

GEOLOGÍA APLICADA A LA CONSTRUCCIÓN

II

Condiciones del terreno en el río Júcar (Albacete), para el puente del ferrocarril Baeza a Utiel (4.^a Sección).

Por RODRIGO CATENA, Ingeniero de Caminos.

Continúa con este segundo ejemplo la serie iniciada en nuestro número de febrero último, en la que el autor pone de manifiesto la importancia de recurrir a la Geología para el estudio de las cimentaciones, y presenta el interesante informe de la Jefatura de Sondeos para decidir acerca de la ubicación de un puente de ferrocarril.

Descripción de la ubicación del puente.

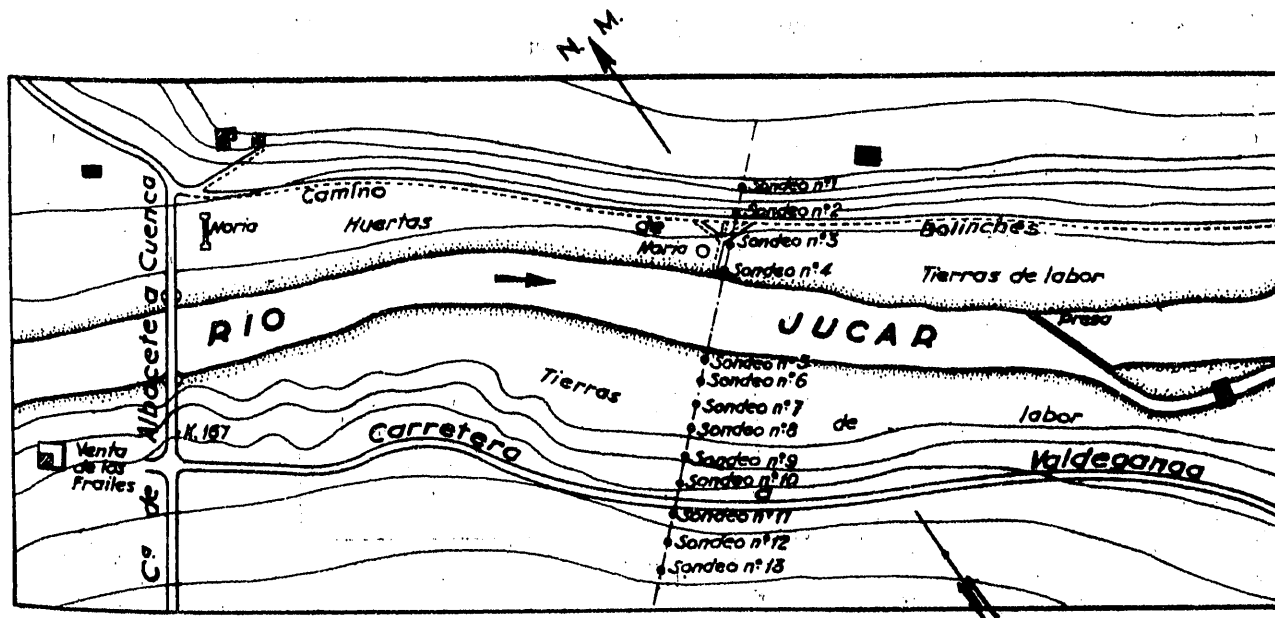
En el kilómetro 19 de la traza replanteada para la 4.^a Sección del ferrocarril Baeza-Utiel, se halla el punto de paso de éste por el río Júcar.

El valle del río en esta zona está enclavado en la mancha miocena de Albacete. La gea de las partes bajas y medias del perfil está formada exclusivamente por las margas brechoides, en las que no hemos encontrado ningún vestigio fósil, mientras que en las partes altas se aprecian, intercalados, bancos de calizas de poco espesor, flojas y fosilíferas, con gran profusión de las especies *Lymneas* y *Planorbis*, que, como moluscos de agua dulce, ponen de manifiesto las facies lacustre de esta formación miocena. Los buza-

mientos en las laderas de los mencionados bancos, aproximadamente de 10°, acusan una estratificación concordante y sensiblemente horizontal, que es bastante corriente en la expresada formación geológica.

