

biese yo preferido variar totalmente el proyecto, como lo han hecho, muy acertadamente y por causas análogas, los distinguidos compañeros de nuestro Protectorado en Marruecos, al proponer una radical modificación de un puente importante allí proyectado, en cuyos cimientos en arenas fangosas se encontraron imprevistas dificultades.

Pero todos estos incidentes, propios de nuestra profesión, confirman una vez más la necesidad de no es-

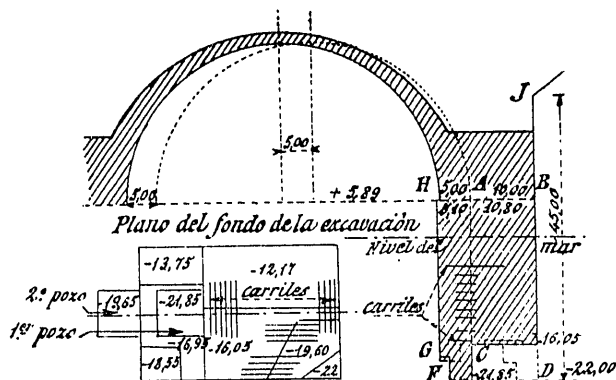


Fig. 3.ª

catimar los gastos de sondeo en todas aquellas obras en las que, por el dudoso aspecto del terreno, no ofrezca éste comprobaciones evidentes de la naturaleza del subsuelo. No deben entonces precipitarse las redacciones de los proyectos definitivos, que pueden ocasionar sorpresas, aunque así lo exijan circunstancias de orden político o militar, pues las posibles contingencias ocasionan muchos mayores retrasos y desembolsos.

Hay que reconocer, sin embargo, que en estos últimos años, sobre todo, y merced en gran parte a las iniciativas del actual director de Obras públicas, D. Rodolfo Gelabert, que organizó un servicio bien montado de sondeos, con material perfeccionado y personal práctico, los ingenieros españoles realizan con frecuencia creciente estudios previos y minuciosos del terreno en que han de proyectar las obras de alguna consideración.

Hay que reconocer, sin embargo, que en estos últimos años, sobre todo, y merced en gran parte a las iniciativas del actual director de Obras públicas, D. Rodolfo Gelabert, que organizó un servicio bien montado de sondeos, con material perfeccionado y personal práctico, los ingenieros españoles realizan con frecuencia creciente estudios previos y minuciosos del terreno en que han de proyectar las obras de alguna consideración.

Pero también conviene hacerlo en construcciones de menor cuantía, y no representa gasto sensible el realizar los sondeos necesarios, sobre todo cuando se apela, como hoy puede hacerse en las obras públicas de toda clase, al material de sondeo y personal técnico de que dispone el Estado, que se encuentra a las órdenes de la Jefatura del Canal de Castilla (1).

Aun así, y por muchos sondeos que se realicen, no se obtendrán más que datos *aproximados* sobre la constitución del subsuelo, como les ocurrió a los ingenieros franceses en el viaducto antes citado. Tampoco los sondeos permiten asegurar las condiciones de *impermeabilidad* completa en las grandes extensiones que ocupan los embalses de los pantanos y de los diques de carena. Un terreno puede ser muy duro y resistente según los sondeos, como ocurre en la bahía de Cádiz, y ser permeable por el efecto de presiones de agua considerables, ya sea por la *porosidad* de la roca, ya por multitud de grietas o por

(1) Esta Jefatura dispone hoy de diez trenes de sonda tipo «Sullivan», y se propone adquirir otras diez sondas para atender a las demandas de todos los servicios del Estado.

cavernas que escapan a las investigaciones de la sonda, como me ocurrió a mí en un depósito de aguas que proyecté en mis mocedades en Llanes, y como sucedió en la presa del pontón de la Oliva, proyectada por uno de nuestros más esclarecidos ingenieros, D. Lucio del Valle.

Pero estas deficiencias inevitables del estudio del subsuelo no disminuyen el valor ni la importancia de los sondeos, y así va extendiéndose su empleo hasta para obras de reducidas dimensiones.

Confirmando cuanto digo, creo interesante para los lectores de la REVISTA, reproducir los párrafos que en su Memoria anual sobre el estado de los servicios en 30 de junio de 1925, de la Junta de Obras de los Ferrocarriles de Estella a Vitoria y de Oñate a San Prudencio, publica mi joven compañero D. Alejandro Mendizábal, al que con este motivo felicito por su inteligente laboriosidad, y al que dejo la palabra como final de estas consideraciones.

