



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**



ANEJO Nº 09 – ESTUDIO GEOTÉCNICO

Proyecto básico y estructural de piscina cubierta y aparcamiento subterráneo en AV/ Augusta. Jávea (Alicante)

Grado en Ingeniería Civil

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....3

2. OBJETO Y ALCANCE DEL DOCUMENTO3

3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.....3

3.1. LOCALIZACIÓN..... 3

3.2. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA 3

4. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS4

5. ENSAYOS REALIZADOS.....4

5.1. ENSAYOS DE CAMPO..... 4

5.1.1. SONDEOS MECÁNICOS 5

5.1.2. TOMA DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS 5

5.1.3. TOMA DE MUESTRAS ALTERADAS 5

5.1.4. PENETRACIONES DINÁMICAS..... 5

5.2. ENSAYOS DE LABORATORIO 5

6. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES EXISTENTES.....5

6.1. NIVELES ESTABLECIDOS 6

6.2. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS 9

6.2.1. AGRESIVIDAD QUÍMICA DEL HORMIGÓN 9

6.2.2. ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL TERRENO 9

7. ESTUDIO DE SOLUCIONES10

7.1. CIMENTACIÓN 10

7.2. ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN DEL TERRENO 10

1. Introducción

Un estudio geotécnico es el conjunto de actividades que permite recopilar información cuantificada de las características del terreno y del entorno donde se ha de ubicar la estructura que se desea proyectar.

Todas las características del terreno se han determinado mediante una serie de actividades, llamadas en su conjunto reconocimiento del terreno, como se puede apreciar a lo largo de este documento.

El estudio geotécnico ha sido realizado por Geotecnia M. Arbona, S.L. para un proyecto en una parcela cercana a la localización de esta actuación. A lo largo de este anejo, se irán adjuntando todos los documentos necesarios para obtener los datos necesarios que serán aplicados para los cálculos de la cimentación de esta actuación.

2. Objeto y alcance del documento

El objeto y alcance de este documento es obtener el tipo de cimentación necesaria para que dicha cimentación sea capaz de transmitir las cargas de la estructura al terreno sin que se colapse o deforme dicho terreno. Del mismo modo, también se pretende evaluar si es necesario o no el uso de elementos para garantizar la estabilidad del terreno, durante la excavación del aparcamiento subterráneo, obteniendo el tipo de estructura de contención más idónea en caso de que sea necesaria.

Antes de realizar cualquier cálculo para el dimensionado de la cimentación y muros de contención del terreno, es necesario obtener parámetros geotécnicos y caracterizar el terreno existente. Para llevar a cabo esto, se han realizado una serie de trabajos de campo y ensayos de laboratorio que se explican más adelante.

3. Localización y descripción de la obra

3.1. Localización

La actuación tendrá lugar en la localidad de Jávea, provincia de Alicante, zona sur de la Comunidad Valenciana, España.

La parcela en la que se va a llevar a cabo la actuación linda con la Avenida de Augusta por el Nord-Este, y con la Calle Florencia por el Nord-Oeste. Al sur de la parcela, encontramos el Canal de la Fontana; con unas coordenadas geográficas de la parcela $38^{\circ}46'41.7''\text{N}$ $0^{\circ}11'02.2''\text{E}$.

La zona de actuación se puede observar en la siguiente imagen:



Imagen 1. localización de la actuación.

3.2. Descripción de la obra

La actuación consistirá en construir un complejo polideportivo, el cuál dispondrá de dos pistas de baloncesto, una pista de fútbol sala y una piscina cubierta, además de diversas zonas de ocio para niños. Debajo de la estructura se procederá a la construcción de un aparcamiento subterráneo de aproximadamente 520 plazas, distribuidas en dos sótanos para dotar de estacionamiento, tanto a los vecinos residentes de la zona, como a los visitantes del complejo.

4. Descripción de las estructuras

El objeto del proyecto básico es poder llevar a cabo la ejecución tanto de la piscina cubierta como del aparcamiento subterráneo.

Por un lado, se tiene la estructura de la piscina cubierta o principal, y por otro de tiene un edificio auxiliar para los cuales se ha realizado un estudio de soluciones que puede verse en la memoria de este mismo proyecto básico.

En este estudio de soluciones se han tenido en cuenta criterios como el diseño, la funcionalidad, estética y economía, que por medio de una matriz multicriterio se ha obtenido la solución más óptima que se presenta a continuación.

Las dimensiones de la piscina son de 50 metros de largo y 21 metros de ancho. Debido a la anchura de la piscina junto con las distancias alrededor de ésta que marca la normativa, y a que en su interior la piscina alberga un graderío, la luz a salvar ha de ser de 48 metros, lo que supone una gran distancia, que se debe salvar sin la ejecución de pilares intermedios para una adecuada funcionalidad de la instalación.

Las dimensiones del edificio principal resultan ser por lo tanto 60 x 48 metros, mientras que el edificio auxiliar tiene unas dimensiones de 15 x 48 metros.

Ambas estructuras están conectadas en el interior para garantizar la funcionalidad del edificio por lo que ambas cuentan con un forjado en el primer, en el edificio principal este forjado permite el acceso al graderío, mientras que en el edificio auxiliar en este forjado se disponen un gimnasio y una cafetería.

De este modo la estructura tiene unas dimensiones totales de 75 metros de largo y 48 metros de ancho.