Los citados materiales litológicos miocenos se hallan recubiertos, dentro de la zona del perfil, por dos clases de sedimentos: unos, sin diluviales y forman la terraza de 12 m. de altura sobre el río, por la que se desarrolla el camino vecinal de Valdeganga, en la ladera derecha, mientras en la ladera izquierda se aprecian los depósitos diluviales a los 24 m. de altura sobre el río; otros sedimentos son modernos, forman las márgenes del río y proceden de los derrubios de los materiales de la ladera y sedimentos del río.

Como a unos 4 kilómetros aguas abajo del perfil



Croquis de la situación, en planta, de los sondeos.

exploración de ésta en los puntos en que aparecen replanteados los apoyos.

Las profundidades dadas a los sondeos obedecen a tres criterios: por uno de ellos, resultaba necesario desechar el temor de la posible existencia de yesos subyacentes en un espesor prudencial, y de acuerdo con éste, se hizo maestro el sondeo núm. 6, llevándolo a la profundidad de 46,22 m. Por otro lado, era preciso determinar la posición de las capas acuíferas y conveniente fijar la línea de contacto de las margas brechoides con las calizas blancas y fosilíferas, y con tal objeto se hicieron los sondeos núms. 2, 3, 4, 5, 6 y 7. Por último, las profundidades de los sondeos núms. 2 y 9, son las necesarias para ver la consistencia de la marga brechoide.

Descripción de los sondeos.

Elegidos éstos y justificada su elección, el resultado de los mismos figura en sus gráficos.

En los sondeos 3, 4, 5, 6 y 7, se encontraron primeramente un espesor de tierras y arenas arcillosas, que oscila de unos a otros entre 9,20 y 7,35 m.; bajo éstos se encuentra una capa de arcillas margosas, hasta profundidades que oscilan entre 4,22 y 5,25 m. (en el sondeo núm. 5 no se presentaron); bajo éstas encontramos las margas brechoides, que resultan poco consistentes, a juzgar por los testigos extraídos y por la marcha del trabajo, hasta la profundidad de 8,34 metros, en el sondeo núm. 3; 7,18, en el núm. 4; 8,70, en el núm. 5; 9,13, en el núm. 6, y 12,22 m., en el núm. 7. A la profundidad de 26,96 m., en el sondeo núm. 3; de 27,25, en el núm. 4, y de 27,05, en el núm. 5; de 27,40, en el núm. 6, y 27,29 m., en el núm. 7, encontramos la caliza blanca y fosilífera que continuó en todo el espesor alcanzado en el sondeo núm. 6.

En los sondeos 2 y 9 encontramos, directamente desde la boca del sondeo, la marga brechoide, de consistencia varia en toda la longitud del sondeo.

Corte hipotético del terreno según la línea de sondeos practicados.

Sobre el perfil topográfico que definen los sondeos y situados en él las verticales representativas de éstos, hemos llevado los espesores de las capas encontradas, formando de esta manera el perfil geológico que define el subsuelo de ubicación del puente que nos ocupa.

Resulta formado el perfil, describiendo de abajo a arriba:

1.º Por calizas blancas y fosilíferas a profundi-

des que oscilan, según ya se ha dicho, entre 26,96 y 27,40 m.

2.º Por margas brechoides, agrupadas por su consistencia en dos grupos: uno, de hincas de tubería superiores a 5 mm., por golpe de maza, y otro, de hincas inferiores a 5 mm., en igual forma.

3.º Por los depósitos de arcillas margosas y tierras de labor con arenas que recubren el fondo del perfil topográfico en el cauce y márgenes.

Insertamos adjunto dicho perfil, y en él figuran acotadas las profundidades de todas las capas.

Dentro de las margas brechoides se hace resaltar también las capas acuíferas de las que no lo son.

Naturaleza de los materiales encontrados.

Examinaremos únicamente las rocas fundamentales, margas brechoides y calizas fosilíferas de este perfil, toda vez que las capas de limos y arcillas de naturaleza suelta son de poco interés para el objeto que con los sondeos se persigue.

Margas brechoides. — Están constituidas por margas calizas, en proporción variable de CO_3 —Ca, conteniendo, englobados en su masa, frecuentes cantos de calizas.