I. EUGENIO RIBERA
Profesor de Cimientos de la Escuela de Caminos.

Noticia de los sondeos practicados para los puentes del ferrocarril de Estella a Vitoria

La cimentación de los primeros puentes que se construyeron, el de los Llanos, el de Zubielqui, el de Granada y el de Antoñana, así como la de los viaductos de Arquijas, Santa Cristina y Atauri, no presentó dificultades; se empleó el método indio, en general, y las entibaciones ordinarias en algunos estribos. En todas las obras dichas se encontró, a menos de 6 m de profundidad, roca lo bastante firme para ahuyentar todo temor a que ocurrieran asentamientos o socavaciones que pudieran poner en peligro la estabilidad de las obras.

En todos los lugares dichos, una simple barrena dió la indicación precisa de que los bancos de roca alcanzaban el espesor deseable para establecer una sólida cimentación.

Pero cuando se trató de cimentar el puente de Peña Salada (Maestu), que consta de dos tramos de hormigón armado de 10,40 m de luz, el problema cambió de aspecto, porque a 5 m de profundidad la tierra que se sacaba de los pozos indios no era sino grava con arcilla, sin consistencia alguna, y las barras que se hincaron penetraron sin dificultad hasta la longitud que tan primitivo medio permite. Además, los agotamientos se realizaban con gran dificultad, porque la cantidad de agua era tal, que tres bombas, de las que se disponía, sin que fuera posible, por otra parte, meter más en los pozos, apenas conseguían realizarlos; teniendo que suspender las obras en cuanto, por cualquier causa, dejaba de funcionar alguna de ellas.

Como por la misma época los puentes de Santa Cruz, Mercadillo y San Saturnino presentaban muy análogos caracteres al de Peña Salada, por lo que a cimentación se refiere, se pensó en suspender toda determinación definitiva hasta tener datos concretos sobre la naturaleza de los terrenos.

Se solicitó y obtuvo de la Dirección general de Obras públicas el material de sondeos y el personal técnico correspondiente en servicio, a la sazón en la Jefatura del Canal de Castilla, e inmediatamente se procedió a realizar las investigaciones, en octubre de 1924.

En Peña Salada se hicieron dos taladros, uno de 20,80 m y otro de 20,25, a ambas márgenes del río Ega, y en la inmediata proximidad de los pozos indios para los estribos. Diariamente el sondeador remitía nota detallada dando cuenta de los incidentes surgidos y de la naturaleza del terreno atravesado por la sonda, guardando, además, debidamente clasificados, los testigos que se iban sacando. Se vió que el terreno, hasta la profundidad de 10 m, estaba formado por arenas, gravas y canto rodado; y por debajo de los 10 m, hasta los 20 a que alcanzó la sonda, por capas no uniformes, de cuarzos de coloración oscura, y de bastante consistencia. En vista de lo cual se creyó suficiente bajar con el cimientado a la profundidad de 7 m, pues la resistencia del terreno era sobrada sin más que tomar precauciones para evitar la socavación.

Con este objeto se dispuso un rastrillo de pilotaje, aguas abajo del puente, para disminuir la velocidad del agua, pudiendo comprobarse, al ocurrir las primeras crecidas, la eficacia del procedimiento.

De Peña Salada se trasladó el material de sondeos al puente de Santa Cruz, que es de dos tramos de hormigón armado, de 8 m de luz. Aquí se hicieron también dos taladros de 21 m. Inmediatamente se trasladó todo el material al puente de Mercadillo, casi igual al de Santa Cruz, donde se hicieron otros dos taladros de 21 m. El terreno en estos dos puentes está formado, hasta profundidades que varían de 2,50 a 3,50 m, por los acarrees del río (gravas y arenas), y a partir de esta profundidad, por una marga arcillosa, compacta e impermeable, que parece llegar a profundidad muy grande. Se bajó con los cimientos hasta 6 m, y no se creyó necesario tomar precauciones, pues la socavación no era de temer.

Finalmente, se procedió a ejecutar los sondeos en el puente de San Saturnino, que consta de dos tramos de 8 m de luz, y otros dos de avenida, de 6 m cada uno, todos de hormigón armado.

Se hizo un taladro en la orilla izquierda, hasta 21 m de profundidad, sin encontrar terreno firme. Cierto es que, por debajo de la capa de acarrees y a unos 8 m de profundidad, existen capas de marga de bastante consistencia; pero por debajo de ésta, y en los 21 m dichos, vuelven a presentarse las mismas tobas calcáreas y arenas finísimas de la parte superior.