El material escogido para la ejecución de la estructura es el acero. Para salvar la luz, se disponen celosías cilíndricas tipo Warren, con una altura de 4 metros en el punto medio.

Las celosías están dispuestas en la estructura principal cada 7,5 metros, por lo que cuenta con un total de 9 pórticos.

En el caso de la estructura auxiliar se disponen los pórticos cada 4 metros, lo que proporciona un total de 12 pórticos. Esta estructura sirve además para garantizar la estabilidad de la estructura frente a las acciones del viento.

La estructura tiene una altura total de 14 metros en el punto medio.

Por otro lado, tenemos el aparcamiento subterráneo, que consta de dos plantas. El material empleado en este caso, será el hormigón armado tanto para los pilares como para los forjados y elementos de contención del terreno.

Las dimensiones de los dos sótanos de los que dispone el aparcamiento son 110 x 76 metros. Sin embargo, las dimensiones de la primera planta se ven reducidas debido a que debajo del vaso de la piscina no se disponen plazas de aparcamiento, ya que es un espacio destinado a mantenimiento y albergará instalaciones necesarias para el funcionamiento normal de la piscina.

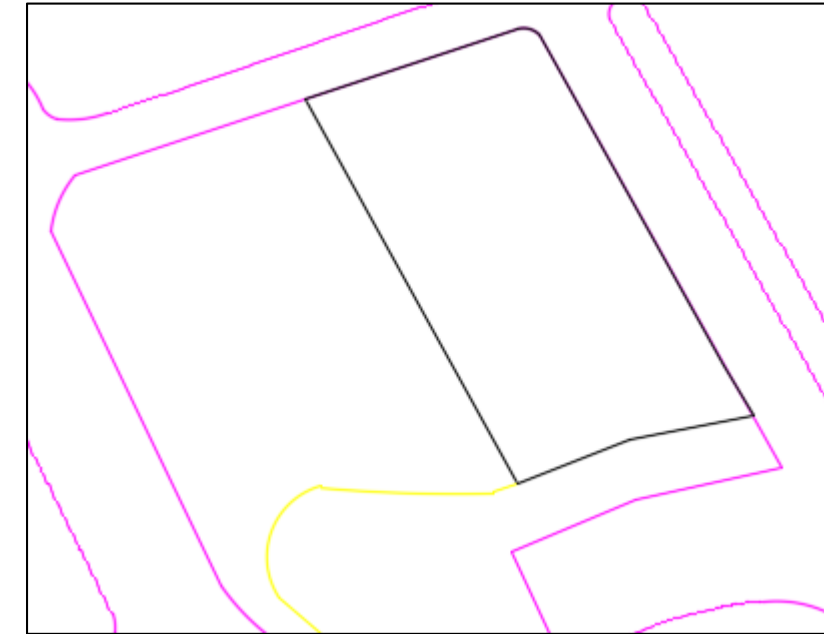


Imagen 2: descripción perimetral de la actuación.

5. Ensayos realizados

Para poder establecer las características del suelo ha sido necesario realizar diversos ensayos que se detallan a continuación.

Todos los datos de estos ensayos provienen de un estudio geotécnico de una parcela cercana al emplazamiento objeto de este proyecto básico, y han sido realizados por la empresa Geotecnia M. Arbona, S.L.

5.1. Ensayos de campo

En el Plano de Emplazamiento se han situado, sobre la planta del solar, los puntos de reconocimiento investigados durante la campaña de campo. Estos puntos se distribuyeron en la superficie edificable y se llevaron a la profundidad necesaria para definir las profundidades activa y característica bajo los cimientos.

La Campaña de Reconocimiento ha consistido en la realización de:

- Un sondeo mecánico a rotación hasta la profundidad recogida en la tabla adjunta. En el mismo, además de la extracción continua de testigo, se han tomado un total de 7 muestras representativas, tipo MRG, y se ha efectuado 1 ensayo de penetración estándar SPT.

Sondeo	Profundidad
S-1	24,6 m

Tabla 1.1. Ensayo SPT

- Dos penetraciones dinámicas superpesadas (DPSH) hasta las profundidades recogidas en la tabla adjunta:

Penetración dinámica	Profundidad
PD-1	21,6 m (rechazo)
PD-2	19,6 m (rechazo)

Tabla 1.2. Ensayo DPSH

La Investigación se programó y realizó, conforme a lo definido para su Diseño y Construcción en la NTE-CEG, como Campaña de Categoría II - 3.24. Las técnicas de trabajo se detallan seguidamente.

5.1.1. Sondeos mecánicos

Perforado con equipo de sondeos a rotación según las normas ASTM D-2113-70 y XP P94-202. La perforación la realizó GEOTECNIA M. ARBONA, S.L.

5.1.2. Toma de muestras representativas

Se tomó un total de siete muestras inalteradas mediante el tomamuestras de pared gruesa, MRG.

La toma de muestras se realiza de acuerdo con la norma XP P94-202. Su grado de alteración permite encuadrarlas dentro de las de Tipo - I, según la NTE-CEG.

5.1.3. Toma de muestras alteradas

Mediante la cuchara de cilindro partido, normalizada por Terzaghi, se ejecutó una prueba de penetración estándar con toma de muestra.

Como es usual, se simultaneó la toma de la muestra registrando el número preciso para hincar los finales 30 cm de un total de 45, operación realizada a tramos de 15 cm.