La masa margosa la podemos calificar como blanda, toda vez que en sus zonas menos consistentes el testigo cede a la presión de los dedos de la mano, y en aquellas otras zonas de mayor consistencia, si bien no se observa tal carácter sensorio, su blandura es manifiesta toda vez que la corona de diamantes deshacía la marga que atravesaba, haciéndose preciso la exploración por hincas de tubería.

Los cantos de caliza son, por el contrario, muy duros, y al llegar a ellos, fué necesario taladrarlos con corona de diamantes.

La resistencia a la compresión de estas margas no puede deducirse de los testigos extraídos porque, por haberlo sido con tubería, se nos ofrecen con una consistencia que no es la real, razón por la que, para tener una idea de dicha consistencia, se formó un estado con las hincas observadas por la tubería en cada uno de los sondeos. En dicho estado (pág. 242) se anotaban, en una columna, las profundidades, y al lado de ésta, las penetraciones de la tubería, en centímetros, por cada 20 golpes de maza, siendo de 45 Kg. el peso de ésta, de 1,00 m. su altura de caída, de 60 mm. el diámetro exterior de la tubería de acero estirado y de 8 mm. el espesor de ésta, con peso de 10 Kg. por metro lineal. Con estos datos podrá determinarse un número aproximado para resistencia del terreno, teniendo en cuenta, además, que en la hincas de la tubería no existe rozamiento lateral por llevarse entubado el taladro con tubería de mayor diámetro.

Estado de penetraciones en hinca de la tubería de 60 mm. en los diferentes sondeos.

PROFUND. — Mts.	HINCAS — Cms.	PROFUND. — Mts.	HINCAS — Cms.	PROFUND. — Mts.	HINCAS — Cms.	PROFUND. — Mts.	HINCAS — Cms.	PROFUND. — Mts.	HINCAS — Cms.
Sondeo núm. 2.		Sondeo núm. 3.		8,00	5	20,76	4	6,08	14
0,00	29	0,64	37	8,22	9	20,98	2	6,22	5
0,29	15	1,01	57	8,31	3	21,00	2	7,88	8
2,39	1	3,12	42	Sondeo núm. 5.		Sondeo núm. 7.		7,96	8
3,14	12	3,54	20	3,00	40	1,20	50	9,15	8
3,26	13	4,03	3	5,55	40	2,44	60	9,23	7
3,77	5	4,65	5	6,00	13	3,49	31	9,57	7
4,23	1	4,73	0	7,50	45	3,80	16	9,76	12
4,82	2	5,14	10	7,75	13	4,24	4	9,88	6
4,87	1	5,24	12	8,40	13	4,28	5	10,28	5
5,88	20	5,39	1	8,70	10	4,70	16	10,33	3
6,08	16	5,77	27	11,16	6	4,86	12	10,62	7
6,43	1	6,04	32	12,15	1	4,98	82	10,69	11
6,83	14	6,88	2	Sondeo núm. 6.		5,70	19	11,45	9
6,97	2	8,22	12	0,76	79	6,10	74	11,54	10
7,03	2	8,34	7	1,55	91	6,84	44	11,80	28
7,42	28	8,63	3	3,04	36	7,49	25	12,08	18
7,70	30	9,39	8	3,40	31	7,74	50	12,26	21
9,60	2	9,47	4	3,97	32	8,74	10	13,00	26
9,62	7	9,69	3	4,29	29	8,84	30	13,16	14
9,69	3	10,82	2	4,87	28	9,14	37	13,30	4
10,13	2	10,84	2	5,15	40	9,51		13,34	30
10,15	4	12,64	3	6,29	63	10,74	67	13,64	30
10,19	10	12,82	1	6,92	26	11,41	5	13,93	4
10,29	27	Sondeo núm. 4.		7,40	61	11,46	15	13,97	3
10,70	11	0,65	57	8,01	24	12,08	14	14,75	10
12,81	2	1,60	75	8,25	25	12,58	2	14,85	6
12,83	2	2,50	86	8,50	30	12,60	0	15,05	25
13,42	4	3,20	93	9,02	11	13,34	7	15,40	10
13,46	1	4,20	30	9,13	6	13,41	2	15,45	2
13,90	2	4,50	13	10,38	7	13,63	8	15,60	27
13,92	2	4,74	28	10,45	4	13,71	3	15,87	14
14,05	1	5,02	19	11,64	10	14,62	9	16,18	20
16,06	13	5,24	2	11,74	4	14,71	7	17,41	26
16,19	6	6,10	3	12,95	9	17,05	6	17,89	26
16,28	1	6,28	12	13,04	3	17,11	3	20,32	3
17,78	8	6,40	9	14,31	17	19,20	1	20,35	7
17,86	4	6,86	2	14,48	12	Sondeo núm. 9.		20,72	6
17,99	1	6,90	28	16,00	5	3,45	5	22,21	1
19,40	8	7,18	10	16,05	4	3,50	2	22,22	2
19,48	3	7,28	12	17,83	7	3,87	16	22,24	1
19,52	1	7,40	5	17,90	2	4,03	16	22,25	1
19,85	9	7,50	4	18,60	20	5,55	17		
19,94	7	7,55	11	18,80	8	5,72	13		
20,16	1	7,72	14	20,71	4	5,87	6		
21,09	3	7,86	4			5,93	15		
21,12	3	7,90	2						
21,27	2								

