“Puente sobre el Guadalcotón”

J.V. y L.M.

Revista de Obras Públicas vol.22, nº13, julio de 1874, pp. 151-156

PUENTE SOBRE EL GUADALCOTON.

Este puente, hoy en construccion, es la obra más importante de la carretera de Alcaudete á Granada en la seccion de Alcaudete á Alcalá la Real.

El rio Guadalcoton, sobre el cual se halla establecida, tiene su orígen al pié de Alcalá la Real, situada en la divisoria del Genil y del Guadalquivir, atraviesa, formando una porcion de ondulaciones, un terreno sumamente accidentado surcado por un gran número de torrentes, que descendiendo de las elevadas sierras contiguas, se le unen por ambas márgenes. Los principales, respecto á la zona que atraviesa la carretera, son: á la derecha el de Chiclana, que desciende de la sierra de Eguillos, la más elevada de todas las de Cuenca; y á la izquierda los arroyos de la Parra y de Chopos, que bajan de la de San Pedro.

Sus laderas, ademas de presentar el inconveniente de estar surcadas por gran número de corrientes y tener una pendiente trasversal que no baja del 25 por 100 y se eleva hasta el 60 y 70, ofrecen poca estabilidad por estar compuestas de una serie de rocas yesosas y arcillosas, que se prestan fácilmente á las degradaciones y resbalamientos.

El desarrollo del rio es de unos 20 kilómetros á contar desde el orígen hasta el punto de emplazamiento de la obra.

El que se ha elegido permite ascender con una pendiente conveniente, al portillo del Cerrajon, punto obligado del trazado, situado en la divisoria de los barrancos Carrizal y Parras. Satisface tambien á la condicion de presentar regular terreno para las fundaciones, y no obliga á atravesar el barranco de los Chopos, circunstancia muy atendible, porque á la obra necesaria para dar paso á las grandes avenidas de este torrente, hubiera sido preciso darle mucho desagüe y bastante altura, ademas de otros inconvenientes que se hubieran presentado.

El mejor emplazamiento para el puente está indudablemente aguas arriba de su confluencia con el arroyo Chiclana, donde sólo hubiera necesitado un arco de unos 20 metros de luz; pero hubiera habido que construir otro de unos 15 sobre el arroyo, que tiene grandes avenidas aunque de corta duracion, y defender la carretera de las aguas del rio con un muro de sostenimiento, de unos 80 metros de longitud; de suerte que estas obras hubieran compensado con exceso la economía obtenida en el puente sobre el Guadalcoton.

El punto elegido satisface ademas á las dos condiciones siguientes: estar el rio bastante encauzado, y en direccion normal á la alineacion con que se corta.

Respecto al desagüe, siendo, segun parece, la altura de avenidas 3,50 metros cuando se reunen las aguas del rio con las del arroyo Chiclana, como hubiera sido muy costoso el elevar la rasante, por los grandes terraplenes que hubiera exigido, y tratándose de alterar lo ménos posible el régimen del rio, está justificada la disposicion de tres arcos rebajados al $^1/_5$ de 15 metros de luz, con la línea de arranques á 4 metros de altura, es decir, 0,50 sobre el nivel de máximas aguas, proponiéndose ademas en el proyecto el arreglo del cauce 50 metros aguas arriba y aguas abajo del puente.

Tiene, pues, la obra tres arcos rebajados al $^1/_5$ de 15 metros de luz, con frentes de sillería, bóveda de ladrillo y tímpanos del mismo material. El espesor de la clave en los frentes es de 0,30 y el de la bóveda 1,02, ó sea el espesor correspondiente á 3 ladrillos colocados á tizon y uno á soga.

El presupuesto de esta obra asciende á la cantidad de 155.164,61 pesetas; pero la premura con que fué preciso hacer el proyecto de la carretera impidió el practicar sondeos, y se creyó, por el reconocimiento exterior del terreno, que las fundaciones de los estribos serian fáciles; que en el de la márgen derecha no se habria de agotar, y se encontraria roca ó arcilla fuerte á poca profundidad, y en consecuencia se proponia para fundaciones de pilas y estribos un macizo de hormigon hidráulico de 2 metros de espesor. Ha sido, sin embargo, preciso aumentar este espesor hasta 4 metros.