Este ensayo de penetración dinámica se denomina S.P.T. (Standard Penetration Test). Su técnica operativa, así como la energía y cantidad de movimiento desarrolladas por la caída libre de la maza, están normalizadas en la norma UNE 103.800-92.

Examinada la muestra tomada, se comprobó que dado su grado de alteración queda encuadrada en las definidas como del Tipo III en la NTE-CEG.

5.1.4. Penetraciones dinámicas

Se empleó un penetrómetro dinámico DPSH, de accionamiento automático, lo que garantiza la uniformidad de altura y libertad en la caída de la maza de golpeo.

Está equipado con varillas de acero de $\varnothing = 32$ mm, de 8,8 kg de masa la primera varilla (de 1 m de longitud), y el resto masa unitaria 6,0 kg/m. El varillaje está provisto en su boca inferior con una puntaza de acero, a

perder en el ensayo, de sección circular nominal $\varnothing = 51$ mm (0,67 kg de masa), por lo que la sección es de 20 cm², acabada en punta cónica. El mayor tamaño relativo de la puntaza sobre las varillas reduce a valores mínimos el rozamiento del suelo ya penetrado sobre estas.

El ensayo se realiza golpeando sin interrupción, a razón de 30 golpes por minuto, sobre un pequeño yunque (de peso propio despreciable) acoplado en el extremo superior del varillaje, con una maza de golpeo que pesa 63,5 kg y cuya caída libre es de 0,76 m. En su caída, la maza está guiada por un vástago solidario a un carro deslizante. Este conjunto, que pesa un total de 115 kg, gravita permanentemente sobre el varillaje.

El ensayo consiste en registrar el número de golpes, NPDP, preciso para hincar el varillaje en el terreno tramos de igual longitud, normalizada en 0,20 m. Su metodología está recogida en la norma UNE 103.801-94.

5.2. Ensayos de laboratorio

Las muestras de suelos fueron analizadas por el laboratorio de ensayos Taller Acar, SL, acreditado en el área SE y ST, de acuerdo con las normas que se mencionan en el cuadro adjunto:

Grupo	Ensayo	Cantidad	Normativa			
			UNE	NLT	ASTM	EHE
E.B. (Clasificación)	Límite líquido	5	103-104	106	D4318	
	Límite plástico	5	103-103	105	D4318	
	Granulometría	5	103-101	104	D422	
E.B. (Volumétricas)	Humedad	5	103-300	102	D2216	
E.B. (Resistencia)	Compresión simple	2	103-400	202	D2169	
Otros	Edómetro	1	103-405		D2435	
E.B. (Químicos)	Sulfatos solubles en suelo	1	103-201			Anejo 5
E.B. Agua (Químicos)	Valor del pH	1				Anejo 5
	Residuo seco a 110°C	1				
	Contenido en sulfatos (SO ₄ ⁺)	1				
	Contenido en magnesio (Mg ₂ ⁺)	1				
	Dióxido de carbono libre (CO ₂)	1				
	Contenido de amonio (NH ₄ ⁺)	1				

Tabla 1.3. Ensayos realizados en el laboratorio

También es necesaria la obtención del módulo de balasto, este se ha determina mediante las tablas de J. Calavera, los cálculos realizados para obtener el valor de este coeficiente se explican en el anejo de cálculo geotécnico.

6. Características de los materiales existentes

Una vez realizados todos los trabajos de campo y ensayos de laboratorio pertinentes, se puede pasar a la caracterización de los materiales. Este apartado permite obtener todos los parámetros del suelo que sirven de base para realizar todos los cálculos posteriores y poder obtener así las dimensiones de la cimentación.

6.1. Niveles establecidos

Se define seguidamente la serie estratigráfica actual basándose en el perfil registrado en el sondeo y las penetraciones dinámicas, referido a la cota $\pm 0,00$ m correspondiente al nivel estimado de la futura acera de la Avenida Vía Augusta frente al solar.

Referenciado con la cota a la que se encuentra el Canal de la Fontana la futura acera de la Avenida Vía Augusta frente al solar se encuentra a la cota +2,10 m.

Tierra vegetal

En primer lugar, el sondeo atraviesa una capa de tierra vegetal de 0,5 m de espesor. Se trata de una arcilla masiva de color marrón oscuro, con abundantes restos de conchas de gasterópodos, raíces y algún canto de tamaño gravilla. Se puede observar alguna veta horizontal de color ocre tirando a rojizo.

Los ensayos de penetración dinámica indican que la compacidad es de media a media alta, ya que los valores de golpeo obtenidos oscilan entre $8 < \text{NDPSH} < 27$ golpes.

Limo arcilloso-arenoso pardo

A continuación, se identifica, hasta la cota -2,7 m en el sondeo, una capa de limos arcillosos de color marrón pardo algo húmedo con pequeñas oquedades que le dan un aspecto esponjoso. También se observan restos de conchas de gasterópodos. Se trata de unos limos de consistencia blanda con algún tramo de carácter predominantemente arenoso, sobre todo a techo.

Presentan una cierta cohesión. En los puntos estudiados en las penetraciones dinámicas, estos limos corresponderían al terreno hasta la cota -2,4 m en PD1, y hasta -3,0 m en PD2, en los que los golpes obtenidos van de $5 < \text{NDPSH} < 8$ golpes y para la obtención de la muestra inalterada a la cota -1,8 m, el tomamuestras registró valores de $\text{NMRG} = 9$ que tienen una correspondencia aproximada del 50% con el valor del SPT.

