

los autores del proyecto de puerto de la Paz, que se trató de construir en aquella época por hostilidad á Bilbao.

Presentados estos datos, nos preguntamos si es verosímil que en lo porvenir ocurran avenidas tan espantosas como la de 1801, cuya altura fué de 9^m,20 sobre el cero de la escala hidrométrica, consignando nuestra opinion contraria, basada en poderosas razones. En primer lugar, todo estudio sobre las inundaciones de una comarca requiere que se examinen y comparen las alturas de las crecidas, y en el caso presente se hallan marcadas en la fábrica del Monton, situada aguas arriba de Bilbao, las que alcanzó el agua en 1801 y 1858, siendo ésta 1^m,36 más baja, mientras que en Bilbao el desnivel entre ambas fué de 2^m,70, lo cual indica que, á pesar de no haberse ejecutado obras de alguna importancia para el encauzamiento y mejora de la ría en dicho período, sin duda por la influencia de las construidas anteriormente debió profundizarse el cauce, dando lugar á un marcado descenso en el nivel de los *aguaduchos*.

Más adelante, ó sea de 1866 á 1872, se ejecutaron los córtes de la travesía de la villa y de Uribitarte, dragándose el cauce, especialmente en uno de los *churros* ó altos fondos, con lo que se consiguió un descenso de 0^m,42 en el estiaje, y efectos tan visibles en el descenso de las crecidas, que no se ha producido ningun desbordamiento por las calles de la villa durante los últimos diez años, cuando ántes se sufrían con frecuencia con avenidas que alcanzaban igual altura más arriba de la travesía de la misma. Por otra parte, la Junta de obras del puerto proyecta el dragado de todo el fondeadero comprendido entre San Mamés y Bilbao, cuya realizacion ha de producir un nuevo descenso de 0^m,80 en la altura del estiaje: téngase ademas en cuenta que el encauzamiento y los dragados producen aumento de corriente, y se deducirá, que no debe temerse que las futuras inundaciones alcancen la altura de las antiguas, siendo ademas tranquilizador que, áun aquellos desbordamientos colosales, como el de 1801, ocasionaron pocos estragos dentro de la villa.

En los proyectos de puentes de San Anton y del Arenal se señalaron respectivamente como líneas de máximas avenidas la de 6^m,60 y 6^m,10 respecto de la bajamar equinocial, quedando las claves en el primero á la cota de 8^m,20, y en el segundo á 8^m,10, 8^m,32 y 8^m,50; y nosotros calculamos que, áun cuando se repitiese una avenida como la de 1801, á lo sumo subirían las aguas dentro de Bilbao á 7^m,50, debiendo considerarse como limite el de 8^m,00.

Después de redactado el proyecto ha ocurrido el 26 de Abril último una crecida de 5^m,45, que quedó en la fábrica del Monton 1^m,77 más baja que la lápida de 1801; quiere decir, que para una crecida como aquélla corresponderia aproximadamente en Bilbao la altura de $5^m,45 + 1^m,77 = 7^m,22$.

7. *Sondeos*.—Para decidir si conviene ó no adoptar un apoyo intermedio y la manera de cimentar el estribo derecho, pues en el izquierdo aparece la roca al descubierto, hicimos varias calicatas en el emplazamiento del puente. Las del centro de la ría acusaron la roca á una profundidad media de 3^m,23 respecto de la bajamar; el muelle de la derecha se cimentó, hace poco más de diez años, sobre un macizo de hormigon comprendido en recinto de pilotes y tablestacas; pero la escollera de defensa dificultó nuestros sondeos, rompiéndose la barrena en los más próximos al muelle; pero á los 12^m,00 del mismo se encontró, al parecer, el banco de roca á 1^m,50, lo cual nos induce á creer que los pilotes y tablestacas del cimientto debieron llegar á la roca.

P. DE ALZOLA.

(Se continuará.)

ELEVACION DE UN PUENTE DE HIERRO CONSTRUIDO SOBRE EL EBRO EN ZARAGOZA.