Se empezaron las obras del puente construyendo los muros de acompañamiento y estribo de la márgen derecha, no pasando á cimentar la pila inmediata hasta haber terminado la fundacion del estribo.

Replanteado el estribo, se dió principio á la excavacion del cimiento, y los productos se fueron depositando longitudinalmente al rio, constituyéndose de esta manera un malecon de defensa. Creíase que no se habia de agotar, pero al metro y medio, próximamente, de profundidad se presen-

taron filtraciones, y por lo tanto, hubo que combinar los trabajos de excavacion con los de agotamientos. Careciendo al principio de bombas para facilitarlos, se procuraba reunir las aguas en uno de los ángulos de donde, con cubos elevados por medio de cuerdas y poleas, se hacia la extraccion del agua, procurando, como se consiguió, con una buena organizacion en los trabajos suplir lo imperfecto de los medios disponibles.

Las filtraciones llegaron á ser de tal consideracion, que hubo necesidad de acudir al empleo de bombas. Se colocaron éstas convenientemente para que funcionáran sin estorbarse los encargados de manejarlas; cada una tenia su correspondiente tubo de aspiracion colocado en un depósito, canales de madera recibian el agua de las bombas y la vertian en regueras que terminaban en el rio. Para colocar las bombas, bastaba hacer una pequeña explanacion al borde de la excavacion y colocar en ella una plataforma de tablones, adonde se sujetaban convenientemente.

Los operarios destinados á su servicio estaban divididos por relevos, teniendo cuatro cada bomba, dos que trabajaban durante el dia, por intervalos de dos en dos horas, y otros dos que trabajaban por la noche, relevándose del mismo modo. Cada semana turnaban los que trabajaban de noche con los que lo hacian de dia, repartiéndose por este medio el trabajo lo más igualmente posible.

A pesar de la buena disposicion de los trabajos, tanto cuando en el agotamiento se emplearon cubos, como durante el tiempo en que las bombas estuvieron funcionando, el agua dominó la excavacion diferentes veces, sin que tales accidentes fuesen motivados por falta de vigilancia y direccion. Unicamente pueden atribuirse estos accidentes al mal estado de las bombas y al defectuoso sistema de válvulas que en su principio tenian, y de que más adelante se tratará. Llegó el caso de inutilizarse tres de las cinco que funcionaban; ademas, el efecto que producian era muy pequeño, y esto motivó el ensanche de la excavacion del estribo y construir escalones para subdividir la altura á que habia de elevarse el agua; se colocaron dos bombas en un escalon y tres en la parte superior de la excavacion: las primeras vertian el agua en depósitos de donde se tomaban por las superiores para conducirlas al rio. De esta manera se logró que las bombas funcionáran satisfactoriamente.

Las innundaciones en las zanjas, de que hemos hablado, ocasionaban grandes desprendimientos en los taludes de la excavacion, á pesar de las entibaciones que para consolidarlas se hicieron con la debida oportunidad.

El lado de la excavacion paralelo al rio, y el más próximo á este, juntamente con el normal de aguas arriba, era donde los desprendimientos se repetian con más frecuencia; los otros dos costados eran más resistentes, y sobre ellos se apoyó el acodalamiento, el cual sujetaba el terreno de los costados opuestos, por un revestimiento de tablones.

La naturaleza del de las excavaciones varió de la manera siguiente: primero se presentó un conglomerado de cantos rodados con ganga arcillosa; esta capa desapareció ántes de llegar á la línea de enrase para el zócalo, apareciendo un terreno gredoso hasta una nueva capa análoga á la primera, pero que comprendia sólo la mitad de la excavacion, lo que obligó á escalonar ésta; pero al rebajar el terreno se descubrió la exigua potencia de la indicada capa, resolviéndose el desmontarla toda; se siguió excavando el terreno gredoso hasta una capa yesosa, la que, profundizada, dejó descubierta una de arcilla dura, de lo que era indicio. Sobre ésta se halla establecida la fundacion del estribo, consistente en un macizo de hormigon hidráulico de 4,50 metros de profundidad, sobre el cual insiste la sillería del zócalo.

