

UTE: EXTLED – GIS

# ANEJO IV – ESTUDIO GEOTÉCNICO

Renovación integral de la calle Belchite (Zaragoza)

PEDRO JESÚS EXTREMERA ACEITUNO – DAVID GISTAU  
COSCULLUELA  
Noviembre de 2021



**Cuarte de Huerva (Zaragoza), septiembre de 2021**

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	MARCO GEOLÓGICO.....	4
3.	NIVEL FREÁTICO Y PERMEABILIDAD DEL TERRENO.....	6
4.	CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES.....	7
5.	SISMICIDAD .....	9
6.	RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS.....	9

<u>ANEJOS</u> .....	
---------------------	--

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe, realizado a petición de EXTREMERA LED ASOCIADOS, SLU, aborda la caracterización geotécnica del terreno existente en la C/. Belchite, Zaragoza. La citada calle se encuentra localizada en la margen derecha del río Ebro, formando parte del denominado distrito de Las Fuentes, quedando limitada por la C/. Miguel Servet al suroeste y por la C/. María de Aragón al noreste. (Figura 1: Situación de la zona de actuación)



Figura 1. Vista de la C/. Belchite y sus calles limítrofes.

El estudio pretende determinar las características geológicas y geotécnicas de los materiales existentes y que van a verse involucrados en la futura urbanización de la citada calle. A partir de las mismas, se darán las recomendaciones oportunas sobre los aspectos constructivos de mayor interés.

Para dar forma al estudio, se ha realizado una recopilación de información de carácter geológico-geotécnico respecto a estudios realizados por ENSAYA en emplazamientos próximos con las mismas o similares características geológicas que la superficie objeto de este estudio.

## 2. MARCO GEOLÓGICO

La superficie analizada en este trabajo se encuentra localizada en el sector sureste de la ciudad de Zaragoza, concretamente en el denominado distrito de Las Fuentes, en la margen derecha del río Ebro.

Desde un punto de vista geológico, el área investigada se localiza en el sector central de la Cuenca del Ebro, la cual constituye la cuenca de antepaís sur de los Pirineos. Aquí, el valle del río Ebro ha sido excavado sobre sedimentos evaporíticos oligo-miocenos de la formación Zaragoza, los cuales constituyen los materiales del sustrato.

Esta formación, con varios cientos de metros de espesor, está constituida por anhidrita ( $\text{CaSO}_4$ ), halita ( $\text{NaCl}$ ), y glauberita ( $\text{Na}_2\text{Ca} [\text{SO}_4]_2$ ) con intercalaciones de arcillas y margas. En afloramiento, la formación Zaragoza presenta yeso secundario ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), con espesores de hasta 120 m, derivado de la sustitución de la glauberita (disolución incongruente) y la anhidrita (hidratación). Sin embargo, este yeso secundario grada a glauberita y anhidrita hacia la parte interior y más profunda del macizo rocoso (Figura 2).