Se dedujo del citado estado que las penetraciones en hincas de la tubería son muy variables ofreciéndose, sin embargo, dos zonas, que pudimos separar como de distinta consistencia: una, superior, con hincas mayores de 5 mm. por golpe, y otra, inferior, con hincas menores, en general, de 5 mm., salvo en el sondeo número 9, en el que, después de la zona comprendida entre 6,22 y 10,69 m., vuelven a registrarse hincas superiores a 5 mm. por golpe, sin rebasar de 15 mm. Resulta, por tanto, que la marga brechoide de consistencia, definida por penetraciones en hincas de tubería, en general menores de 5 mm. bajo las características antes mencionadas, se encuentra en los sondeos 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 9, a las profundidades de 0,60 m., 8,34 m., 7,18 m., 8,70 m., 9,13 m., 12,22 m. y 6,22 m., respectivamente.

Es en esta marga brechoide en la que, con el debido empotramiento, deberán, en principio, apoyarse los cimientos de la obra. Sin embargo, la profundidad a que, en definitiva, se haya de bajar con aquéllos, sólo se podrá fijar por la observación directa del terreno que vaya apareciendo en las excavaciones, pues dada la constitución de las dos citadas margas brechoides, no es posible formarse idea acabada de sus condiciones de resistencia por los testigos extraídos con los sondeos y por la marcha del trabajo en éstos.

Por tanto, el ingeniero encargado de las obras, a la vista del terreno que se vaya encontrando en las excavaciones, y previas las pruebas de resistencia que estime necesarias, fijará dichas profundidades.

Calizas fosilíferas.— Esta roca, encontrada bajo las margas brechoides de que nos hemos ocupado, es dura, de color blanco y con frecuentes restos fósiles, que se observan en los testigos obtenidos, con corona de diamante, en las longitudes perforadas en esta roca; los fósiles son de las mismas especies que las encontradas en los bancos que afloran en las partes altas del perfil en la ladera, y de las que ya nos ocupamos antes.

Su resistencia a la compresión, por comparación con otras rocas de parecida compacidad, podría calcularse en 90 a 100 Kg./cm.², y no es necesario con-

cretar tal número por ensayos sobre los testigos, porque, dada la profundidad a que se encuentran, no interesa su exacto conocimiento al objeto de la cimentación.

Aguas artesianas.

Han ofrecido estos sondeos la particularidad de haberse encontrado en ellos aguas artesianas. Nada de extraño tiene el hecho, tratándose de una formación miocena, en la que es típica la presencia de capas acuíferas alojadas en los mantos permeables que entre otros impermeables se comprenden.

Son varias las capas acuíferas encontradas, y su posición aparece marcada en el perfil hipotético que se adjunta.

La primera capa acuífera tiene un nivel hidrostático muy poco superior al de la boca de los taladros; su cota es de 612,03 m. y el caudal es muy pequeño.

La segunda capa es francamente artesiana, pues su nivel hidrostático se eleva unos 3,00 m., aproximadamente, sobre la boca de los taladros, resultando a la cota 614,14 m.; los caudales de esta capa en los distintos sondeos, fueron:

Sondeo	3.....	0,47 l./s.
"	4.....	2,66 "
"	5.....	1,48 "
"	6.....	7,00 "
"	7.....	8,33 "

Resulta, por tanto, un potencial de riqueza la existente en esta capa de agua artesiana.

