

tro ejemplo, la mezcla obtenida es 765 kg. y la relación 1 : 2,47 : 2,65 es lo mismo que 1 : 5,12. Por lo tanto, la disminución de rendimiento desaparece, y ello permite determinar con toda exactitud el consumo de materiales. Todas estas ventajas se conservan aunque el peso específico de los materiales varíe dentro de los límites normales para cemento y áridos, que no suelen oscilar en ± 3 por 100.

Al hacer, como antes, referencia a la mezcla, incluso agua, y suponer que se le añaden los mismos 60 litros, tendremos que la dosificación se expresará así: 125 : 310 : 330 : 60 = 1 : 2,47 : 2,65 : 0,48 en peso, o bien, cemento : áridos : agua = 1 : 5,12 : 0,48.

Si ahora suponemos los áridos húmedos (con un 3 por 100 la arena, y un 0,5 por 100 la gravilla) y que se pesan húmedos, la proporción varía, pues la arena

contiene $\frac{310 \times 3}{100} = 9,3$ kg. de agua y la gravilla,

$\frac{330 \times 0,5}{100} = 1,65$ kg. de agua y se llega al siguiente

te hormigón efectivo: cemento : arena seca : gravilla seca : agua total = 125 : 300,7 : 328,35 : 70,95 = 1 : 2,41 : 2,62 : 0,57 o sea 1 : 5,03 : 0,57 en peso. Esto quiere decir que la proporción en peso cemento : árido total no se ha modificado esencialmente (y tampoco lo hubiera sido para un 5 por 100 de humedad), pero que la relación agua-cemento sí ha variado en términos que no se pueden despreciar.

Para un peso de 2 400 kg./m.³ de hormigón fresco, tendríamos:

Hormigón número 1.

Material.	Proporción en peso.	Peso total.
Cemento	1	363 kg.
Arena	2,47	900 »
Gravilla	2,65	963 »
Agua	0,48	174 »
TOTAL	6,60 partes =	2 400 »

Hormigón número 2.

Material.	Proporción en peso.	Peso total.
Cemento	1	363 kg.
Arena	2,41	857 »
Gravilla	2,62	955 »
Agua	0,57	207 »
TOTAL	6,60	2 400 »

A estos hormigones corresponden las resistencias 302 y 252 kg./cm.² a veintiocho días, o sea, una variación del 19 por 100 de la menor.

Vemos, en resumen, que la dosificación volumétrica es peligrosa por la facilidad con que se producen variaciones de mucha importancia en la resistencia del hormigón, sin que haya medios seguros de corregirlas, pues aun contando con que se introduzca un factor de corrección para el entumecimiento de la arena según su humedad, esto es bastante engorroso y todavía quedan sin corregir las diferencias que pueda haber al medir el cemento.

La mayor influencia corresponde a los finos, arena y cemento, de manera que cuando sea muy complicado pesar los áridos gruesos, debe aplicarse, cuando menos a los finos, la dosificación en peso. Además tiene la ventaja de que la corrección de humedad se simplifica mucho, y, como hemos visto en el ejemplo, aunque no se haga más que de tarde en tarde, su influencia sólo alcanza a la relación agua : cemento, sin variar apenas los consumos unitarios de materiales.

Siempre que se trate de estructuras que precisen un hormigón cuyas cualidades deban ser conocidas de antemano y uniformes, debe prescribirse la dosificación en peso, ya que, como lo mejor es enemigo de lo bueno, ni la organización actual ni los medios de que se dispone en nuestro país para la construcción permiten, por el momento, hacer aplicación de este principio, con carácter general. Pero debía intentarse una modernización sincera y práctica de los actuales pliegos de condiciones, que no tienen ventajas ni para la Administración ni para el contratista.

R. LÓPEZ BOSCH.
Ingeniero de Caminos.

Ensanchamiento del puente de acceso a la Casa de Campo, sobre el río Manzanares, Madrid

En el número de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, correspondiente al 15 de agosto de 1934, hice una descripción justificativa del proyecto; estas líneas relatan la construcción que acaba de terminarse; por consiguiente, en aquel artículo están los propósitos, y en éste los resultados.