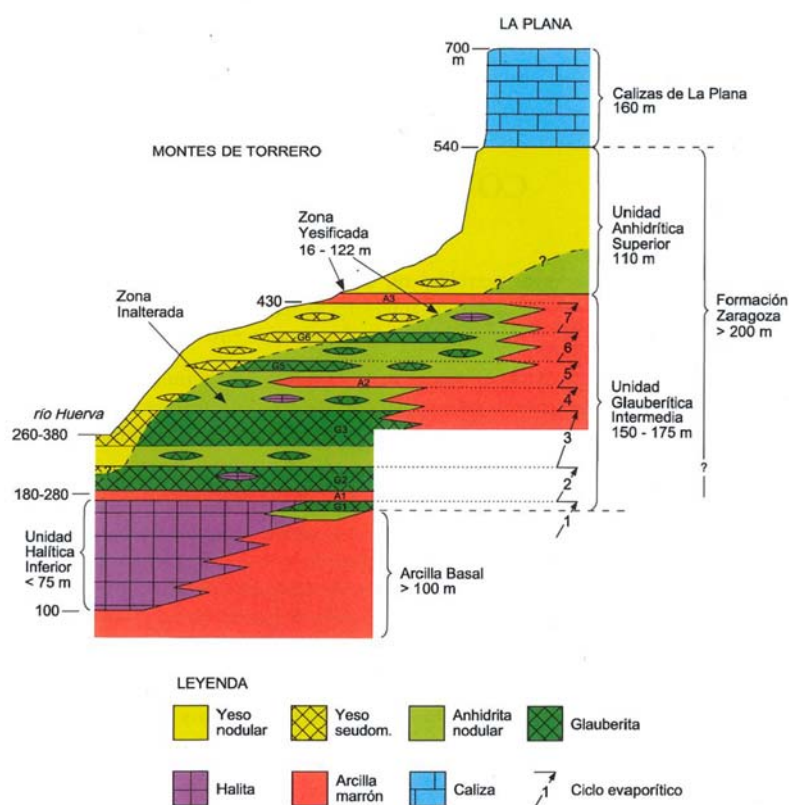


Figura 2. Corte esquemático de la Fm. Zaragoza. Tomado de Salvani (2009).

En general, estos sedimentos terciarios muestran una disposición subhorizontal, aunque localmente pueden presentar una intensa deformación producto del desarrollo de fenómenos de subsidencia debidos a la karstificación interestratal del sustrato.



Por encima de estos materiales, como consecuencia del encajamiento del valle del río Ebro, se ha desarrollado una cobertera detrítica formada por diferentes niveles de glaciares y terrazas cuaternarias, engrosados a consecuencia de la subsidencia sinsedimentaria y que se disponen de manera discordante por encima de las facies del sustrato.

La zona Centro, de acuerdo con el Mapa geológico y geomorfológico, Hoja 383 "Zaragoza" Escala: 1:50.000, se sitúa sobre los depósitos de las terrazas medias y altas del río Ebro, constituidos por gravas, arenas y limos (Anejo 2: Mapa geológico de la zona del núcleo urbano de Zaragoza).

Desde un punto de vista geomorfológico, este sector del valle del río Ebro posee un patrón meandriforme con orientación ONO-ESE y una marcada geometría asimétrica desarrollando un prominente escarpe yesífero en el margen norte y una secuencia escalonada de terrazas en el margen sur. La superficie estudiada está localizada sobre materiales de la denominadas Terraza 1 (llanura de inundación, T1) y Terraza 2 (T2) desarrolladas a una altura de entre 1 a 4 y 7 a 12 m por encima del cauce actual, respectivamente (Figura 3).

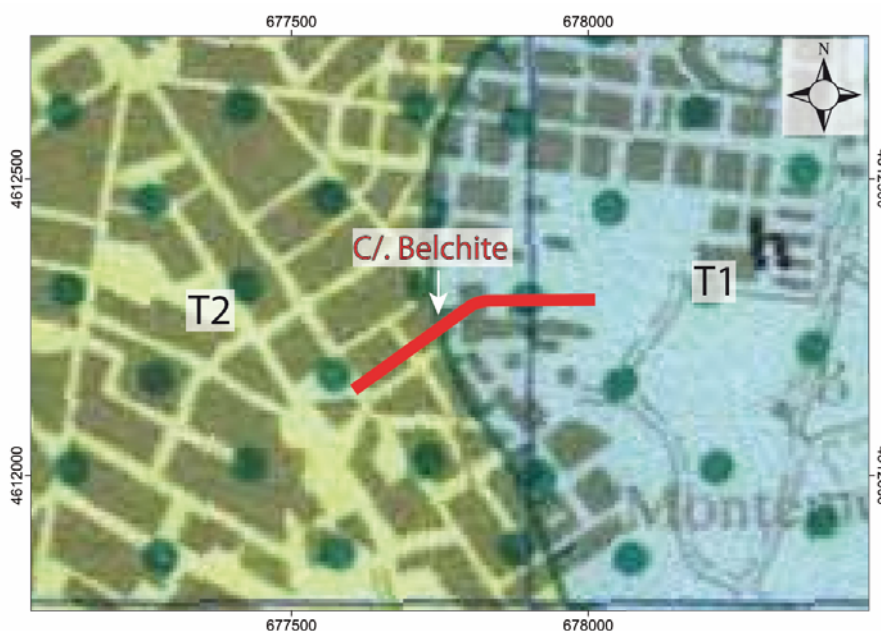


Figura 3. Contexto geomorfológico de la superficie estudiada. Modificado de la Hoja 383 del Mapa Geomorfológico de España E. 1:50.000, IGME.