(Conclusion.)

Dada la distancia vertical de 1^m,80 que el puente debia recorrer para llegar á su nueva posicion, y teniendo en cuenta su gran longitud, no se podia llevar á cabo la operacion de elevarlo en un solo dia, durante el corto tiempo de que se podia disponer; y en vista de esto, se acordó efectuarla por ascensos sucesivos de poca extension, facilitándose aquélla de este modo, y consiguiéndose tambien mayor seguridad durante el paso de los trenes.

El incremento de elevacion que habia de darse á las pilas, igual á la altura en que el puente habia de elevarse, se proyectó de silleria, de que estaba hecha la coronacion de los tubos; material que ademas se prestaba bien á efectuar los ascensos parciales, bastando para esto darle un espesor igual á la longitud de cada uno de ellos, que prudencialmente se fijó en 0^m,30.

Antes de proceder á elevar el puente, era preciso tener dispuestos convenientemente todos los elementos necesarios, para que, una vez levantado 0^m,30, se pudieran arreglar con rapidez los terraplenes de ac-

ceso al mismo, de modo que el paso de los trenes por este punto se verificase en buenas condiciones; es decir, que las rasantes que se establecieran sucesivamente no tuvieran una pendiente excesiva, fijándose como máximo la de $0^m,01$ por metro. Para esto se empezó por variar la rasante XY (lám. 102, fig. 2.^a) del camino, adoptando el perfil $X C D E C' A B H' F G H Y$, por manera, que una vez elevada la rasante del puente $1^m,80$ sobre su primitiva posición, se enlazara con la de los terraplenes que á él dan acceso por medio de otras dos cuya pendiente fuera de $\frac{1}{100}$; y de tal suerte, que los cambios de rasante no estuviesen situados en los extremos de la obra, sino á 20 metros de los mismos, con el objeto de que, terminada la operación, no tomaran los trenes el puente precisamente en los puntos de cambio de rasante.

Las tierras necesarias para el arreglo de los terraplenes del modo explicado, y las que después habían de ser menester, á medida que el puente se fuera elevando, se acopiaron y apilaron en caballeros á los lados de los terraplenes; empleándose en esta operación veintinueve días, y verificándose el transporte por medio de trenes, que tuvieron lugar desde el 11 de Marzo al 8 de Abril del año actual.

A la vez que se llevaba á cabo la variación del perfil longitudinal en la forma indicada, operación en que se invirtieron siete días, se establecieron andamios colgados en las diversas pilas, que debían seguir al puente en su movimiento ascensional, con el objeto de que se encontraran siempre á una altura conveniente para el cómodo empleo de la sillería con que se había de recrecer cada una de las pilas, á cuyo efecto se adoptó la disposición representada en la lámina 104, figuras 1.^a y 2.^a Consta cada uno de ellos de dos largueros A , colgados de las dos vigas del puente por medio de dos estribos de hierro B , cuyas bridas terminaban en roscas, y apoyados en tacos de madera que insistían sobre las cabezas inferiores de las vigas, sobre cuyos largueros se colocaban los entablados que aparecen en las figuras.

También con la antelación conveniente se tenían ya acopiados $119^m^3,193$ de piedra labrada y marcada para el recrecimiento de las pilas, que previamente había sido sometida á un minucioso reconocimiento, y además la cantidad necesaria de los elementos que entrarían á formar el mortero que se había de emplear para sentar la sillería; dicho mortero se hacía con cemento de Grenoble (Vicat), que fragua á las tres horas de formado, con el fin de poder trabajar hasta las tres de la tarde, y que ya es-

tuviera endurecido al paso del primer tren, que tenía lugar á las 7 de la misma.

Terminados todos los preparativos, se dió principio á la operación de levantar el puente el día 7 de Junio, que consideraremos dividida en tres períodos para su estudio.