Los ensayos de identificación realizados en dicha muestra, clasifican al suelo como una arcilla de baja a media plasticidad de color marrón oscuro (CL).

Limo arcilloso marrón

Hasta la cota -4,8 m aparece un estrato de limo arcilloso a vetas marrones, grises y ocre muy húmedo y de consistencia blanda. Hasta la cota -3,9 m tiene más carácter arenoso, mientras que a partir de ahí es más arcilloso, con finos plásticos. En todo su espesor se encuentran restos de conchas y gasterópodos.

Los golpes obtenidos en las penetraciones dinámicas, muestran un terreno de consistencia blanda, ya que sus valores oscilan de $1 < \text{NDPSH} < 4$ golpes en PD1 y de $2 < \text{NDPSH} < 4$ golpes en PD2.

Limo orgánico gris oscuro

Entre las cotas -4,8 m y -13,5 m el terreno consiste en un limo orgánico gris oscuro a negro y con restos de conchas de gasterópodos y filamentos vegetales en descomposición.

Los golpes registrados entre estas cotas, alcanzan valores de $4 < \text{NDPSH} < 12$ golpes en PD1 aunque la media es de 7 golpes aproximadamente y de $4 < \text{NDPSH} < 17$ golpes con una media de 9 a 10 golpes en PD2. Da la impresión de que estos valores están sobreestimando la consistencia del terreno ya que para la obtención de las 3 muestras inalteradas a las cotas -4,8 m y -7,8 m y -10,8 m el tomamuestras de pared gruesa registró valores de NMRG de 4, 5 y 2 que corresponden a un terreno blando entre blando y muy blando.

Se han realizado dos ensayos de compresión simple en las muestras inalteradas tomadas a cota -4,8 m y -10,8 m y los valores obtenidos han sido 44,4 kPa y 30,3 kPa respectivamente. Los ensayos de identificación realizados en dichas muestras, clasifican al suelo como una arcilla de baja a media plasticidad (CL). La muestra tomada a cota -4,8 m es de color marrón oscuro y de color gris oscuro la tomada a cota -7,8 m.

En un primer tramo se trata de un material en el que predomina la fracción fina, con porcentajes de finos de más del 85% en las muestras tomadas a cota -4,8 m y -7,8 m. También aparece alguna veta de arena húmeda, con mayor permeabilidad. A partir de la cota -9,6 m aumenta la fracción arenosa, aunque no se tiene ninguna granulometría en esta zona. Se observa también una veta de arena de -10,0 m a -10,2 m.

Arena arcillosa gris

En el sondeo se puede apreciar un nivel de arena algo arcillosa gris que va de cota -13,5 m a cota -16,2 m. Hasta la cota -15,1 m se trata de una arena de playa gris muy húmeda. A continuación, se trata de un nivel de transición, cada vez más arcilloso y muy húmedo, de consistencia blanda y muy pegajosa. Este cambio de facies marina-continental es típico de estos ambientes deposicionales, variando según la posición temporal de la línea de costa.

Entre estas cotas las penetraciones dinámicas registraron valores de $11 < \text{NDPSH} < 21$ en PD1 e incluso un golpeo de 30 a -16,4 m, mostrando este aumento de golpes un aumento en la capacidad portante del terreno. Sin embargo, en PD2, los valores oscilan entre $9 < \text{NDPSH} < 12$ golpes, considerablemente más bajos. Sorprendentemente, para la obtención de la muestra inalterada tomada a cota -13,8 m, el tomamuestras sólo registró un golpe, $\text{NMRG} = 1$, lo que correspondería a un suelo muy blando.

Se ha constatado esta discrepancia de golpes entre sondeos y penetraciones dinámicas en numerosos reconocimientos en la zona. Los valores del par de rotación en las penetraciones son elevados, lo que suele ser indicativo de un elevado rozamiento lateral.

Los ensayos de identificación realizados en esta muestra clasifican el suelo como una arcilla de baja plasticidad (CL) de color marrón grisáceo.

Arcilla anaranjada con vetas de arena gris

A continuación, de cota -16,2 m a -18,0 m aparece un nivel de arcilla anaranjada con lentejones de arena gris. Está muy húmeda y es muy blanda. Para la obtención de una muestra inalterada a cota -16,8 m el tomamuestras registró $\text{NMRG} = 0$ golpes. Nuevamente los valores obtenidos en las penetraciones dinámicas

no concuerdan demasiado con esto, ya que oscilan entre $10 < \text{NDPSH} < 13$ y $14 < \text{NDPSH} < 16$ golpes para PD1 y PD2 respectivamente.

Arcilla anaranjada

Desde la cota -18,0 m a hasta la cota -19,8 m, el terreno consiste en una arcilla limosa anaranjada de consistencia bastante rígida, ya que tiene tramos algo encostrados en los que se aprecian algunas manchas blancas, indicio de carbonatación.

Para la obtención de la muestra inalterada a la cota -19,2 m, el tomamuestras registró valores de NMRG =9 golpes que indican que el terreno tiene una mayor consistencia que las capas superiores. Los golpes registrados en las penetraciones dinámicas alrededor de estas cotas son también mayores, con una oscilando entre $14 < \text{NDPSH} < 17$ para PD1 hasta la cota -19,2 m y entre $20 < \text{NDPSH} < 22$ golpes hasta -19,8 m para PD2.