La llanura de inundación (T1) está formada fundamentalmente por facies de grano fino acumuladas durante los diferentes eventos de inundación. Además, contiene varios canales abandonados y barras longitudinales y de cara interna de meandro (*point bar*) constituidas principalmente por gravas.

Las litologías de la Terraza 2 (T2) fundamentalmente están representadas por niveles de gravas y arenas con algunos lentejones de limos, todos ellos con morfología lenticular y distribución espacial muy irregular, depositados como consecuencia de la dinámica del río Ebro.

Sobre los depósitos aluviales, dada la localización del área estudiada, es muy probable que exista un nivel de cierto espesor compuesto por rellenos antrópicos. Además, teniendo en cuenta el espesor de la cobertera cuaternaria, resulta muy improbable que durante los trabajos de urbanización se alcancen las facies pertenecientes al sustrato.

### **3. NIVEL FREÁTICO Y PERMEABILIDAD DEL TERRENO**

La hidrogeología del área estudiada se caracteriza por la presencia de dos acuíferos principales interconectados y no confinados: (1) el acuífero aluvial, desarrollado en los materiales de la cobertera cuaternaria; (2) el acuífero kárstico, desarrollado en los materiales del sustrato evaporítico, cuya descarga se realiza en el anterior.

Por lo tanto, los materiales cuaternarios presentes en el entorno de la Calle Belchite constituyen un potencial acuífero libre donde la permeabilidad se produce por porosidad intergranular. Se encuentran incluidos dentro de la Masa de Agua Subterránea (M.A.S.) “Aluvial del Ebro. Zaragoza”.

La dinámica del acuífero kárstico desarrollado en el sustrato evaporítico karstificado es muy poco conocida en la actualidad. La tendencia clásica ha sido asumir que éste se comporta como un acuitardo, sin embargo, los estudios más recientes plantean que éste tiene una permeabilidad considerable relacionada con los procesos de disolución. La recarga del acuífero evaporítico se realiza a través de la infiltración de agua de riego y precipitación en afloramientos rocosos y en depósitos aluviales localizados en los márgenes del valle.

De este modo, el agua subterránea que fluye a través de los materiales del sustrato evaporítico va aumentando su mineralización de manera progresiva, descargando finalmente en los materiales cuaternarios que componen la llanura aluvial. Este hecho explica la presencia frecuente de aguas altamente salinas en las fuentes, pozos y lagos desarrollados en dolinas localizadas en los materiales de la llanura aluvial.

Los materiales de la llanura de inundación poseen una composición principalmente constituida por facies limosas con permeabilidades que oscilan entre  $10^{-5}$  y  $10^{-9}$  m/s. En profundidad pueden aparecer niveles de arenas y gravas que presentan permeabilidades comprendidas entre  $10^{-2}$  y  $10^{-5}$  m/s. Cabe destacar que la llanura de inundación constituye el nivel de base del sistema acuífero, siendo la zona de descarga tanto para el acuífero aluvial como para el acuífero kárstico.

Los materiales de la Terraza 2 (T2) destacan por su composición en facies de gravas y arenas que presentan permeabilidades comprendidas entre 10-2 y 10-5 m/s. En profundidad es conocido el desarrollo de niveles constituidos por facies limosas con permeabilidades que oscilan entre 10-5 y 10-9 m/s.

A partir de la experiencia acumulada en la realización de trabajos anteriores por parte de ENSAYA que fueron llevados a cabo en emplazamientos próximos a la superficie objeto de estudio y tras la consulta del inventario de puntos de agua de la Confederación Hidrográfica del Ebro, podemos esperar que el nivel freático en esta zona se encuentre a una profundidad aproximada de 10 m, por lo tanto, no influirá en los trabajos planteados en el proyecto.

