



ANEJO Nº3. ESTUDIO GEOTÉCNICO

Índice

1	Título	3
2	Antecedentes	3
3	Objeto	3
4	Información Preexistente	3
5	Condiciones geológicas-geotécnicas e hidrogeográficas.....	4
6	Trabajos de campo y laboratorio	4
7	Descripción geotécnica del terreno	5
8	Tipología de cimentación	5
9	ANEXOS	6
9.1	Planos.....	6

1 Título

Este estudio recoge la información geológica-geotécnica necesaria para poder realizar la pasarela peatonal recogida en este proyecto, que cruza la desembocadura del río Serpis (Gandía). Así, por tanto, se buscará la forma de justificar, según las diversas condiciones del terreno, así como la de construcciones contiguas (recordemos que la construcción de nuestra pasarela se sitúa próxima a la del puente existente, de tráfico rodado) las cimentaciones más idóneas para la pasarela, generando una descripción de estas, pero dejando su cálculo para el *Anejo nº6. Análisis Estructural*.

Para la mejor aproximación de este estudio a las condiciones de nuestro terreno, se ha optado por utilizar una selección de las partes que conciernen al puente de carretera existente que se recogen en el *Estudio Geotécnico del Proyecto del Acceso sur al Puerto de Gandía*. Dentro de dicha selección, a su vez recogeremos aquella información que nos sea de mayor utilidad para la elaboración del presente estudio, pues la información existente dentro del proyecto del puente actual es excesiva debido a las reiteradas pausas en las que este se ha visto sumido.

2 Antecedentes

En 2019 finalizó la elaboración de un puente en la desembocadura del río Serpis, en el contexto de un nuevo trazado cuyo objetivo principal es desviar el tráfico pesado en dirección al puerto de Gandía por una ronda. Dicho paso además sirve de nexo entre el Grao y el distrito de Mareyns de Rafalcaid. Este puente cuenta con dos carriles, uno para cada sentido, acera peatonal y carril bici bidireccional.

De esta obra, se pueden extraer varios estudios geotécnicos realizados durante la fase de diseño y construcción de la estructura (de un periodo que abarca desde 1995 hasta 2017). Dentro de estos se recogen varios tipos de ensayos, siendo el sondeo la opción más abundante de la que se puede obtener abundante información y que están principalmente realizados en los puntos más representativos de la estructura realizada (puntos de apoyo: estribos y pilas).

3 Objeto

Con motivo de una futura y previsible expansión, y ante la capacidad de remodelar el puente actual para albergar un tercer carril de tráfico rodado en el lugar que ocupa el vial ciclista y peatonal, con anchura más que de sobra, se decide proyectar una pasarela peatonal adyacente al puente ya construido para suplir la carestía de acceso ciclista y peatonal que supone la reconversión del puente anterior.

A efectos de la realización de este estudio, debido a la proximidad del eje viario respecto al de la ya realizada obra (distancia entre ejes no superior a 20 m) y añadido al criterio de hacer coincidir las pilas principales con las del puente existente en medida de lo posible; se decide utilizar los estudios geotécnicos del puente actual para proyectar la pasarela peatonal.

El presente objetivo de este informe geotécnico es, por lo tanto, analizar los datos preexistentes y con ellos llegar a la solución óptima que se usará para la ejecución de las cimentaciones, así como una descripción de estas.

4 Información Preexistente

Dentro del Estudio Geotécnico del Proyecto del Acceso sur al Puerto de Gandía, en concreto a su modificado, se recogen varios estudios que aportan información complementaria (puesto que dicho proyecto elaboró más tarde sus propios ensayos). Estos datos no se utilizarán para el presente Estudio geotécnico, los cuales son:

- Proyecto constructivo del acceso sur al puerto de Gandía 1995:** Elaborado por GEOPRO S.L. Cuenta con 4 sondeos, 9 calicatas y cartografía geológica. Se ha usado como complemento al estudio geotécnico del puente de tráfico rodado.
- Proyecto constructivo de las obras de defensa y adecuación ambiental, asociadas a las actuaciones para el control de avenidas realizadas en la cuenca media del río Serpis (Valencia):** Este estudio, realizado en 2006, nos aporta 2 penetraciones dinámicas realizadas en las márgenes del río Serpis.
- Proyecto de construcción de la prolongación hasta oliva de la línea de cercanías de Renfe Valencia-Gandía:** elaborado por Iberinsa S.A., con fecha a 2002, este estudio nos aporta un sondeo.