Los ensayos de identificación realizados en la muestra inalterada clasifican el suelo como una arcilla de baja a media plasticidad (CL) de color marrón rojizo.

Arcillas y gravas

Por último, hasta el final del sondeo a cota -24,6 m, aparecen arcillas limosas de color marrón anaranjado con gravas. Se puede distinguir un primer nivel, hasta cota -20,7 m más arcilloso, con gravas dispersas que correspondería a un nivel de transición, y un segundo nivel, de arcillas y gravas heterométricas, desde algunas de tamaño gravilla a bolos más grandes.

Perfil característico del terreno



GEOTECNIA M. ARBONA, S.L.

CUADRO DE SIGNIFICADOS DE LAS MEMORIAS DE SONDEOS

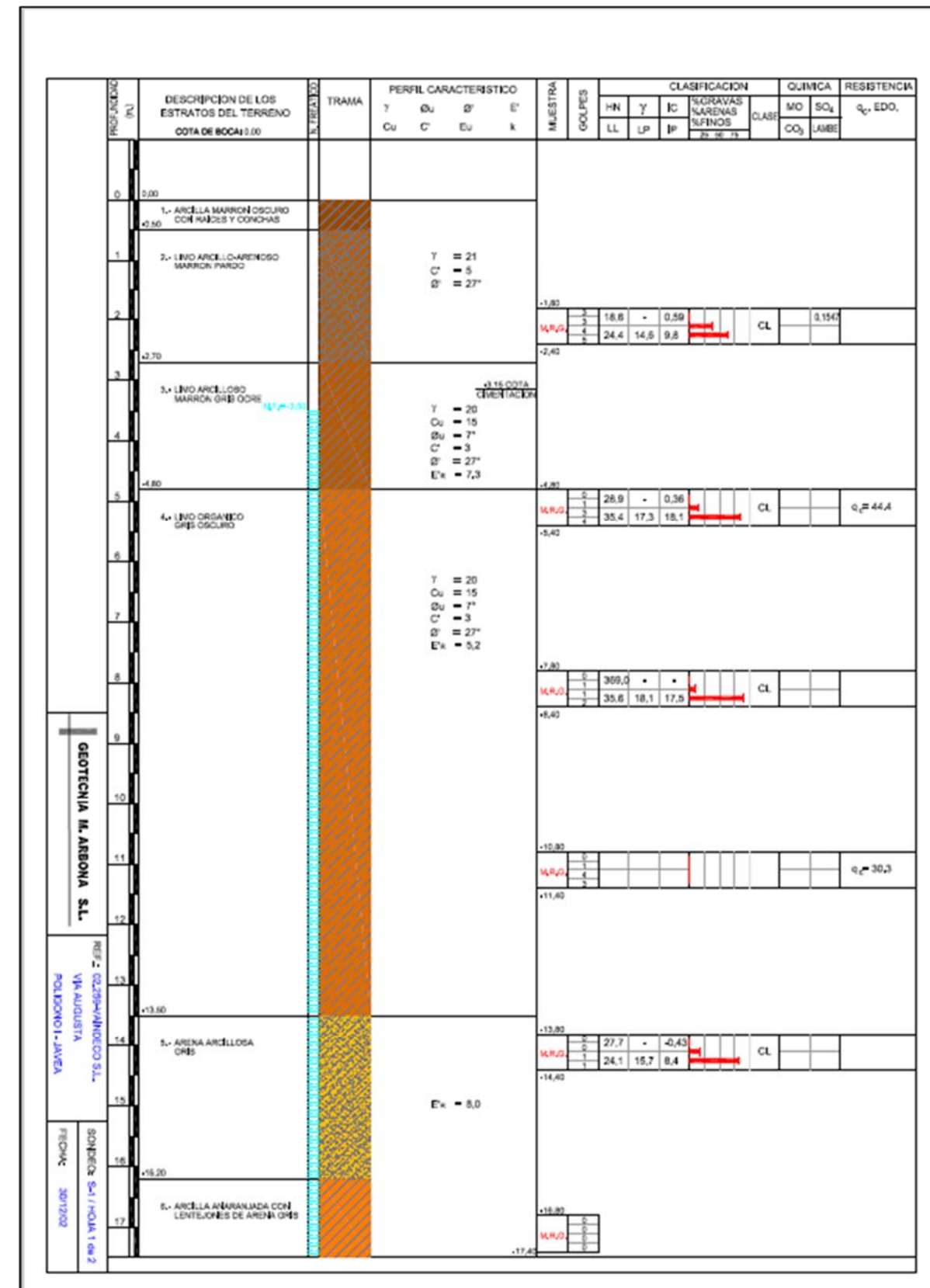
<u>MUESTREO</u>			
MI =	Muestra tubo PVC	ASTM D 3550-84	
SPT =	Muestra ó ensayo SPT	UNE 103.800-92	
SPC =	Ensayo SPT puntaza ciega		
TB =	Muestra parafinada tomada del tubo batería		
<u>ENSAYOS DE CLASIFICACION</u>			
HN =	Humedad natural	%	UNE 103.300-93
γ =	Peso específico	kN/m ³	UNE 103.301.94
IC =	Índice de consistencia relativo	= (LL - HN) / IP	
LL =	Límite líquido	%	UNE 103.103.94
LP =	Límite plástico	%	UNE 103.104.93
IP =	Índice de Plasticidad	%	= LL - LP
<u>GRANULOMETRIA</u>			
%C =	Porcentaje de gravas (> 5 mm)		
%S =	Porcentaje de arena (de 0,08 à 5 mm.)		
%F =	Porcentaje de finos (< 0,08 mm.)		
<u>ENSAYOS QUIMICOS</u>			
MO =	Materia orgánica	%	UNE 103.204.93
SO ₄ =	Sulfatos solubles	mg/kg	UNE 103.201.96
CO ₃ =	Carbonatos	%	UNE 103.200.93
LAMBE =	Ensayo hinchamiento	%	UNE 103.600.96
<u>ENSAYOS DE RESISTENCIA</u>			
q _c =	Resistencia compres.	kPa	UNE 103.400.93
q _s =	Ídem tramo superior de la muestra		
q _i =	Ídem tramo inferior de la muestra		
EDO =	Edómetro	MPa	UNE 103.405.94
E _N =	Módulo noval (para el tramo en estudio)		
E _D =	Módulo recarga/descarga (para el tramo en estudio)		
CD =	Corte directo	kPa	UNE 103.401.98
C _u =	cohesión sin drenaje	C' = cohesión con drenaje	
Φ_u =	ángulo de roz. sin drenaje Φ' = id. con drenaje		
TA =	Ensayo triaxial	kPa	UNE103.402.98