Los valores de la permeabilidad son orientativos, siguiendo los criterios indicados en la tabla D.28 del Documento Básico SE-C del CTE.

#### **4. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES**

A partir del Mapa Geotécnico y de Riesgos de la Ciudad de Zaragoza, incluido en los anejos como anejo 2 y de la amplia experiencia de ENSAYA en el núcleo urbano de Zaragoza, los parámetros geotécnicos que pueden asignarse a los materiales presentes se indican más adelante para cada unidad geotécnica.

Tomando como base las características geológicas de la cobertera cuaternaria y el lugar de emplazamiento de la C/. Belchite, podemos definir 4 unidades geotécnicas. Estas corresponden a: (1) rellenos (nivel 1); (2) cobertera cuaternaria, gravas (nivel 2); (3) cobertera cuaternaria, arenas (nivel 3); (4) cobertera cuaternaria, limos (nivel 4).

##### **4.1 NIVEL 1: Rellenos**

En superficie y ocupando toda el área de la calle estudiada, es previsible la aparición de una primera capa de rellenos extendida a modo de regularización en actuaciones urbanísticas anteriores y cuyo origen es antrópico. Litológicamente puede estar comprendida por materiales de muy diversa índole, pudiendo encontrar desde gravas, arenas, limos, ladrillos y cascotes hasta una amalgama compuesta por un conjunto de materiales de diversa procedencia.

El espesor de estos materiales también puede ser muy variable, alcanzando valores que oscilen desde varios centímetros hasta varios metros.

Dada su procedencia y composición se trata de materiales fácilmente excavables con maquinaria convencional, exceptuando el primer nivel de aceras y pavimento donde deberá utilizarse un martillo hidráulico de apoyo. Teniendo en cuenta las pésimas características geotécnicas de este tipo de materiales, no debieran ser utilizados para albergar ningún tipo



de actividad constructiva y en ningún caso participarán en el apoyo de futuras cimentaciones si las hubiera, por lo que no se tienen en consideración a efectos geotécnicos.

Excavación vertical inestable en principio, aunque dependerá de las características del relleno.

$$\gamma_{ap} \approx 17 \text{ kN/m}^3 = \text{Densidad aparente}$$

$$C' = 0-0,5 \text{ t/m}^2 = \text{Cohesión efectiva}$$

$$\phi' = 25^\circ = \text{Ángulo de rozamiento interno efectivo}$$

$$E \geq 5-10 \text{ MPa} = \text{Módulo de deformación}$$

#### **4.2 NIVEL 2: Cobertura cuaternaria, gravas**

La composición litológica de esta unidad estratigráfica puede describirse como una grava con cantos subredondeados, de composición y tamaño heterogéneos. Es esperable que la matriz posea composición desde arenosa hasta arenolimsa de colores diversos. Estos materiales aparecerán como la litología principal de los materiales correspondientes a la Terraza 2 (T2) o formando lentejones con geometría canaliforme y distribución irregular en el interior de los limos de llanura de inundación (T1).

Teniendo en cuenta la composición litológica y las características texturales de esta unidad, estos materiales resultan fácilmente excavables, pudiendo utilizar para ello maquinaria convencional. Sin embargo, puede ocurrir que en algún punto aparezca algún nivel cementado (caliche) lo que obligará a realizar la excavación con apoyo de un martillo hidráulico.

Excavación vertical estable en alturas de hasta 2-3 m.

A efectos de posibles cálculos y de forma conservadora, se pueden considerar los siguientes valores:

$$\gamma_{ap} \approx 20 \text{ kN/m}^3 = \text{Densidad aparente}$$

$$C' = 1 \text{ t/m}^2 = \text{Cohesión efectiva}$$

$$\phi' = 36^\circ = \text{Ángulo de rozamiento interno efectivo}$$

$$E \geq 60 \text{ MPa} = \text{Módulo de deformación}$$

#### **4.3 NIVEL 3: Cobertura cuaternaria, arenas**

En un siguiente nivel, formando lentejones con distribución irregular en el interior de los cuerpos de grava, pueden aparecer facies compuestas por arenas con diferentes tamaños de grano.