Para la realización del puente de carretera recogido en el Acceso Sur, se elaboraron cuatro campañas de estudios geotécnicos para la recogida de datos, que son los que principalmente analizaremos para nuestro caso, el de la pasarela peatonal:

- Campaña geotécnica realizada para el proyecto constructivo Acceso Sur al puerto de Gandía (2008).** Elaborado por ITC S.A., cuenta con varios sondeos y calicatas, de los cuales solo necesitaremos el sondeo S-3 que se ubica en la posición de la tercera pila (margen izquierdo).
- Estudio geotécnico complementario para la construcción del nuevo acceso sur al puerto de Gandía desde la carretera N-332 (VALENCIA). Terraplén acceso viaducto río Serpis (marzo-abril 2010).** Elaborado por el grupo GIA S.L. Realiza un sondeo sobre el estribo de la margen derecha.
- Estudio geotécnico complementario para la construcción del nuevo acceso sur al puerto de Gandía desde la carretera N-332 (VALENCIA). Viaducto río Serpis (octubre 2011).** Elaborado de nuevo por el grupo GIA S.L., Realiza dos sondeos: uno en la primera pila (margen derecha) y otro en el estribo de la margen izquierda).
- Informe geotécnico complementario viaducto sobre río Serpis acceso puerto Gandía (febrero 2016) y adenda estudio geotécnico (febrero 2017).** Elaborado por Prodein, este realiza un sondeo en la pila central del puente, situada en el cauce del río. Esto es debido a que se tardaron en conseguir los permisos para ello.

Los estudios aquí recogidos, así como sus ensayos se recogerán con más detalle en el apartado de *Trabajos de campo y laboratorio*.

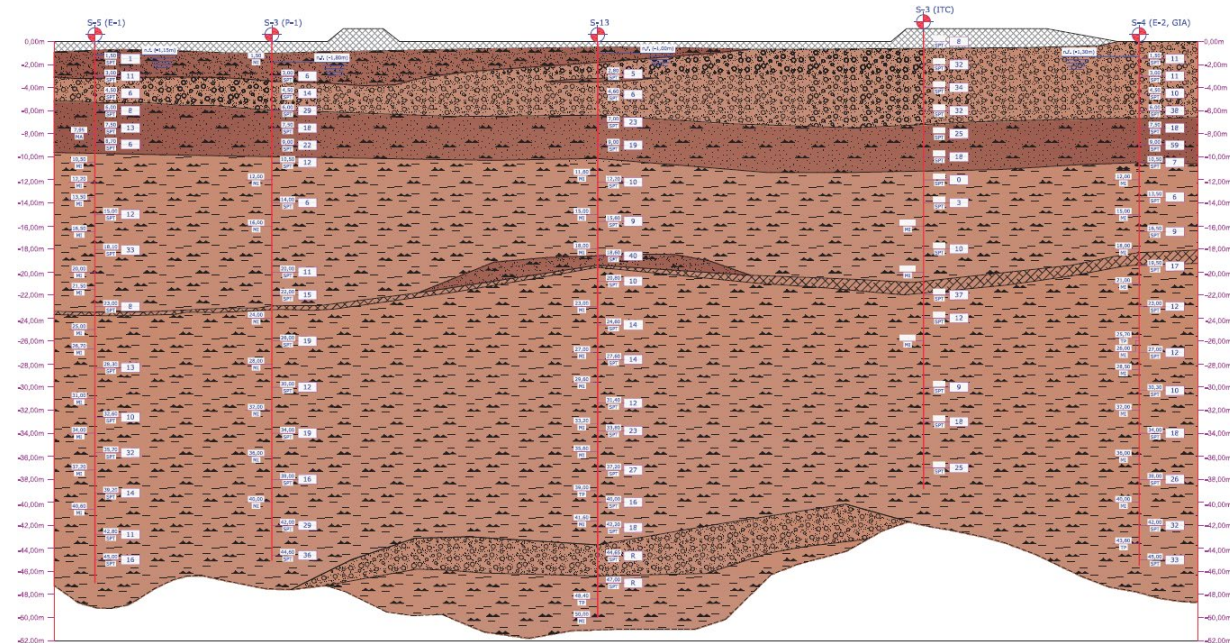


Ilustración 1. Corte geológico realizado con los cinco sondeos más representativos del puente de carretera (mencionados anteriormente). Se incluirá en el anejo junto a su leyenda (Fuente: Estudio Geotécnico del Proyecto del Acceso sur al Puerto de Gandía).