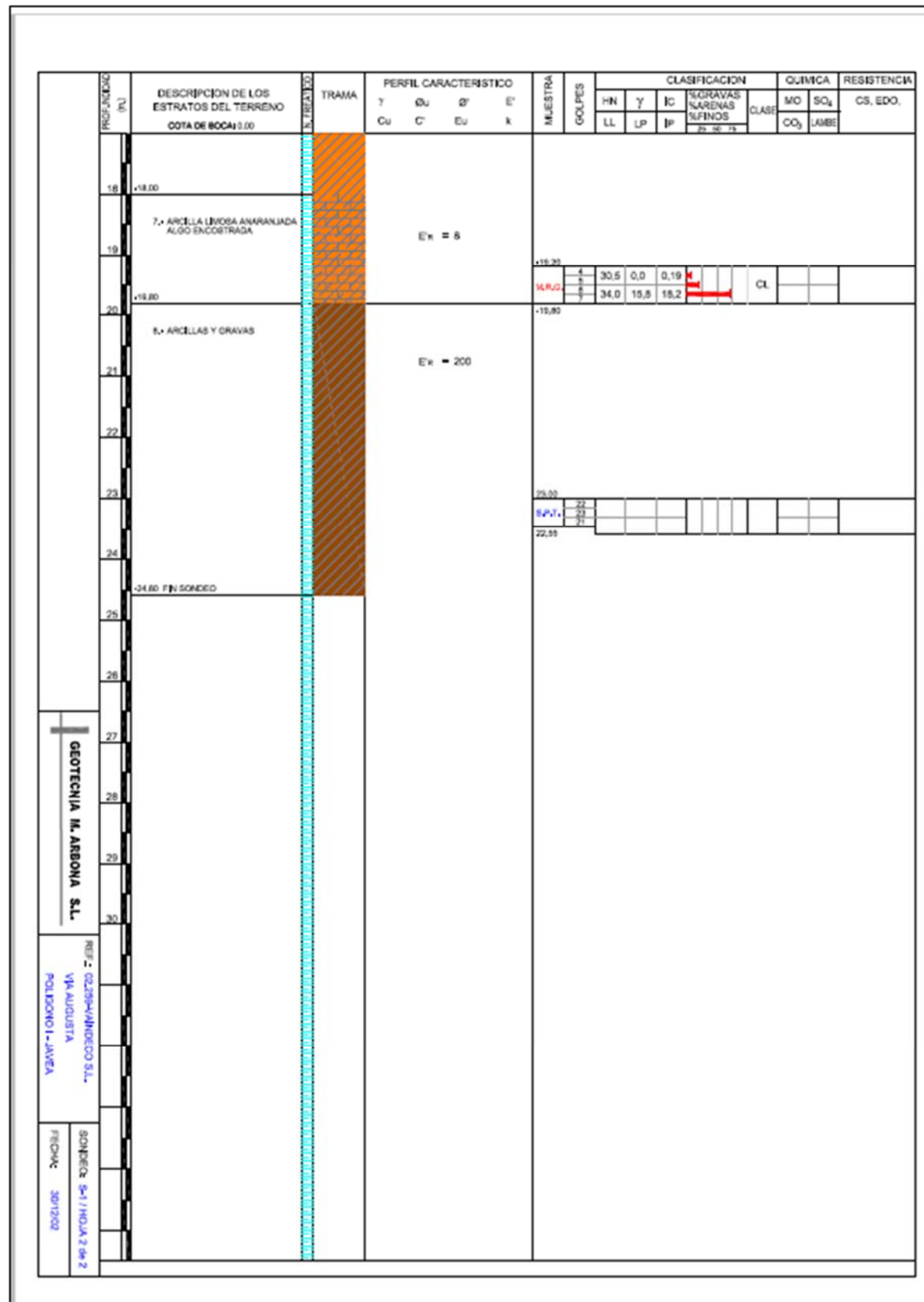


GEOTECNIA M. ARBONA, S.L.