Primer período.—Como entre la cabeza inferior de las vigas y la coronación de sillería de las pilas sólo mediaba una distancia de $0^m,21$, ocupada por las placas y rodillos sobre que insistían aquéllas, era imposible actuar directamente sobre las mismas para su elevación valiéndose de gatos ordinarios de tornillo, á menos de separar algunos de los sillares que constituían la coronación de las pilas, ganando de este modo la altura necesaria; pero en el caso actual no se podía emplear este procedimiento, en atención á que las cajas de rodillos, y por consiguiente las vigas, descansaban sobre todos los sillares de la última hilada de coronación, los que además estaban enlazados con barrotes de hierro. En vista de esto, y para obtener un espacio libre de $0^m,60$ entre las cabezas inferiores de las vigas y la coronación de las pilas, espacio que ya es suficiente para el empleo de los gatos ordinarios de tornillo, se procedió del modo siguiente:

Se colocaron sobre cada uno de los tubos que constituyen una pila dos gatos hidráulicos G (figs. 1.^a y 2.^a, lám. 104), de 60 toneladas de fuerza, provistos lateralmente de uñas, sobre las que se apoyaba una pieza de hierro M , que quedaba debajo de uno de los extremos de la vigueta v , la cual coincidía con el eje de la pila en cuestión; de suerte que al funcionar los gatos elevaban la vigueta, y por consiguiente, el puente.

Una vez verificado en la pila de que se trata el ascenso suficiente para poder sacar las placas y rodillos, se separaron éstos y aquéllas, y se reemplazaron por cuñas de roble; de suerte que ya podían quitarse los gatos y proseguir la operación sobre otra de las pilas, hasta que se terminó en todas en tiempo oportuno para el paso del primer tren, después de empezada la operación; verificóse un segundo ascenso el día 8, procediendo del mismo modo, es decir, consecutivamente sobre las diferentes pilas, y una vez efectuado, apoyando las vigas sobre cuñas de roble, disposición en que debían encontrarse al paso de los trenes; pero desgraciadamente en este día se inutilizaron dos de los gatos, por cuyo motivo se suspendió la operación hasta el día 12, en que pudieron ser reemplazados por otros. A consecuencia de este accidente, se creyó necesaria la colocación de dos gatos

de tornillo T (figuras 2.^a y 3.^a, lám. 104), para auxiliar los esfuerzos de los hidráulicos, que actuaban sobre la vigueta V, apoyándose parte en la coronación del tubo correspondiente y parte sobre la pieza que sirve para arriostrar los dos tubos de una pila; siguiéndose ya definitivamente este procedimiento, hasta que con facilidad pudieran emplearse los gatos de tornillo, operación que ponía término al primer período.

A medida que se iban efectuando los ascensos sucesivos se arreglaban las tierras de los terraplenes de acceso en la forma indicada por la figura 2.^a, lámina 102, en la que si A A' era el ascenso parcial, de suerte que la rasante del puente en su nueva posición fuera A' B', el trabajo del movimiento de tierras quedaba reducido á terraplenar los espacios E C' A A' y F H' B B'; procediéndose de igual manera en los ascensos parciales de los demás períodos, hasta que quedara el puente en su posición definitiva, en cuyo caso las rasantes serían C D C' H' g H.

Para dar una idea de la marcha de los trabajos durante este primer período, insertamos á continuación un estado de los ascensos sucesivos en los diferentes días que aquél comprende:

DIAS.	ASCENSOS. — Milímetros.	DIAS.	ASCENSOS. — Milímetros.	DIAS.	ASCENSOS. — Milímetros.
7	50	10	Suspendido.	13	80
8	100	11	Suspendido.	14	110
9	Suspendido.	12	70		