Comenzaré haciendo un resumen del proyecto. La ampliación consistía en conservar donde se encontraba la mitad aguas arriba del antiguo puente; trasladar la otra mitad aguas abajo, reconstruyéndola exactamente como estaba; intercalar entre las dos mitades de cada una de las antiguas pilas un apoyo aislado intermedio, y colocar un tablero de hormigón armado. El ancho útil del puente pasaba de 4,70 m. a 25,00 m., distri-

buidos en dos calzadas de 7,50 m., que se pavimentarían con loseta de asfalto comprimido de 4 cm. de espesor y dos aceras de 5,00 m. proyectadas con losetas de gres; entre las calzadas se disponía un refugio, bajo el que se situaba una galería visitable, cubierta con losas móviles, reservada a las canalizaciones. La solución elegida se consideró que era económica, conservaba las características del puente antiguo, separaba las diversas circulaciones y era apta para situar las canalizaciones o servicios interiormente, sin que su colocación o inspección exigiera levantar el pavimento.

Lo primero que se hizo fué ejecutar sondeos para conocer con exactitud los terrenos que habían de encontrarse; esta operación, en buena lógica, se debía



Fig. 1.ª — Construcción de pilas y bóvedas. A la izquierda, el frente de aguas abajo del puente antiguo, sin las boquillas de los arcos. Los sillares de las pilas están numerados para levantarlos y trasladarlos a su nuevo emplazamiento. En el centro, cuatro apoyos intermedios, el primero, unido al muro de encauzamiento; el segundo, con el encofrado para la superestructura; el tercero, hincado el cajón, y el cuarto, preparado el cajón para la hínca. A la derecha, construcción del nuevo frente de aguas abajo con los sillares del antiguo.

haber practicado al estudiar el proyecto, pero no se hizo así por causas independientes de mi voluntad y de razones técnicas.

Los sondeos comprobaron las referencias que se tenían: debajo de una capa de acarreo se encontraron bancos potentísimos de arcilla, casi superficiales, del lado de la Casa de Campo y a seis metros de profundidad por el lado opuesto, con la particularidad de que la superficie del terreno resistente no variaba de una manera gradual, sino que descendía bruscamente hacia el centro del cauce, por lo que parece deducirse que el antiguo lecho del Manzanares no coincidía con el actual, sino que se hallaba situado más próximo a Madrid; contribuye también a este supuesto el hecho de haberse encontrado, al derribar los muros de encauzamiento, que el puente antiguo tenía dos arcos más de los que aparecían a la vista.

La cimentación se ha hecho hincando cajones de hormigón armado hasta llegar a la capa de arcilla y rellenado luego el interior con hormigón.

La importancia de los agotamientos no podía preverse exactamente; además, supuse que al agotar en el interior el agua que entrase por debajo de los bordes inferiores, podía arrastrar tierras, y por tanto, el volumen que habría que excavar podía ser muy supe-

rior al ocupado por el cajón; por estas razones me pareció lo más justo que los agotamientos y la hínca se abonaran al contratista, por su coste, con cargo a una partida existente en presupuesto para este fin. Esta previsión fué acertada, pues en la capa de acarreo se encontraba arena de finura extraordinaria, sólo comparable a la que se encuentra en dunas, la cual, por sifonamiento, penetraba en grandes cantidades, sobre todo cuando la presión del agua pasaba de los dos metros; no puedo precisar el volumen exacto excavado, porque parte de esta arena era aspirada por las bombas, pero desde luego fué muy superior al volumen desplazado por el cajón, ya que la cantidad de arenas extraídas con cubos fué en algún caso superior a siete veces dicho volumen.

Los cajones tenían bastante peso, de modo que entraron fácilmente, pero los correspondientes al centro del cauce encontraban la capa de arcilla donde presenta la mayor inclinación (en 2,00 m. de longitud, hasta 2,50 m. de desnivel); estando un borde apoyado en la arcilla, se encontraba bajo el opuesto la arena finísima a que he hecho referencia, por lo cual el cajón tendía a girar alrededor del borde que descansaba en la arcilla; con objeto de evitarlo, se excavó a lo largo de este borde, mientras se guiaba el cajón por medio de vigas de madera. De este modo se consiguió que prosiguiera