El hormigon se fabricaba sobre un tablero de unos dos metros cuadrados, echando en él piedra machacada, mortero y cemento: puede decirse que la primera capa no contenia apénas mortero de cal grasa, el cual fué aumentando hasta llegarse á formar una mezcla de partes iguales de cemento y mortero comun.

El agua necesaria se echaba poco á poco, á fin de que el fraguado no se verificase inmediatamente, sino que diera lugar á que el hormigon se pudiera extender en la excavacion. En ella se sentaba con pisones de madera, sin golpear ni comprimir fuertemente. La extension se verificó por capas de 0,20 á 0,30 de espesor, cuidando de que el agua no se elevára más alta que el lecho de cada capa, á fin de que, cuando se encontráran sumergidas tuviera el hormigon alguna consistencia. El

amasado lo hacian cuatro operarios colocados sobre el tablero, provistos de palas inglesas con las cuales removian el pequeño monton de la mezcla, dejándola pronto bien batida. Este sistema daba mejores resultados que empleando la legona ó batidera, que extiende demasiado y que no debe emplearse tratándose de manipular el hormigon. Á la plataforma se sustituyó un cajon para evitar que se desparramára la mezcla, áun empleando palas en su manipulacion, pues es un tiempo perdido el recogerla y apilarla despues de batida.

Cuando se empezaron los trabajos en la pila de la márgen derecha con toda la actividad necesaria, principiaron tambien en ella los agotamientos. Los productos de la excavacion de esta pila y los que todavía se hallaban á la inmediacion del estribo procedentes de éste, se depositaron juntos formando un pequeño dique que tenía por objeto desviar el rio hácia el estribo construido y defender la excavacion que principiaba á ejecutarse. El agua ha sido abundantísima en esta pila, por ser la más céntrica del primitivo cauce del rio y por la naturaleza del terreno de acarreo en su mayor parte. Constantemente han actuado cuatro bombas, y algunas veces las cinco de que podia disponerse. Éstas se hallaban dispuestas unas á continuacion de otras en el costado izquierdo de la excavacion; vertian el agua en canales de madera que se ponian en comunicacion con otras cuatro de ladrillo revocado con cemento, atravesando el terreno que media entre la pila de que nos ocupamos y la siguiente.

Los trabajos de agotamiento han seguido sin interrupcion dia y noche con la misma organizacion ya descrita al hablar del estribo, y que se empleó despues en la pila de la márgen izquierda. La excavacion tan sólo se adelantaba de dia.

Desde un principio se comprendió que á la citada excavacion se le habian de dar crecidas dimensiones por la mala calidad del terreno. Con taludes uniformes, muy tendidos, se llegó hasta la profundidad de 5,50 metros; á esta profundidad se habia de empezar la construccion del cimiento, pero una repentina crecida del rio y arroyo inmediato, de cuya confluencia con aquél hemos hablado ántes, rompió el dique de defensa y arrojó las tierras que le constituian, juntamente con los arrastres, á la excavacion practicada, terraplenando ésta hasta el punto de enterrar el martinete que se hallaba dispuesto para la hinca de pilotes y las mangas de las cinco bombas que actuaban en el agotamiento: el trastorno producido por semejante accidente fortuito inutilizó por el momento los medios auxiliares y paralizó, aunque por corto tiempo, los trabajos. Con la anticipacion debida se tuvo en cuenta el constante peligro que ofrecia siempre el arroyo Chiclana, pues para evitarlo se construyó el dique frente á su desembocadura. Habiendo venido á demostrar este accidente la insuficiencia de esta obra de tierra, se construyeron las de defensa que á continuacion describimos, las cuales han resistido posteriormente los embates del agua en diferentes avenidas.