CUADRO MAGNITUDES CARACTERÍSTICAS ATRIBUIDAS

γ	peso específico	kN/m ³
c_u	cohesión sin drenaje	kPa
c'	cohesión con drenaje	kPa
Φ_u	ángulo de rozamiento interno sin drenaje	
Φ'	idem con drenaje	
E_u	módulo de deformación sin drenaje	MPa
E'	módulo de deformación con drenaje	MPa
ν_u	módulo de Poisson sin drenaje	
ν'	módulo de Poisson con drenaje	
k	coeficiente de permeabilidad	m/seg.





6.2. Parámetros geotécnicos

6.2.1. Agresividad química del hormigón

Se trata de un terreno consistente, donde el ensayo SPT realizado a cota -23,0 m ha registrado valores de 44 golpes. En las penetraciones dinámicas han dado rechazo a cota -21,6 m la PD1, y a cota -19,6 m para PD2.

Del análisis cuantitativo de sulfatos realizado se concluye que la concentración de sulfatos en suelos es inferior a la mínima considerada como agresiva por la EHE.

Se ha realizado un análisis completo del agua freática. Siguiendo los métodos de ensayo para determinar la agresividad de las aguas al hormigón que se explican en el Anejo 5 de la Instrucción de Hormigón Estructural, resulta una concentración de sulfatos en el agua freática inferior a la mínima considerada como agresiva por la EHE. Sin embargo, el análisis de dióxido de carbono libre (CO₂) arrojó una concentración de 26,14 mg/l que supone una agresividad de grado débil siempre que el agua esté en contacto permanente o muy frecuente con la cimentación. Si tal es el caso, los elementos de cimentación se diseñarán a efectos de durabilidad para una clase general de exposición IIa, y una clase específica Qa.

6.2.2. Análisis de viabilidad del terreno

En este caso la continuidad horizontal de los estratos queda bastante bien definida.

Además, coincide perfectamente con los resultados de sondeos vecinos, lo cual permite definir un único Perfil Característico para todo el solar.

La geología de la zona se puede observar en la imagen 1.1 mostrada a continuación:

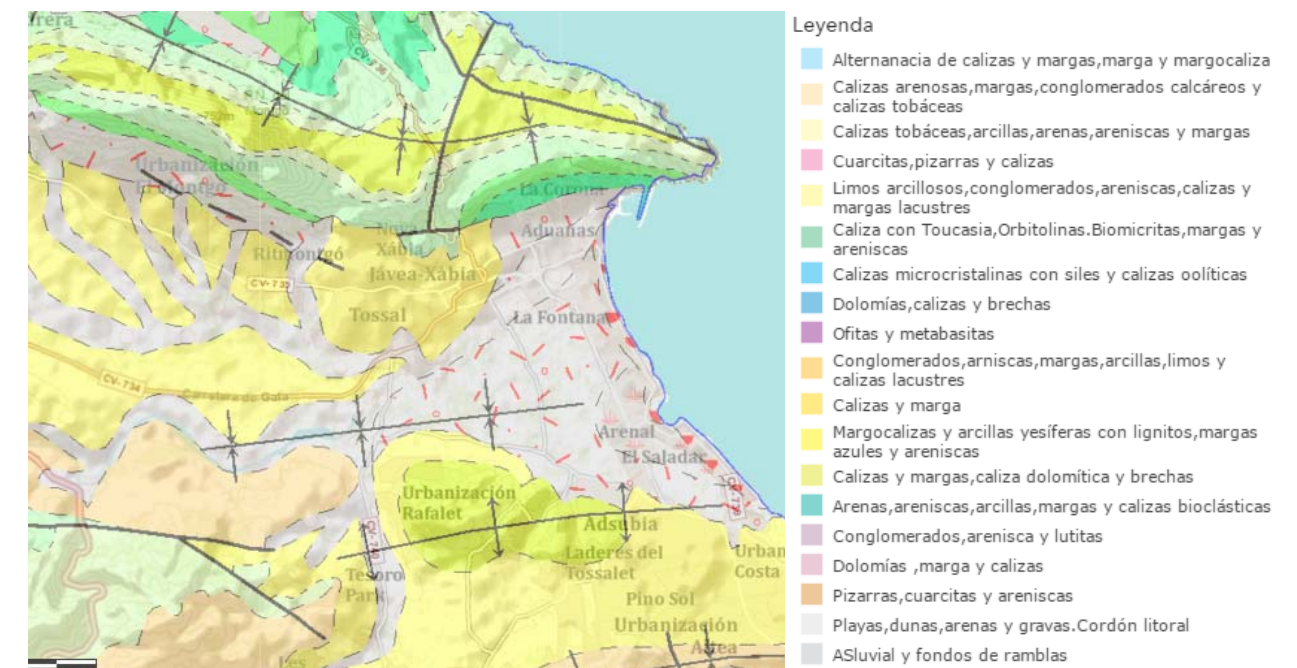


Imagen 1.1: geología de la zona

Nivel freático

En la reciente campaña geotécnica, el nivel freático ha sido detectado en el sondeo a la cota del Canal de la Fontana, tres metros por debajo de la cota rasante del muro pantalla, que coincide con la rasante de la parcela. En épocas de crecida, ya sea debido a variaciones del nivel del mar que afectan al canal o lluvias torrenciales que provocan la inundación de la rambla localizada detrás de la parcela, el nivel freático puede llegar hasta la cota +1m sobre la cota del canal (dos metros por debajo de la parcela). A la hora de realizar los cálculos de los muros pantalla y la losa de cimentación se utilizara este último valor para estar del lado de la seguridad.