Al igual que ocurre con el nivel anterior, los materiales de este nivel también resultan fácilmente excavables con retroexcavadoras convencionales, manteniendo temporalmente estables taludes subverticales para alturas de hasta 2 m.

A efectos de posibles cálculos y de forma conservadora, se pueden considerar los siguientes valores:

$$\gamma_{ap} \approx 18 \text{ kN/m}^3 = \text{Densidad aparente}$$

$$C' = 0,5 \text{ t/m}^2 = \text{Cohesión efectiva}$$

$$\phi' = 32^\circ = \text{Ángulo de rozamiento interno efectivo}$$

$$E \geq 25 \text{ MPa} = \text{Módulo de deformación}$$

#### **4.4 NIVEL 4: Cobertura cuaternaria, limos**

A modo de litología principal de los materiales que componen la llanura de inundación (T1) o formando parte del interior del cuerpo de las facies de gravas y a modo de lentejones con geometría canaliforme y distribución irregular (T2) pueden aparecer facies finas formadas por limos.

Los materiales de este nivel también resultan fácilmente excavables con retroexcavadoras convencionales, manteniéndose temporalmente estables taludes subverticales para alturas de hasta 2 m.

A efectos de posibles cálculos y de forma conservadora, se pueden considerar los siguientes valores:

$$\gamma_{ap} \approx 18 \text{ kN/m}^3 = \text{Densidad aparente}$$

$$q_u > 1,0 \text{ kg/cm}^2 = \text{Resistencia a compresión simple}$$

$$E \geq 10 \text{ MPa} = \text{Módulo de deformación}$$

### **5. SISMICIDAD**

Para la consideración de la acción sísmica en el término municipal de Zaragoza, es de aplicación la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y Edificación (NCSE-02), publicada en el BOE el 11 de octubre de 2002. Dicho término municipal no figura en la relación del Anejo 1 de la citada Norma, de modo que la aceleración sísmica básica ( $a_b$ ) se considera inferior a 0,04 g.

### **6. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS**

Una vez analizada la información recabada a través de la revisión bibliográfica de trabajos anteriores realizados por ENSAYA en lugares cercanos o con características similares al emplazamiento objeto de este trabajo y teniendo en cuenta la tipología de la construcción proyectada consideramos oportuno realizar una serie de recomendaciones.

Superficialmente existe la posibilidad de encontrar una capa de espesor variable de rellenos antrópicos de actuaciones urbanísticas anteriores.

Dependiendo del espesor de estos rellenos, caracterizados geotécnicamente como inestables y de la posición de zanjas anteriores, se deberán tomar las medidas necesarias de sostenimiento en la excavación de zanjas, tales como entibación o previsión de taludes 1H:1V, al menos en un cierto porcentaje de la obra prevista.

Así mismo, para el diseño de los firmes habrá que tener en cuenta que la capa de rellenos antrópicos deberá ser saneada al menos en parte, pudiendo considerar dichos rellenos como suelo inadecuado según el Pliego PG-3. Los suelos aluviales gruesos, gravas y arenas pueden considerarse como suelos adecuados o seleccionados, según el Pliego PG-3.


Para el hormigón en contacto con rellenos antrópicos debe considerarse un tipo de exposición Qc, según la Instrucción E.H.E. Para el hormigón en contacto con suelos naturales de las terrazas aluviales no será necesario en principio el uso de cemento sulforresistente. No obstante, en obra deben hacerse los análisis pertinentes.

La excavación podrá realizarse mediante maquinaria convencional con el apoyo puntual de un martillo hidráulico. Los materiales del nivel de rellenos serán fácilmente excavables con maquinaria convencional, exceptuando el primer nivel de aceras y pavimento donde necesariamente tendrá que utilizarse un martillo hidráulico de apoyo. En el caso de los materiales de la cobertera cuaternaria, también podrán ser excavados mediante maquinaria convencional, exceptuando algún nivel de grava cementado (caliche), si lo hubiera, donde necesariamente tendrá que utilizarse el apoyo de martillo hidráulico.