Bajo el punto de vista de la cimentación del puente, es indudable que la circulación del agua con presión a través del terreno superior podría degradar éste; tal hecho no creemos sea de temer, ya que el nivel hidrostático de la primera capa es casi el del terreno, y, por tanto, casi nula la velocidad con que surge; y la segunda capa, si bien brota con velocidad

RÍO JÚCAR. — VISTA DEL PERFIL DE
SONDEOS, TOMADA DESDE AGUAS ABAJO



apreciable, no se ha observado que arrastre partículas del terreno atravesado, saliendo clara y transparente; ni tampoco se observaron desprendimientos en la parte del taladro sin entubar, todo lo cual hace confiar en la consistencia de las margas brechoides, y si a esto se suma el que las fundaciones pueden quedar, considerando como terreno de cimentación la marga brechoide consistente, muy por encima del terreno de la capa acuífera inferior, no creemos exista la posibilidad de asentos del terreno por la degradación que de éste apuntamos.

Estructura más conveniente para la obra de paso.

Dada la profundidad a que se encuentra la marga brechoide consistente, que es a la que con el debido empotramiento parece deberán llegar las fundaciones de los apoyos, habría que ejecutar aquéllas por aire comprimido, lo que aconseja la conveniencia de disminuir, en lo posible, el número de cimentaciones a realizar, aumentando las luces contiguas a la proyectada para el cauce. Además, por residuales en el suelo de fundación, se podría producir la formación de una película arcillosa entre las superficies de contacto de la fábrica del cemento y el terreno, que hiciera deslizar el cemento bajo la acción de la componente horizontal de un empuje. Esta posibilidad, atenuada por la trabazón que han de ejercer los cantos calizos, es conveniente evitarla suprimiendo los empujes que pueden provocar tal deslizamiento; es decir, adoptando estructuras de tramos rectos en lugar de la de arcos.

El puente de la carretera, situado aguas arriba de nuestra ubicación, está formado por dos vigas metálicas rectas de 42 metros de luz. Este puente, sea cual sea su cimentación, se conserva en buen estado, lo que es prueba de que el terreno reúne buenas condiciones para una estructura de este tipo, y por consiguiente, la experiencia aconseja, para nuestro perfil, la adopción de tramos rectos.

Conclusiones.

Como resumen de todo lo expuesto, se deducen las siguientes:

1.^a El perfil de paso por el río Júcar, de la 4.^a Sección del ferrocarril Baeza-Utiel, se halla labrado en las margas brechoides miocenas, que constituyen también el subsuelo de esta ubicación; estas margas se asientan sobre unas calizas blancas y fosilíferas que yacen, sensiblemente horizontales, a profundidades que oscilan entre 26,96 y 27,40 metros bajo el terreno natural. Recubriendo a las margas brechoides en la parte del cauce y márgenes, se encuentran unas capas de tierra de labor y arcillas margosas con los espesores que en el perfil figuran.

2.^a No existen yesos subyacentes, en el perfil de ubicación del puente, en toda la profundidad de 46,22 metros explorada con el sondeo maestro, que consideramos espesor suficiente para no temer los efectos de su presencia a mayores profundidades.

3.^a La marga brechoide es de consistencia varia, habiendo separado en el perfil las de hincas de tubería superior e inferior a 5 mm. por golpe de maza. Esta última, que denominamos marga brechoide consistente, es la que, en principio, consideramos de buenas condiciones para cimentar sobre ella los apoyos de la obra con el empotramiento prudencial que estime el Ingeniero, pero la profundidad a que en definitiva se haya de bajar con los cimientos, sólo se podrá fijar por el Ingeniero encargado de las obras a la vista del terreno que se vaya encontrando en las excavaciones y realizando pruebas de resistencia del mismo, si las estima necesarias.

4.^a Dadas las profundidades a que se encuentra la marga brechoide consistente, y la naturaleza acuífera del terreno a atravesar, las cimentaciones deberán hacerse por aire comprimido si hay que bajar con ellas a dichas margas.

5.^a Por las razones indicadas, deberá reducirse en lo posible el número de apoyos que figura en el proyecto y adoptar en las estructuras los tramos rectos en lugar de la de arcos.