5 Condiciones geológicas-geotécnicas e hidrogeográficas

El proyecto se encuentra localizado geológicamente en la parte oriental de las denominadas Zonas Externas de la Cordillera Bética, conjunto de materiales de edades comprendidas entre el Triásico y el Terciario, que forman parte de varias unidades estratigráficas y estructurales bien diferenciadas: Prebético de Alicante, Subbético Alóctono y los Sedimentos Postmanto. Para la extracción de estos datos se ha empleado *Geología de España, 2004*.

La zona comprendida entre los P.K. 3+990 hasta el P.K. 4+206 del puente actual, zona de actuación del puente, sus pilas y estribos se apoyan sobre materiales pertenecientes a las formaciones cuaternarias Q₃, Q₄ y Q₅, correspondientes a Limos de inundación (limos marrones de plasticidad media-baja); Playa (arenas bien graduadas con restos de conchas); y terreno aluvial y fondo de rambla (terrenos heterogéneos de espesor de orden métrico). En los anejos se adjunta un plano con su correspondiente leyenda donde se puede apreciar con mayor detalle el reparto de los materiales, así como la topografía y las coordenadas UTM-30 en las que se encuentra la zona de actuación.

En cuanto a la hidrogeología, la Comunidad Valenciana presenta un sistema hidrográfico de tipo Mediterráneo, cuya principal característica es su gran irregularidad, produciéndose ocasionalmente crecidas muy violentas, generalmente entre finales de verano y principios de otoño, favorecidas por la deforestación de las cuencas.

La zona de estudio queda enmarcada en la Cuenca Hidrográfica del Júcar, dentro del sistema de explotación nº6: Serpis, Unidades hidrogeológicas 08.38 (Plana de Gandía-Denia). Para la toma de datos se ha empleado el *Mapa hidrogeológico en el entorno de Gandía. ITGE, 1986*.

6 Trabajos de campo y laboratorio

Analizando la planta de la pasarela peatonal propuesta en el *Anejo Nº2. Cartografía y Topografía* de este proyecto básico con los cinco sondeos disponibles mencionados anteriormente encontramos que, de ellos, todos salvo el del estribo de la margen derecha (correspondiente al realizado en marzo-abril 2010) nos son de utilidad debido a la proximidad con las subestructuras de la pasarela con los sondeos.

A continuación, se hará una descripción más detallada de los cuatro sondeos realizados, así como de los datos que nos aportan. Estos están repartidos en tres estudios geotécnicos:

- El primer estudio geotécnico, realizado en 2008 por ITC S.A. llevó a cabo un sondeo (S-3) en la pila 3 del puente (situada en la margen izquierda del río), que nos es de utilidad para la pila 3 de nuestra pasarela. Este se realizó a rotación con recuperación continua, con una profundidad total de 37 metros. Se recogieron 3 muestras inalteradas y se realizaron 9 ensayos de SPT con toma de muestra.

- b. La segunda campaña geotécnica complementaria, realizada en 2011 por GIA S.L. consta de la elaboración de dos sondeos a rotación, entre los que se ha alcanzado una profundidad total investigada de 98m. Los sondeos, que reciben la denominación de S-3 y S-4, se encuentran ubicados en la pila 1 y el estribo 2 (margen izquierda) respectivamente. A su vez, se han tomado cuatro muestras inalteradas de cada sondeo y se han realizado dos ensayos de penetración estática con medida de presiones intersticiales(CPTU).
- c. La tercera campaña geotécnica complementaria, realizada en 2016 por Prodein, añade un nuevo sondeo (S-13) realizado a rotación con recuperación continua de testigo y ubicado en el eje de la pila 2 que se ubica en el lecho del río (no disponible por falta de permisos) y que concluye a la toma de sondeos en todos los puntos clave del puente. De él se han extraído siete muestras inalteradas, dos testigos parafinados y se ha realizado un SPT. El nivel freático se ubica a 1,5m de la superficie.

En cuanto a la realización de ensayos de laboratorio, se han realizado los siguientes: granulometría, límites de Atterberg, humedad, densidad, resistencia a compresión simple (R.C.S.), Triaxial, corte directo (C.D.), edométrico y en contenido de materia orgánica y sulfatos.