Estas obras de defensa consisten en una fuerte estacada de maderas rollizas de 2,50 metros de longitud y un diámetro medio de 0,12, hincadas en el terreno, en el mismo sitio en que se hallaba el dique mencionado, formando dos líneas paralelas que rodean por la parte por donde corre el rio la excavacion de la pila; se han hincado dejando al descubierto un metro sobre el cauce, y en esta parte se ha hecho un tejido de ramaje grueso por ambos lados, viniendo á formar de esta manera dos paredes resistentes. El espacio comprendido entre ellas se ha rellenado con arcilla apisonada, constituyendo todo el conjunto un fuerte malecon impermeable. Detras de él se han depositado los productos de la excavacion que de nuevo se han practicado en la pila, reforzándolo en toda su longitud y sobre todo en la cabeza de aguas arriba, donde con anterioridad habian ocurrido los rompimientos.

Teniendo que hacerse las excavaciones necesarias para desenterrar las mangas de las bombas y los tablones del andamio del martinete no pudieron proseguirse los taludes de los costados tan regularmente como ántes y hubo que consolidarlos para evitar los desprendimientos que empezaban á iniciarse. Á este fin se escalonaron, reforzando los escalones por medio de estacas hincadas en el terreno, formando en la parte saliente un tejido de ramaje. Por este medio se ha obtenido buen resultado. Como en el estribo de que ya hemos tratado, un macizo de hormigon de 4,50 metros llena el espacio que media entre el fondo de la excavacion y el plano de enrase para el zócalo; pero como quiera que el terreno, áun cuando resistente á la presion, por ser un conglomerado duro,

pudiera ser socavado, se ha prevenido esta eventualidad rodeando el cimiento con un recinto de pilotes y tablestacas, entrando los primeros cuatro metros por bajo del fondo de la excavacion, y los segundos tres, lo cual hace presumir no ocurrirán los incidentes, que en otro caso sobrevendrian en no lejano tiempo. Los pilotes tienen cinco metros de longitud por un diámetro medio de 0,25, las tablestacas que llenan los espacios comprendidos entre cada dos pilotes tienen 0,25 por 0,10 de escuadra y 4 metros de longitud. La hinca de los pilotes se ha verificado por medio de un martinete provisto de un escape de tenaza, elevándose la maza con un torno de fundicion.

Como quiera que este martinete en nada difiere de los que acostumbran á emplearse en operaciones análogas, prescindirémos de dar acerca de él detalle alguno. Cada pilote iba provisto de un azuche de hierro forjado, de peso de 12 kilógramos, y en su cabeza un collar ó cincho del mismo material, para evitar se abra á los golpes de la maza. Dos anillas de hierro, colocadas á rosca en los costados del pilote, y en su parte superior, recibian los ganchos de las trócolas inferiores de dos polipastos fijos á puntos invariables del terreno, con objeto de guiar el pilote durante su hinca. Una vez colocados los pilotes, formando el rectángulo de recinto, se enceparon, dejando entre los cepos un intervalo de 0,10 metros para el paso de las tablestacas. Estas entraban á golpe de maza, terminando su hinca con el martinete, cuya maza se dejaba caer de pequeñas alturas. Las tablestacas, para su mejor union y fácil entrada, estaban aguzadas en un lado de su extremo inferior, reforzando esta punta con una cantonera de hierro; con esta disposicion se conseguia que, encontrando ménos dificultad á penetrar en el terreno por un costado que por otro, se inclinasen desde los primeros golpes hácia las ya hincadas, quedando así todas intimamente unidas al tope.

Vemos, pues, que no se ha adoptado ningun sistema de union que dificulta la hinca, como la de ranura y lengüeta, etc., y, sin embargo, se logró formar un recinto casi impermeable.

La hinca, de pilotes y tablestacas se hacia por siete operarios; cuatro destinados á mover el torno, verificando el ascenso de la maza, dos (uno por cada lado) guiaban el pilote, aflojando ó estirando las cuerdas de los polipastos, y uno ocupado en desengranar el pequeño piñon del torno para hacer más rápido el descenso de la tenaza cuando ésta ha de bajar á coger la maza, despues de haber dado el golpe. El desengranar tiene ademas el objeto de que al soltar cuerda con rapidez no giren las cigüeñas del torno, lo que pudiera lastimar á los operarios.

El hormigon empleado para la fundacion de la pila de que venimos ocupándonos se ha hecho de cemento y arena, en partes iguales en volúmen, siendo la piedra empleada de un tamaño conveniente. El cemento ha sido el que fabrica el contratista de las obras, cuyas propiedades, fabricacion y demas circunstancias describimos en otro artículo inserto en los números 2, 3 y 4 de la Revista de este año.