A medida que las alturas libres entre la coronación de los tubos y las cabezas inferiores de las vigas lo permitieron, se procedió al asiento de la sillería sucesivamente en cada una de las pilas, en la forma siguiente: se quitaron las cuñas de roble, dejando descansar el puente sobre los gatos hidráulicos, y se sentaron los sillares A₁ y A₂ de la primera hilada, figuras 10.^a y 13.^a, lámina 104, sobre los que se colocaron cuñas, procediéndose también durante el mismo período al asiento de los sillares B₁ de la segunda hilada, figuras 11.^a y 14.^a, lámina 104, en las diferentes pilas, siguiendo el mismo método, es decir, hacer que el puente cargara sobre los gatos, separando después las cuñas colocadas encima de los sillares de la primera hilada, y quedando la operación para cada uno de los tubos en la disposición señalada en la figura 15.^a lámina 104, en cuyo estado tuvo lugar el fin del período que estamos considerando.

2.^o período. Levantada la construcción á la altura suficiente para hacer uso de gatos ordinarios de tornillo, que actuarán directamente sobre las cabezas inferiores de las vigas, se colocaron cuatro de éstos, de 30 toneladas de fuerza cada uno, sobre las diversas pilas del puente, en la disposición que indica la figura 3.^a, lámina 104; llevándose desde este momento la operación con gran actividad, por la facilidad de actuar simultáneamente en todas ellas. Se empezó por levantar el puente, hasta que quedara un espacio libre de 0^m,60, por lo ménos, entre la cabeza inferior de la viga y la cara superior de los sillares de la primera hilada, con el objeto de que, una vez colocados todos los sillares de ésta, se pudieran poner los gatos encima de ella para efectuar un nuevo ascenso; se pusieron cuñas encima de los sillares B₁ de la segunda hilada, y después se retiraron los gatos, pudiéndose ya sentar los sillares A₃ de la primera hilada, sobre la que se instalaron nuevamente los gatos, y se elevó el puente á una altura tal que quedaran por lo ménos 0^m,60 libres entre la viga y la segunda hilada; se colocaron nuevamente cuñas, se separaron los gatos y se sentaron los sillares B₂ de la segunda hilada. La explicación de la manera de colocar sucesivamente todos los demás sillares es innecesaria, porque una vez terminada la segunda hilada, nos encontramos en las mismas condiciones que estábamos al sentar los primeros sillares de la primera, bastando para formarse una idea exacta de la marcha seguida examinar las figs. 10.^a á 20.^a de la lám. 104; y apoyado ya el puente sobre las cuñas colocadas encima de los sillares C₁, se retiraron los gatos y se sentaron los sillares A₃ de la quinta hilada y los C₂ de la sexta (figs. 12.^a y 13.^a, lám. 104).

A continuación damos el estado de los ascensos sucesivos del puente, desde la terminación del primer período hasta que alcanzó la máxima altura antes de colocar las placas y rodillos sobre que definitivamente había de apoyarse.

DIAS.	ASCENSOS. — Milímetros.	DIAS.	ASCENSOS. — Milímetros.	DIAS.	ASCENSOS. — Milímetros.
15	60	18	170	21	195
16	150	19	175	22	180
17	175	20	95	23	145
				24	150

3.^{er} período. Faltaba sólo para dar por termina-

dos los trabajos instalar nuevamente las placas y rodillos sobre que habian de insistir las vigas, y se habia pensado seguir en esta operacion una marcha análoga á la empleada para los primeros ascensos, utilizando los gatos hidráulicos de 60 toneladas para remplazar las cuñas colocadas encima de los sillares C₁ de la última hilada por las placas y rodillos, puesto que se encontraba el puente en condiciones análogas á las del principio de los trabajos, respecto de la altura libre entre las vigas y la sillería; pero con motivo de la inutilizacion de los gatos de 60 toneladas, y á causa de haber quedado los dos restantes de la misma fuerza en malas condiciones, se adoptó el procedimiento que indicamos á continuación.

