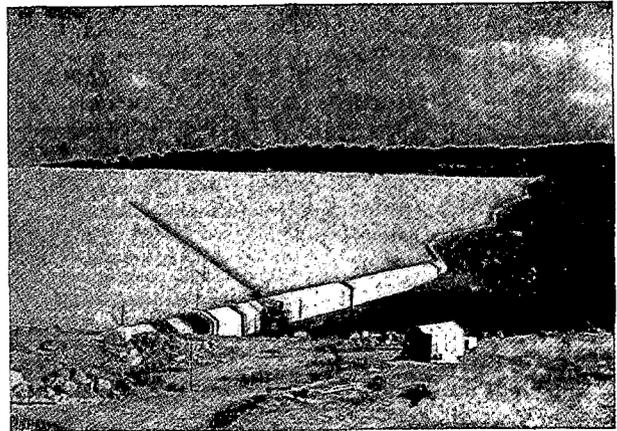
Compactación de la escollera.

podría utilizar también piedra de tamaño máximo mayor, con la consiguiente economía en la explotación de la cantera.

También hay que tener presente que con las piedras de estas canteras con densidad superior a 2,6 Tm/m<sup>3</sup>, y con las densidades alcanzadas de 2,1 Tm/m<sup>3</sup>, en la escollera resulta un porcentaje de huecos del orden del 24, lo que nos indica, a nuestra forma de ver, que se podría aumentar el porcentaje de finos de tamaño inferior a 1" por encima del 20 por 100 admitido, siempre que quedase distribuido de una manera algo uniforme, e incluso concentrando algo más estos finos en las zonas de agua arriba. Con ello podríamos obtener un mejor aprovechamiento del material procedente de las partes más descompuestas de las canteras, con la consiguiente economía.

A nuestro modo de ver, el proyecto de una presa de materiales sueltos debe tender lo más posible al aprovechamiento integral de los materiales de la cantera que existiendo en las cercanías de la presa sea utilizable para este propósito, al tiempo que se tienda a hacer una sola clase de relleno, como hemos expuesto antes, y su correspondiente pantalla de impermeabilización agua arriba.

En cuanto a estas pantallas, ya hemos indicado que en la actualidad vienen haciéndose de hormigón asfáltico, pero ya existen ejemplos, aun de relativamente poca entidad, en que se han empleado láminas de butilo o de otros tipos de impermeabilizantes.



Paramento agua arriba antes de la construcción de la pantalla.

En el caso concreto de las presas de Valmayor y Guajaraz las pantallas asfálticas están compuestas por las siguientes capas:

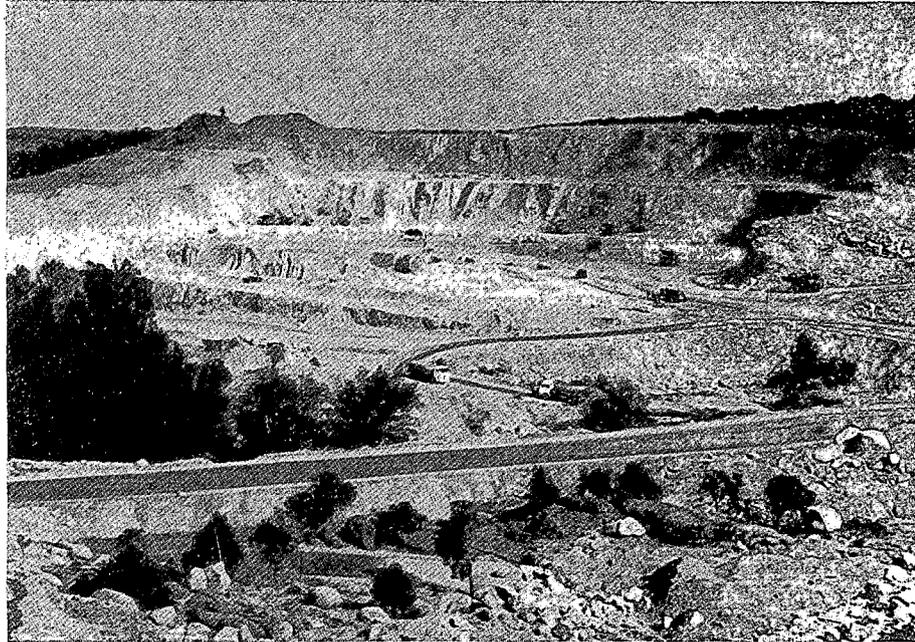
*Valmayor:*

Un riego de imprimación, una capa de regularización, una capa impermeable de 6 cm de espesor.

una capa de drenaje de 9 cm, dos capas impermeables de 7 y 6 cm, respectivamente, y un mastic de protección para preservar la capa impermeable de los rayos ultravioleta.

#### *Guajaraz:*

Un riego de imprimación, una capa de regularización de entre 3 y 8 cm de espesor, dos capas impermeables de 6 cm cada una y un mastic de protección.



Cantera de la presa de Valmayor.

La ejecución de las distintas capas de estas pantallas asfálticas se hace en la práctica de forma similar a como se realiza el hormigón asfáltico de una carretera, sin más diferencia que las distintas máquinas de alimentación, extendido y vibración, ruedan por una superficie inclinada y, por tanto, han de ir suspendidas de cabrestantes rodantes por la coronación, o por las correspondientes bermas proyectadas en el paramento

de agua arriba, si la presa tiene más de unos 60 m de altura.

Naturalmente, al hacer el encaje del plan de obra de una presa de estas características, hay que situar la ejecución de la pantalla asfáltica en el buen tiempo, en evitación de lluvias o heladas que impedirían la ejecución de las capas impermeables.

Para hacerse una idea de la velocidad con que pueden ejecutarse este tipo de presas, indicaremos que Guajaraz se ejecutó totalmente en un año, desde la iniciación de los trabajos preparatorios hasta el comienzo del embalse por cierre de los desagües de fondo, in-

cluida, naturalmente, la ejecución de la pantalla asfáltica. El vertido y compactación de los 431.000 m<sup>3</sup> de escollera se realizó en cinco meses, con puntas de 8.500 m<sup>3</sup> de escollera al día.

Por su parte, en Valmayor se han colocado los 2.030.000 m<sup>3</sup> de escollera compactada en siete meses, con puntas de 18.000 m<sup>3</sup> por día, que creemos es el "record" de España en este tipo de trabajos.