7 Descripción geotécnica del terreno

El terreno encontrado en los cuatro sondeos realizados tiene una similitud bastante homogénea (como se puede apreciar en la **Ilustración 1**):

0. **Rellenos y tierra vegetal:** Los primeros 60 cm de superficie. Carece de interés geotécnico y se debe retirar para poder realizar cualquier trabajo sobre el terreno.
- A. **Arenas con limos de compacidad muy suelta:** Hasta los aprox. 3,50. En el techo hay mayor contenido en limos, raíces vegetales hasta la cota 1,4-1,8m. De ahí hasta el muro se trata de arenas finas (SW-SM) con limos y materia orgánica
- B. **Arenas con limos de compacidad media con un lentejón granular:** Este nivel llega hasta los 10m de profundidad. Se trata de arenas finas y medias de color grisáceo con niveles de gravas en la mitad inferior del estrato. Los ensayos realizados en este estrato arrojan los siguientes parámetros geotécnicos: ángulo de rozamiento efectivo $\phi = 33^\circ$, cohesión $c' = 0\text{kPa}$, densidad aparente $\gamma = 21\text{Kn/m}^3$, módulo deformativo efectivo $E' = 25\text{-}30\text{MPa}$.
- C. **Arcillas y limos arenosos de consistencia a muro se incrementan la cuantía de cantos:** Este nivel alcanza los 20-23m de profundidad. En general, se trata de limos y arcillas limosas de baja plasticidad (CL y ML). Los ensayos realizados en este estrato arrojan los siguientes parámetros geotécnicos: ángulo de rozamiento efectivo $\phi = 29^\circ$, cohesión $c' = 10\text{kPa}$, densidad aparente $\gamma = 19\text{Kn/m}^3$, densidad seca $\gamma_d = 17\text{ kN/m}^3$, módulo deformativo efectivo $E' = 12\text{MPa}$.

D. Arcillas y limos de consistencia firme: Es el último nivel diferenciado. Se trata de arcillas limosas de baja plasticidad (CL) que superan la profundidad de 47m. Los ensayos realizados en este estrato arrojan los siguientes parámetros geotécnicos: ángulo de rozamiento efectivo $\phi = 30^\circ$, cohesión $c' = 20\text{kPa}$, densidad aparente $\gamma = 20\text{Kn/m}^3$, densidad seca $\gamma_d = 18\text{Kn/m}^3$, módulo deformativo efectivo $E' = 18\text{-}20\text{MPa}$.

El **nivel freático** aparece entorno al metro de profundidad de media en los sondeos realizados.

8 Tipología de cimentación

Debido a las circunstancias del terreno, los estudios geotécnicos analizados y compendiados recomiendan la ejecución de cimentación profunda mediante pilotes "in situ" encamisados con un diámetro de 1,5m. Las resistencias unitarias calculadas para los pilotes en los distintos niveles son los siguientes:

Resistencia unitaria por punta:

		Resistencia unitaria por punta (kPa)	
Estrato	C_u (kPa)	Modelo SPT	Modelo Mohr-Coulomb
Nivel D. Arcillas limosas firmes	100-125	—	1250 (*)

(*) se ha aplicado el factor de reducción por el tamaño del pilote

Ilustración 2. Valores para la resistencia unitaria por punta (Fuente: Estudio Geotécnico del Proyecto del Acceso sur al Puerto de Gandía).

Resistencia unitaria por fuste:

			Resistencia unitaria por fuste (kPa)	
Estrato	N ₃₀	c _u (kPa)	Modelo SPT	Modelo Mohr-Coulomb
Nivel B. Arenas y gravas medias	20		45	—
Nivel C. Arcillas medias		50		35 (60*)
Nivel D. Arcillas firmes		100-125	-	60