Se colocaron dos gatos hidráulicos, figs. 5.^a y 6.^a, lámina 104, de 30 toneladas de fuerza, encima de la coronacion de sillería de cada uno de los tubos, y que actuaban sobre las vigas por el intermedio de una barra N de hierro de seccion cuadrada, que pasaba por uno de los claros de la celosía; una pieza de fundicion de seccion triangular O llenaba el hueco de la celosía, puesta de modo que su cara inferior fuera horizontal, para que la barra N transmitiera á la viga correspondiente el efecto producido por los gatos. Para mayor seguridad se reforzaron las celosías por medio de trozos de escuadras introducidas con fuerza entre las barras C D, E F, etc., que daban rigidez al conjunto formado por las piezas sometidas á la accion directa de la barra, y se auxiliaron los esfuerzos producidos por los gatos hidráulicos de cada tubo colocando otro K de tornillo, figura 4.^a, lám. 104, que transmitia su accion á la viga, actuando sobre su cabeza superior por medio de la pieza F.

Puestos los gatos en la disposicion que hemos explicado, se levantó el puente lo necesario para poder separar las cuñas que habia colocadas encima de la última hilada de sillería de los tubos, y reemplazarlas por las placas y rodillos, bajándole despues hasta descansar sobre los mismos, en la posicion definitiva que habia de ocupar.

Como complemento á lo que llevamos expuesto, indicaremos la disposicion empleada para permitir la dilatacion de las vigas, mientras éstas no se apoyasen sobre los rodillos.

Encima de las cuñas de roble que se colocaban cuando el puente se habia elevado una cierta cantidad, se pusieron bridas de las que sirven para las juntas de los carriles Vignole, en la disposicion señalada en la fig. 7.^a lám. (104), de manera que los

rebordes *a* y *b* introducidos en la madera impedian que la placa se moviera en el sentido longitudinal del puente, es decir, en la direccion *a b*, y engrasando convenientemente la cara superior *c d*, se obtenia una superficie de resbalamiento sobre la que se hacia apoyar la viga correspondiente. Esta disposicion se adoptó para todas las pilas, excepto la central, en donde se apoyaban las vigas directamente sobre las cuñas, para que, no resbalando sobre los maderos, fuese un punto fijo y las dilataciones tuviesen lugar á uno y otro lado de dicho punto: esto siempre que la viga se encontraba reposando sobre las cuñas; pero cuando se hacian maniobras con los gatos era tambien necesario permitir su dilatacion, porque de otro modo hubiera sido fácil que un cambio brusco de temperatura, inclinando los gatos, produjera la caida del puente; para remediarlo se emplearon tambien bridas de juntas colocadas en la cabeza de los gatos, segun indica la fig. 8.^a de la lám. 104, y poniendo cerca de los rebordes de la placa unos brazos de acero redondeados, que hacian el efecto de los rodillos.

Dada á conocer á los lectores de LA REVISTA la notable operacion que acaba de llevar á feliz término la Compañía de los caminos de hierro del Norte, cuyo conocimiento puede servir de muy provechosa enseñanza á los constructores por lo esmerada y detenidamente con que en su estudio se han tenido en cuenta todas las circunstancias por los distinguidos ingenieros á quien estaba encomendada, y por lo bien entendido de las disposiciones que se han adoptado en su realizacion; réstanos, para poner fin á estos apuntes, hacer observar la perfecta regularidad con que ha sido efectuada una operacion que, de por sí difícil, dada la importancia y dimensiones de la construccion que se trataba de levantar, venia aún á dificultarse por la condicion á que se debia satisfacer de no poner la menor traba á la circulacion de los trenes más importantes, que ni un solo dia han dejado de pasar por el puente en cuestion, é introduciendo sólo una pequeña variacion en los órdenes inferior.

Al reiterar nuestro agradecimiento y entusiasta felicitacion á los distinguidos ingenieros D. José María Faquinetto y D. Alfredo Biarez, no podemos dejar de lamentar profundamente, una vez más, que la excesiva modestia de nuestros compañeros sea la causa de que no se den á conocer en las columnas de LA REVISTA otros muchos y notables trabajos que llevan á cabo los individuos del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.