7. Estudio de soluciones

7.1. Cimentación

Las soluciones de cimentación propuestas son:

- Cimentación superficial por losa.
- Cimentación profunda mediante pilotaje.

Cimentación superficial por losa

Es factible realizar una cimentación superficial mediante losa siempre que se diseñe para que el peso excavado permanentemente quede por encima del peso de la construcción proyectada con su carga máxima ya que de esta manera la tensión neta transmitida al terreno es prácticamente nula obteniéndose asientos bastante reducidos pese a las malas propiedades geotécnicas del terreno. En todo caso es imprescindible un análisis de los asientos previstos y asegurar que se sitúan dentro del intervalo admisible.

Para conseguirlo se debe realizar una excavación suficiente, de forma que el peso del terreno excavado compense el de la edificación proyectada, más sus sobrecargas más habituales. Lo cual se ha conseguido excavando un sótano más amplio que el edificio de la piscina, aunque asentará menos en los bordes y quizás excesivamente en el centro. Si la losa no está centrada las tensiones en el borde más cargado pueden superar ampliamente el intervalo de recarga y entrar en la zona noval con un basculamiento importante de la estructura.

Además, desde un punto de vista económico, esta solución es preferible a la opción de encepados con pilotes que deberían llevarse a una profundidad de unos 25 metros aproximadamente.

Cimentación profunda mediante pilotaje

En principio, se pueden usar todas las tipologías de pilotes, tanto prefabricados, CPP, como hormigonados in situ, CPI, excepto el CPI-7.

Se tiene que tener en cuenta la longitud del pilotaje, que será superior a los 20 metros, el tipo de terreno atravesado, las cargas previsibles bajo el edificio, el número de pilares y el coste. Debido a que los edificios de

las cercanías están lo suficientemente alejados, es innecesario estudiar la influencia que los cambios tensionales provocan sobre la nueva construcción.

Sin embargo, se debe controlar que en el proceso de la hinca de los pilotes no se produzcan afecciones a edificios próximos.

Para concluir, se adoptará como solución de la cimentación la ejecución de una losa de cimentación, ya que se trata de un terreno heterogéneo y que la construcción necesita estar dotada de sótanos estancos puesto que se van a utilizar como aparcamiento subterráneo. Además de todo esto, se adopta esta solución por economía y facilidades constructivas.

7.2. Estructura de contención del terreno

Las soluciones propuestas para la contención del terreno son:

- Muros pantallas.
- Tablestacas.

Cuando no es posible realizar una excavación a cielo abierto, por la presencia del nivel freático, como es el caso de la actuación se hace al abrigo de muros pantalla de hormigón armado o tablestacados, ya que son capaces de resistir los empujes del terreno e impermeabiliza el recinto excavado.

Muros pantalla

La ejecución de muros pantalla actúa de entibación de la excavación, no se produce demasiada descompresión en el terreno ya que no es necesario excavar el trasdós, por lo que son capaces de limitar los movimientos del terreno y soportar las cargas verticales. También tienen la ventaja de poder ejecutarse en cualquier tipo de terreno y posición de nivel freático, impermeabilizando la excavación, presentan espesores relativamente pequeños (entre 500 y 1000 mm) y presentan altos rendimientos de ejecución.

Por otra parte, en el cálculo del muro pantalla, deberá estudiarse si es necesario el anclaje del muro, aunque se puede afirmar que debido a la profundidad de la excavación va a ser necesario, ya sea por excesivas deformaciones del muro o por la profundidad de empotramiento que sería necesario.

Tablestacas

Las tablestacas tienen la ventaja de ser elementos prefabricados lo que presentan una elevada facilidad constructiva, ya que su acoplamiento se realiza mediante deslizamiento de una pieza contigua a lo largo de juntas longitudinales, ya sea por solape o por machihembradas, formando una pantalla continua que, al igual que los muros pantalla impermeabilizan el terreno, y limitan los movimientos del terreno no excavado en el trasdós.

Independientemente de que existen tablestacas de madera y hormigón, las más usadas son las metálicas, que presentan un espesor muy reducido, y tienen un alto límite elástico y gran resistencia a torsión. Por otro

lado, en función del tipo de terreno se usan entibaciones hasta un máximo de 13 a 16 metros de profundidad por lo que podrían ser usadas para la actuación del presente documento.

El principal inconveniente del uso de tablestacas, y el principal motivo por lo que se procede a descartar esta solución, es que necesitan una longitud de empotramiento en el terreno por la parte superior, para ser sujetadas por la pinza durante la hincas, y la relativa complejidad de las uniones con los forjados de hormigón comparado con el caso de muro pantalla de hormigón armado.

Una vez se ha establecido como se va a ejecutar la cimentación y el método por el que se asegurara que se trate de un recinto estanco se debe proceder a realizar los cálculos que garanticen el correcto funcionamiento de la solución adoptada, para ello se remite al lector al Anejo Nº10.- Análisis y cálculos geotécnicos.