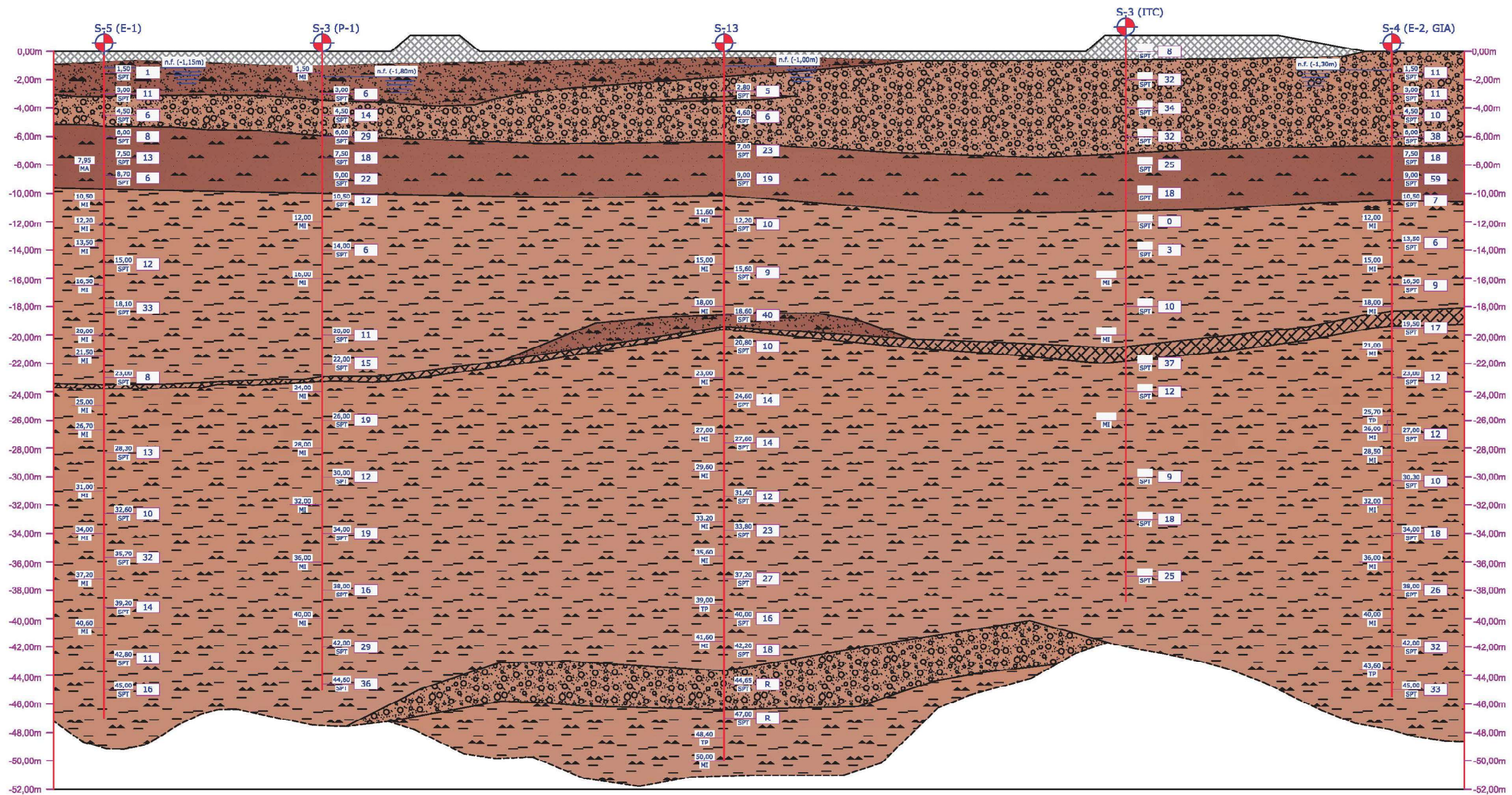
(*) Intercalaciones de gravas/firmes

Ilustración 3. Valores para la resistencia unitaria por fuste (Fuente: Estudio Geotécnico del Proyecto del Acceso sur al Puerto de Gandía).

No obstante, hay que considerar la proximidad de la cimentación del puente ya realizado a las cimentaciones de nuestra estructura. Por lo que, finalmente, se recomienda el empleo de micropilotes frente a los pilotes anteriormente mencionados. Esta decisión también es debida a que debido a la naturaleza de la estructura, así como a los materiales escogidos para la superestructura, los esfuerzos a transmitir en las pilas son reducidos, y el uso de pilotes en este caso sería sobredimensionado.

9 ANEXOS

9.1 Planos



Nivel 0



Rellenos

Nivel A



Limos arenas sueltas

Nivel B1



Gravas arenosas medias

Nivel B2



Arenas limosas medias

Nivel C1



Arcillas limosas medias blandas

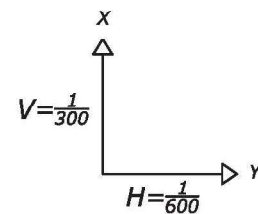
Nivel C2



Arcillas limosas medias blandas firmes con módulos



Arcillas limosas medias blandas



Profundidad de toma

37,20
MA

Tipo de muestra

Valor N_{30} del SPT

80

NIVEL FREÁTICO



SONDEO