Con el macizo de hormigon de cuatro metros se llegó al plano de enrase para el zócalo, y replanteada la pila, se comenzó á sentar sillería elevándola hasta la altura de la hilada de imposta, en cinco dias. La altura de la pila hasta la citada imposta es de 3,50 metros.

La elevacion de los sillares á la obra se verifica por medio de un plano inclinado, formado con largueros y tablones, y que, apoyándose por un lado en caballeros procedentes de la excavacion de la otra pila, termina en los sillares colocados ya. Este plano se va inclinando, como es natural, cada vez más, aproximándose á la vertical, á medida que aumenta el número de hiladas de la pila, de suerte que cuando se sienta la inmediata á la de imposta tiene el plano una pendiente fuerte, pero á pesar de esto se suben con facilidad los sillares, valiéndose de rodillos y palancas; ademas, para evitar una caida, se toma la precaucion de sostenerlos con una fuerte maroma, cuyos extremos mantienen operarios colocados en la parte superior, es decir, en el plano á que ha de elevarse el sillar. Los sillares se colocan en obra definitivamente, calzándolos con pequeños tacos de plomo que dejan entre una y otra hilada una junta de 0,003. Cuando se ha terminado la colocacion de todas las piedras correspondientes á una hilada, se tapan por el exterior todas las juntas, y las que se ofrecen por el interior, rellenando despues los huecos que quedan entre los sillares por medio de lechadas de cemento y arena fina en partes iguales; de esta

manera quedan las piedras perfectamente sentadas, insistiendo en todos sus puntos, pues hemos visto levantar un sillar al poco tiempo de haberse echado la lechada, y la capa interpuesta entre el lecho y el sobrelecho, aunque algo destruida á consecuencia del levantamiento, presentaba moldeado el lecho del sillar. Las cuñas puede decirse que responden á una necesidad imprescindible, tratándose del asiento de sillería por el sistema que acabamos de describir, y nunca ofrecen los inconvenientes que presentarian si en vez de ser de plomo fueran de otra sustancia cualquiera, pues la poca elasticidad de aquél las hace ceder con el sillar que sostienen cuando se verifica el asiento general. Ademas, por ser quebradiza la piedra empleada, es necesario proceder de la manera indicada para evitar salten las aristas.

Cuanto llevamos dicho hasta aquí de los trabajos ejecutados en los dos apoyos de la márgen derecha, nos releva de ocuparnos de los otros dos, cuyos trabajos siguen en curso análogo y se desarrollan por igual sistema. El terreno de la pila de la márgen izquierda es socavable, pues se compone de arena mezclada con cantos rodados; por este motivo se construye un recinto de pilotes y tablestacas como el de la pila de la márgen derecha, operacion que se estaba verificando en la época en que abandonamos las obras.

Réstanos, para terminar esta descripcion de los trabajos examinados, dar una idea de las modificaciones llevadas á cabo en las bombas, por medio de las cuales funcionan con toda la regularidad deseable. Consiste una de éstas en la sustitucion de las válvulas inferiores de los cuerpos de bomba por otras de una forma mucho más adecuada para cerrar, con la debida prontitud, la comunicacion que alternativamente se establece con el tubo aspirante. Los émbolos tambien se han reformado, consiguiendo ajusten perfectamente en los citados cuerpos de bomba.

Las válvulas antiguas consistian en rejillas de fundicion, de forma de un cono truncado, unido á los cuerpos de bomba por su base mayor, unos cueros adaptados á ellas y que eran sectores del círculo, de radio igual á la generatriz del cono, establecian alternativamente la comunicacion. Estaban dispuestos solapándose y quedando unidos á la rejilla por un tornillo que entra á la cabeza en su parte inferior. Se comprende que al ascender el émbolo, los cueros se aproximarian al eje del caño y daria paso al agua, al contrario, cuando descendiera, recobraria el cuero su primitiva posicion, adaptándose á la rejilla y cerrando el paso al agua; en efecto, así sucedia en los primeros dias, pero luégo que el cuero se ponia flexible por el agua, lo cual sucede muy pronto, en vez de extenderse, adaptándose á la rejilla é interceptando la comunicacion, se doblaba sobre ella de una manera cualquiera, dando lugar á escapes que hacian disminuir considerablemente el efecto de las bombas.