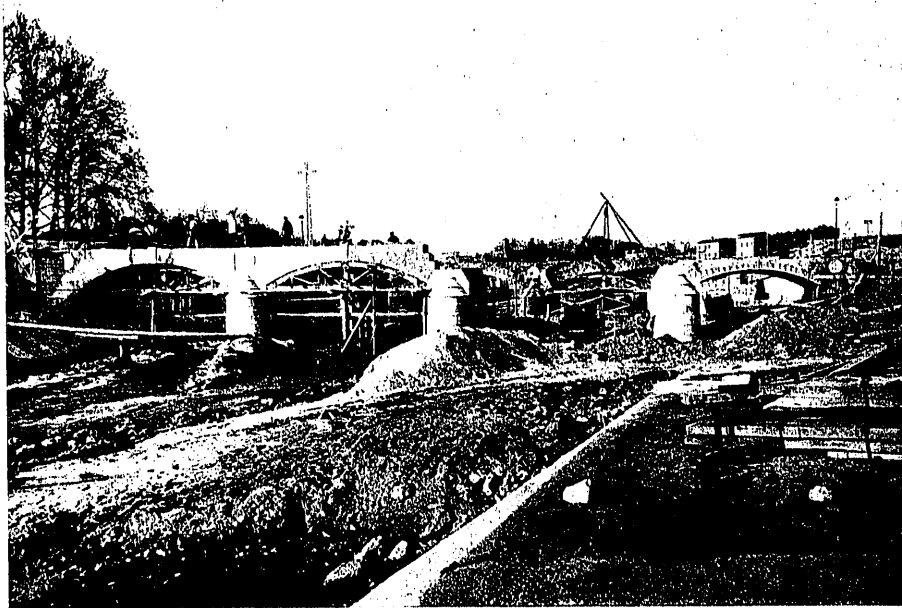


Fig. 2.ª — Construcción de pilas y bóvedas. En primer término, el nuevo frente de aguas abajo con los dos arcos de la izquierda ya trasladados. En segundo término, la boquilla del arco de la derecha del frente primitivo, cuyas dovelas ya están numeradas para su traslado.

la hinca verticalmente, hasta que todo el borde quedó bien apoyado en la capa de arcilla.

Al hacer los sondeos se puso de manifiesto la insuficiente cimentación de parte del puente antiguo que se pensaba conservar: consistía en pilotes de madera enlazados en la parte superior por un emparrillado, también de madera, sobre el que se apoyaba la fábrica. Las cabezas de los pilotes y el emparrillado se hallaban podridos, y la fábrica había sufrido asientos; se pusieron testigos, se tomaron referencias y se pudo comprobar que con la circulación continuaban aumentando.

Por esta causa decidió el Ayuntamiento rehacer la cimentación que se hallaba en malas condiciones, construyéndola como en la parte ampliada. Esto fué objeto de un proyecto adicional, en que se incluyó, además, la pavimentación de los accesos y una modificación en los muros de encauzamiento del Manzanares, a fin de acordar gradualmente la sección normal del cauce con la del puente.

Antes de desmontar los sillares del puente antiguo, fueron numerados, con objeto de colocarlos después del mismo modo en que se encontraban, y además se sacaron fotografías para que no pudiera haber duda de cómo estaban situados y cómo se había hecho la numeración (fig. 1.^a). Los sillares se volvieron a colocar perfectamente, por lo cual los frentes actuales quedan, no como estaban de antiguo, sino como debían haber estado.

El resto de la construcción se ha desarrollado como se proyectó; las únicas variaciones han sido las siguientes:

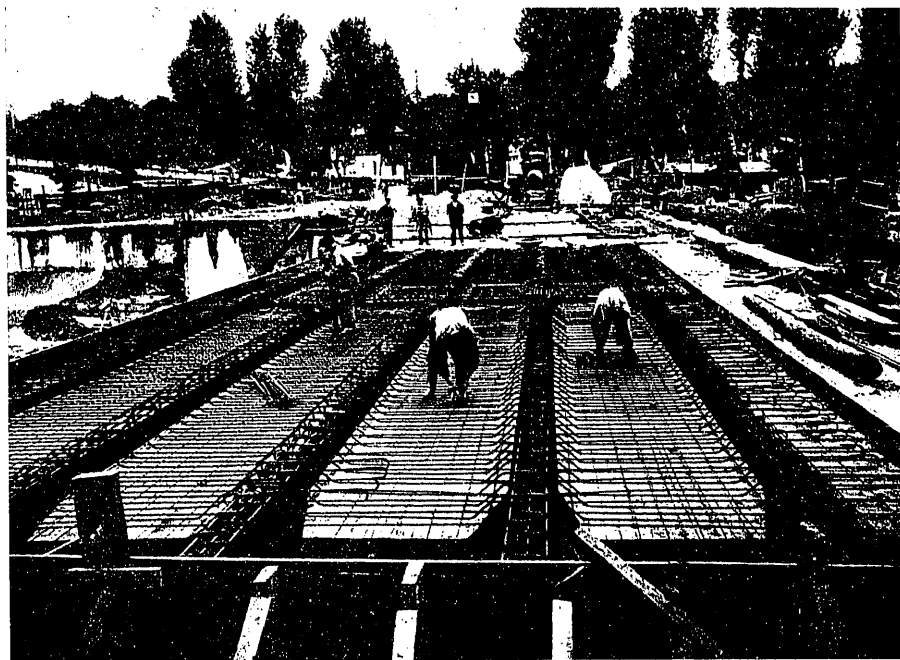


Fig. 3.ª — Encofrado y armaduras del tablero.

El pavimento de las aceras se ha construido con loseta de asfalto comprimido de 2 cm. de espesor, en lugar de con losetas de gres, porque no se dispuso de estas últimas en el momento oportuno; se decidió colocar sobre el puente dos tuberías para gas, no previstas en el proyecto, y como por el peligro de que se formen mezclas detonantes no deben situarse estas conducciones en galería visitable, se las dispuso bajo las aceras, rodeadas de arena; la galería visitable central da paso a las conducciones de aguas y electricidad, y en lugar de ser cubierta con losas móviles se han construido dos registros de acceso en los extremos.

Las fotografías que acompañan este artículo dan idea de la obra. En ellas puede verse (fig. 4.^a) que quedan completamente al descubierto las pilas estribos, antes parcialmente ocultas por el talud del encauzamiento, y que se han suprimido los rastrillos de hormigón colocados alrededor de las pilas antiguas en época reciente, sin duda porque ya se apreció la deficiente cimentación de las mismas. Es indudable que el lecho del río en este punto ha descendido recientemente, pues la parte inferior de la fábrica de las antiguas pilas se hallaba más alta que el cauce, por lo cual ha habido que colocar en las basas de las nuevas pilas cinco hiladas de sillería, en lugar de tres que tenía el puente antiguo. Es probable que al descenso del lecho haya contribuido la construcción aguas arriba de la presa de Santillana por disminuir la cantidad de acarreo que arrastraba el Manzanares y predominar entonces el efecto de la erosión sobre el depósito de aquéllos. Lo cierto es que en algunas épocas podía



Fig. 4.ª — El frente de aguas abajo, trasladado.

quedar en seco la madera de la parte superior del ciemiento, y sin duda para protegerla de las socavaciones y alternativas de sequedad y humedad se construyeron los referidos rastrillos, que sobresalían unos 50 cm. del lecho del cauce y abrazaban el arranque de la fábrica.

En mi concepto ha sido muy acertado que las pilas no tengan todo el ancho del puente; se ha conseguido con ello mejor aspecto y notable economía en la cimentación. Creo que este mismo sistema es muy adecuado

para ensanchamientos de puentes, ya que permite conservar los frentes antiguos y utilizar los métodos de construcción modernos.

Como dije en el artículo publicado en el número de 15 de agosto de 1934, las obras fueran adjudicadas a "Cubiertas y Tejados, S. A.", cuyo personal ha llevado a cabo toda la construcción con gran competencia y el espíritu de colaboración que debe siempre existir para el mejor éxito de los trabajos.

José María CANO RODRÍGUEZ,
Ingeniero de Caminos.

La fabricación de gravillas para riegos asfálticos

Un problema en vías de solución

Las gravillas que se emplean en los riegos asfálticos que se realizan en las carreteras influyen extraordinariamente en la calidad y duración de los firmes. El asegurar una buena calidad de gravillas equivale a asegurar un buen firme y por ello los ingenieros que tenemos a nuestro cargo la conservación de grandes carreteras hemos tenido que dedicar especial atención al problema que nos ocupa.