En vista del resultado de este sondeo, se juzgó necesario hacer un nuevo taladro de mayor profundidad, con cuyo objeto se solicitó de la Dirección del Canal de Castilla más tubería.

Al proceder a este taladro, que dió en su primera parte el mismo resultado que el primero, la sonda tropezó en algunos cantos rodados de gran tamaño, que no pudieron romperse por percusión con el trepano ordinario, por lo que fué preciso sustituir éste por la corona de diamante y continuar la hincada por rotación. En este último sondeo se llegó a 36 m de profundidad, sin que se hallara otra cosa que la misma toba calcárea de poca consistencia, con algunos bancos de marga de muy pequeño espesor, interpuestos entre la misma toba.

La resistencia del terreno es, desde luego, suficiente para resistir el peso de las fundaciones; pero no sucede lo mismo por lo que se refiere a la socavación, y hubo que tomar, para prevenirla, serias precauciones.

El cimientado se dispuso en la forma siguiente:

Tres pozos indios, con anillos de hormigón, hincados hasta 6 m de profundidad, sirven de apoyo a la pila y a los estribos. Directamente apoyada sobre estos anillos va una placa de hormigón armado, simétrica, con armaduras de hierro de 10 m. Debajo de la placa, que recorre toda la longitud de la obra, se hincaron pilotes de haya de 15 cm de diámetro y 4 m de longitud. El espesor de la placa es de 1 m y lleva, además de las armaduras, y sobre los anillos de cimentación, carriles viejos empotrados en su masa, que dan, en el apoyo, una gran rigidez. Además, esta placa constituye un rastrillo de gran eficacia, que da la seguridad de que no ocurrirán socavaciones. Sobre la placa de hormigón se apoya directamente toda la obra, la pila y los estribos, y también los estribos de los tramos de la avenida. Se creyó, pues, con esto que las socavaciones se evitarían totalmente, o, en el peor de los casos, no serían tan rápidas que no permitiesen hacer, al tiempo debido, refuerzos de escollera que pudiesen recrecerse periódicamente y dejar siempre la obra en perfecta estabilidad.

Todos los sondeos de que se ha hecho mención se realizaron desde octubre de 1924 a abril de 1925, siendo varias veces interrumpidos a causa de los fuertes temporales, frecuentes en esta región, sobre todo durante la primavera de este año.

El número de taladros ha sido ocho.

El material, como queda dicho, fué suministrado por la Dirección general de Obras públicas, así como el personal técnico, compuesto de un sobrestante, que hizo frecuentes viajes, y un mecánico que realizó los sondeos, utilizando peones contratados por esta Junta de Obras.

El costo de las reparaciones, sustitución de piezas rotas, material para las casetas que se montaron en las inmediaciones de los cuatro puentes, ascendió a la cantidad de pesetas 916,30.

Los honorarios del mecánico sondeador se pagaron a razón de 17 pesetas por jornada de ocho horas, añadiendo a este jornal 1,25 pesetas por cada hora extraordinaria de trabajo; además se le abonaron los viajes que hubo de realizar.

En total, dicho mecánico percibió 4 165,44 pesetas, por todos los conceptos señalados.

Los honorarios del sobrestante de Obras públicas afecto al servicio de sondeos ascendieron a 280 pesetas, en concepto de indemnización por los viajes que realizó.

Finalmente, el coste de los jornales de peones ascendió, durante la ejecución de los ocho sondeos, a 5 276,55 pesetas.

En resumen, los gastos fueron como sigue:

Jornales de peones.	5 276,55
» del mecánico.	4 165,44
Indemnización del sobrestante	280
Materiales suministrados y reparaciones.	916,30
TOTAL.	<u>10 638,29</u>

Los ocho taladros practicados alcanzan la longitud de 182,20 m, lo que da, para coste del metro lineal, 58,39 pesetas, incluidos todos los gastos.

A continuación reproducimos la forma en que se anotaban los resultados en cada sondeo.