Por este motivo se construyeron en los talleres que el contratista tiene en Alcaudete, las válvulas que hoy funcionan y que vamos á describir.

La válvula es una placa circular con una roldana de cuero; puede ascender ó descender segun ascienda ó descienda el émbolo, estableciendo ó interrumpiendo la comunicacion con el tubo aspirante. Se apoya sobre una corona circular fija al cuerpo de bomba; para guiar el movimiento, llevan normalmente la placa ántes citada, dos nervios perpendiculares entre sí, que reciben en su parte inferior un travesaño de longitud mayor que el diámetro de la abertura, limitándose así la ascension. La forma de los nervios, elíptica en su contorno, hace que la válvula caiga en la corona circular siempre en posicion igual.

Estas válvulas se han construido de hierro y madera, en vez de haberlas hecho totalmente de hierro, por la urgencia con que se hicieron y los pocos recursos con que se contaba. Es de hierro la placa y el travesaño y de madera los nervios de construccion más difícil. A pesar de todo, dan un resultado satisfactorio.

Al ascender el émbolo, asciende, como es natural, la válvula y pasa el agua por el intervalo que resulta entre aquélla y la corona circular donde insiste. Al descender cae la válvula de una manera rápida y decisiva, y por la forma de los nervios unidos á ella sigue la direccion conveniente, é intercepta perfectamente la comunicacion. Las bombas de Letestú funcionan con estas válvulas con regularidad. Se evitan los escapes, lo que puede comprobarse en las que están llenas de agua y sin trabajar; el agua permanece en los cuerpos de bomba durante dos ó tres horas, y si en este

tiempo actúan de nuevo, no hay necesidad de cargarlas.

Los émbolos son de hierro fundido, y están formados por un semielipsoide de revolucion, con aberturas en su parte interior, están recubiertos con un cuero análogo al descrito para las antiguas válvulas y que se halla sujeto por la misma varilla del émbolo. Este cuero, que alternativamente se adapta ó no a la rejilla semielipsoidal, establecia ántes el contacto entre el émbolo y el cuerpo de bomba; pero remojado el cuero en extremidad, se doblaba interponiéndose entre el émbolo y el cilindro, de donde resultaba un rozamiento grande y su destruccion inmediata.

Para evitar estos inconvenientes, se han hecho independientes las funciones del cuero como émbolo y como válvula.

A este fin se han construido unos casquetes de palastro, en cuyo contorno superior se cosen tiras de cuero grueso ó suela. Este casquete entra en la rejilla semiesférica del émbolo y se sujetan á ella, por medio de una varilla, las tiras de cuero cosidas á su contorno, á las que se da cuando se cosen una forma ligeramente cónica, quedan adaptándose al cilindro en todas las posiciones del émbolo. La anchura de dichas tiras y el grueso que despues de cosidas presentan, hacen sea constante el rozamiento y que no se doblen á pesar de hallarse mojadas. Sobre el citado casquete se coloca el cuero que sirve de válvula, cortándolo de tal manera que no sobresalga de su contorno: este cuero, plegándose cuando el émbolo desciende, ó extendiéndose sobre la rejilla cuando asciende, establece la comunicacion alternativa.

La ventaja principal de esta modificacion es la economía que se obtiene. Antes el cuero empleado era de una pieza, y estropeándose por el rozamiento con el cilindro quedaba inútil y era preciso reemplazarlo por otro. Con la modificacion, los que se estropean son tiras estrechas que pueden socarse de los cueros de desecho.

Finalmente, á las bombas se les ha colocado, con un buen resultado, unos estribos que permiten que actúen los operarios con los piés y con todo el peso de su cuerpo. Doce hombres trabajan en cada bomba, seis á cada lado, cinco en el extremo del balancin y uno á la mitad de la distancia entre el punto de apoyo y el extremo, actuando directamente sobre el citado balancin.

J. V.
y
L. M.