En aquellos sitios en que existen buenas gravillas naturales, limpias de elementos extraños y muy especialmente de arcillas y légamos, no existe problema alguno. Mas en aquéllos en que las gravillas naturales, aun siendo buenas, requieren repetidos lavados para eliminar las sustancias arcillosas (tan perjudiciales a los productos asfálticos, que puede decirse que *la arcilla es al asfalto como el yeso es al cemento*), es necesario recurrir a la fabricación de gravillas como único medio de asegurar la duración de los firmes asfálticos.

En general suele ocurrir que en los sitios en que escasean o faltan las gravillas naturales, existen rocas especialmente aptas para la fabricación de las artificiales; en estos casos lo que parecía un grave inconveniente se traduce, por necesidad, en una gran ventaja, ya que las gravillas artificiales resultan inmejorables por ser absolutamente limpias, sin arcilla alguna (prescindimos de las gravillas fabricadas con rocas graníticas, cuyo empleo no aconsejamos) y más fácilmente incrustables en la masa asfáltica. Además, las gravillas artificiales, por su forma especial algo alargada, resultan un poco quebradizas y al efectuar las consolidaciones se parten y rellenan los huecos sin llegar a disgregarse por aplastamiento.

A nuestro juicio son las gravillas ideales para los riegos asfálticos, siempre que procedan de rocas adecuadas, y para ello vamos a entrar de lleno en el problema de su fabricación. Veamos cómo se ha empezado a resolverlo en algunas carreteras incluídas en el Circuito Nacional de Firmes Especiales, y principalmente en algunas zonas de la carretera de Madrid a Portugal, por Badajoz, en las que no existen buenas gravillas naturales.

Tres aspectos principales tiene el problema de la fabricación de gravillas, a saber: Primero, la elección de canteras y emplazamiento de las instalaciones; segundo, la adquisición de la maquinaria, y tercero, la adopción de mecanismos especiales para asegurar la duración en buen estado de las instalaciones.

En el primer aspecto no surgieron dificultades. En todas las zonas de referencia existen rocas porfídicas y cuarcitas de inmejorable calidad y en abundancia, de modo que se procuró establecer las instalaciones en sitios estratégicos cercanos a los albergues de maquinaria para asegurar la vigilancia de las máquinas por personal competente.

Para lograr fácilmente la adquisición de la maquinaria se redactaron proyectos de "Adquisición de gravilla" en cantidades que oscilaban entre 1 500 y 2 500 metros cúbicos, imponiendo como condición esencial en el pliego de condiciones facultativas el que la contrata estaba obligada a dejar de propiedad del Estado la instalación completa que emplease en la fabricación de la gravilla.

Esta instalación se había de componer de los siguientes elementos:

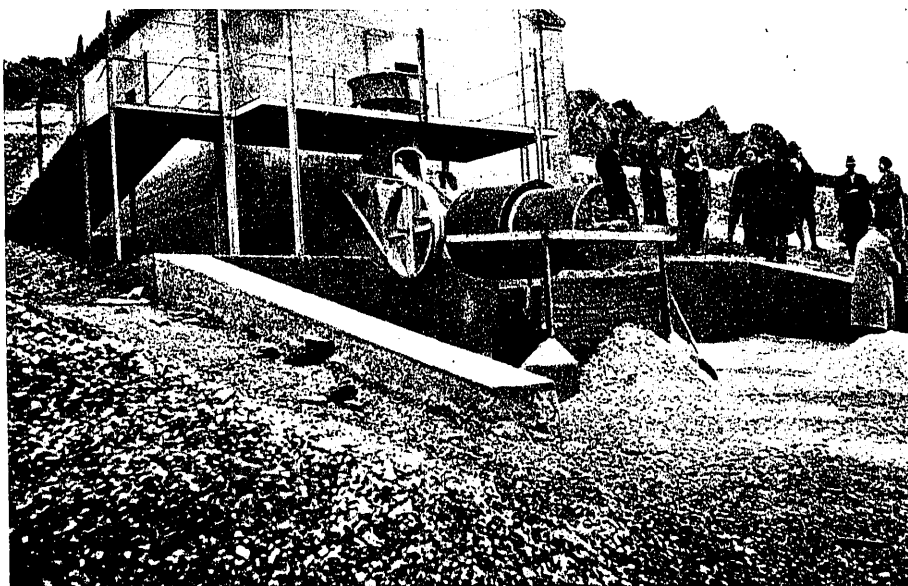


Fig. 1.ª — Instalación para la fabricación de gravillas en el puerto de Miravete.