FASCÍMII, DE LOS GRÁFICOS DE SONDEOS EN EL FERROCARRIL, DE ESTELLA A VITORIA

Obras Públicas

Sondeo núm. 1

RESULTADO DE LOS SONDEOS PRACTICADOS EN EL PUENTE DE PEÑA SALADA (MAESTROS)

Año 1924		AVANCE		Sección vertical del terreno por el oje del taladro <i>Representación gráfica</i>	Naturaleza del terreno encontrado	Espesor en metros de las diversas capas de terreno	Observaciones	
MES	DIA	Total	En el día					
Octubre	2						<u>Día 2</u> Se exploró con tubería de 60 ^{mm} extrayéndose testigos del terreno atravesado. - Después se empieza a entubar con tubería de 100 ^{mm} observando que tanto ésta como la de 60 ^{mm} bajan fácilmente. - Se ha hecho la clasificación del terreno atravesado por el examen del testigo extraído por el detritus que arrastra el agua que se inyecta con la bomba en el taladro y por la marcha del trabajo durante la jornada.	
		6.00	6.00				Acarreos formados por arenas y gravas con limos y algún tanto rodado calizo. 6.95	<u>Día 3</u> Se utilizó para limpiar el interior de la tubería de 100 ^{mm} de los escombros acumulados el clavarte.
								<u>Día 4</u> Se entubó con tubería de 100 ^{mm} después de explorado el terreno y extraído testigos con la tubería de 60 ^{mm} por cuyo examen y por la marcha del trabajo durante la jornada, se ha hecho la clasificación del terreno atravesado.
	4	8.00	2.00				Limos y arenas finas de color amarillento muy poca consistencia. 0.90	<u>Día 5</u> No se trabajó por ser festivo.
	6	9.00	1.00				Gravas y gravas con limos arcillosos de coloración amarillenta, de poca consistencia. 1.05	<u>Día 6</u> Se entubó con tubería de 100 ^{mm} después de explorado el terreno atravesado y extraído testigos con tubería de 60 ^{mm} .
	7	10.00	1.00				Gravas y arcillas de alguna consistencia y algo compacto. 2.40	<u>Día 7</u> Se entubó con tubería de 80 ^{mm} después de explorado el terreno y extraído testigos del mismo con tubería de 60 ^{mm} .
	8							<u>Día 8</u> Se entubó con tubería de 80 ^{mm} después de explorado el terreno y extraído testigos del mismo con tubería de 60 ^{mm} .
	9	11.25	1.25				Conglomerado en formación compuesta de arcilla arena finísima y gravas y gravillas. 0.80	<u>Día 9</u> Se entubó con tubería de 80 ^{mm} hasta la profundidad de 11.30 mts. en donde se observa que el terreno es de mayor dureza, avanzando el trépano muy poco, por dicha causa en vista de esto se prepara el taladro y se empieza a taladrar con corona de 60 ^{mm} , no sacando testigos debido a ser el terreno atravesado un conglomerado descompuesto o en formación.
	10	12.30	0.70					<u>Día 10</u> Se taladró primeramente con corona de 60 ^{mm} observándose igual terreno que el anterior hasta la profundidad de 12.00 mts. en que el terreno es tan descompuesto que se precisa explorar con tubería de 60 ^{mm} extrayendo testigos por cuyo examen, por el del detritus que arrastra el agua que se inyecta con la bomba en el taladro y por la marcha del trabajo durante la jornada se ha hecho la clasificación del terreno atravesado.
	11	13.30	1.00					<u>Día 11</u> Primeramente se entubó con tubería de 80 ^{mm} hasta la profundidad de 12.00 mts. después se exploró con tubería de 60 ^{mm} extrayendo testigos.
	12						Margas de coloración oscura algo arcillosas con pequeños bloques de caliza y de poca consistencia. 8.70	<u>Día 12</u> Se exploró con tubería de 60 ^{mm} extrayendo testigos, por cuyo examen, por el del detritus que arrastra el agua que se inyecta con la bomba en el taladro y por la marcha del trabajo durante la jornada, se ha hecho la clasificación del terreno atravesado. Se observa que los paredes del taladro, se mantienen sin ocurrir desprendimientos en el interior.
	13	17.00	3.70					<u>Día 13</u> Se exploró el terreno con tubería de 60 ^{mm} extrayendo testigos.
	14	18.50	1.50					<u>Día 14</u> Se exploró el terreno atravesado con tubería de 60 ^{mm} extrayéndose testigos. - Se observa que en el interior del taladro ocurren desprendimientos rellenándose unos 2.00 mts. cuya circunstancia indica que el terreno atravesado está compuesto por arcillas compactas que al contacto con el agua que se inyecta se descompone con cierta rapidez.
	15	20.10	1.60					<u>Día 15</u> Se exploró con tubería de 60 ^{mm} extrayendo testigos.
			20.80				0.70	

A la profundidad de 20,80 mts se dio por terminado este sondeo que demuestra que a partir de la profundidad de 8,90 mts se puede fundar un muro de poca altura