Previsiblemente el nivel freático se encontrará a más de 10 m de profundidad y no tendrá influencia en la realización de las obras previstas.

  
Fdo. Domingo Carbonel Portero  
Geólogo

  
Fdo. César Baz Martín  
Ingeniero de Caminos

VºBº del Director  
  
Fdo. Javier Prats Rivera  
Ingeniero de Caminos

## ANEJOS

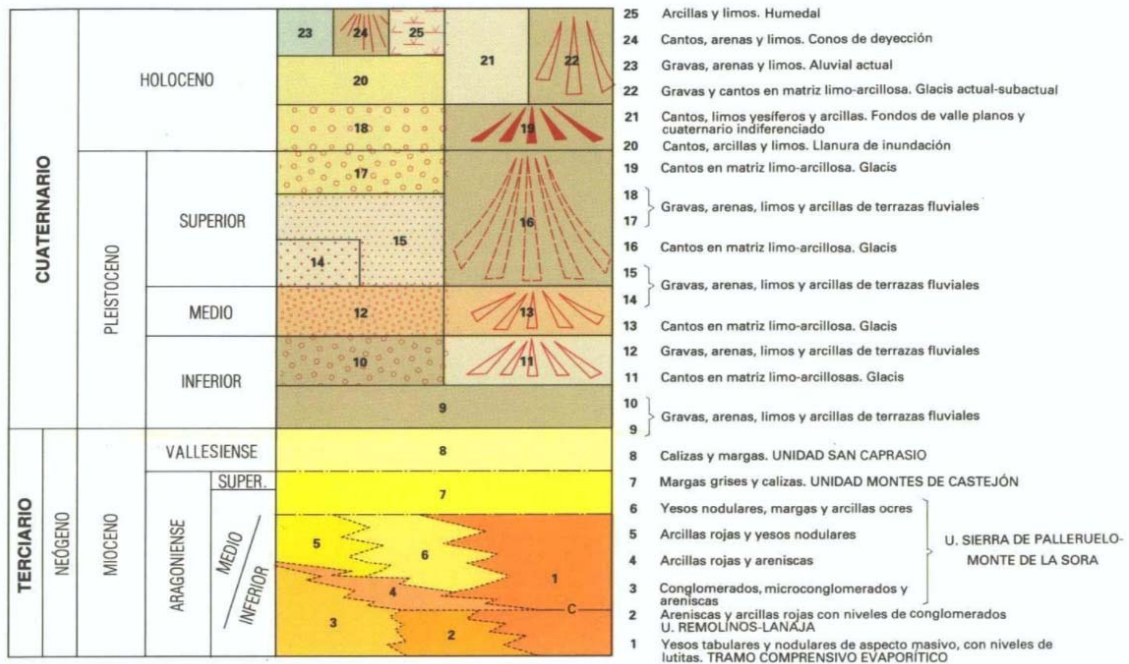
## **ANEJO 1**

### **ESQUEMA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ZARAGOZA Y UBICACIÓN DE LA ZONA DE ACTUACIÓN**





I.G.M.E., MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA. ESCALA: 1/50.000 HOJA N.º 383 -ZARAGOZA



ESQUEMA GEOLOGICO DE LA ZONA DE ZARAGOZA Y UBICACIÓN DE LA ZONA DE ACTUACIÓN

## **ANEJO 2**

### **MAPA GEOTÉCNICO Y DE RIESGOS GEOLÓGICOS**



**Unidad III<sub>8a</sub>**

Litología: Gravas arenosas con limos arenosos superficiales.

Geomorfología: Nivel de terraza de relieve plano con áreas de dolinas aluviales con disolución interna de yesos.

Hidrogeología: Material muy permeable con fuertes oscilaciones del nivel freático.

$q_a$  1'0-1'6 kg/cm<sup>2</sup> en arcillas y  $q_a$  2,5-3 kg/cm<sup>2</sup> en gravas

Fácilmente excavables y ripables.

Estabilidad taludes. Inestables, entibación semicuajada en zanjas y excavaciones.

## MAPA GEOTÉCNICO Y DE RIESGOS GEOLÓGICOS

ESCALA: 1/5.000