

**ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
COLECTOR ENTRE EL INSTITUTO VIRGEN DEL
PILAR Y EL TERCER CINTURÓN EN ZARAGOZA**

AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA

Cuarte de Huerva (Zaragoza), Agosto de 2012

1.- ANTECEDENTES

El peticionario nos encarga la realización de un estudio de caracterización geológica y geotécnica de los terrenos incluidos en el proyecto de Colector entre el Instituto Virgen del Pilar y el Tercer Cinturón, en Zaragoza (Figura 1: Situación de la zona de actuación).

Los objetivos son:

- Caracterización geotécnica de los materiales presentes.
- Excavabilidad.
- Estabilidad de los taludes de las excavaciones. Taludes temporales.
- Sistema de paso bajo el Tercer Cinturón.

2.- TRABAJOS REALIZADOS

El trabajo ha consistido en una recopilación bibliográfica de datos geológicos y en una toma de datos visual en la zona objeto del proyecto. También se ha aprovechado la información procedente de los trabajos de campo realizados por Laboratorio de Ensayos Técnicos, S.A. en áreas próximas al trazado del colector.

Además, para tratar de prever el sistema de paso bajo el Tercer Cinturón se ha hecho un sondeo mecánico a rotación con obtención continua de muestra. Se ha empleado una sonda rotativa sobre orugas, modelo ROLATEC RL-48, perforando con baterías provistas de corona de widia de entre 113 y 98 mm de diámetro, hasta una profundidad de 10,0 m.

Fue necesario el revestimiento de las paredes con tubería de 113 mm de diámetro hasta 7,5 m para evitar su desplome, dada la presencia y mal comportamiento de los rellenos y suelos granulares aluviales más someros.

Para obtener un orden de magnitud acerca de la capacidad portante del terreno se realizaron diversos ensayos estándar de penetración (S.P.T.) a distintas profundidades. El ensayo S.P.T. consiste en contar el número de golpes necesario para hincar 30 cm (15+15) un tomamuestras

de 2" x 1 3/8" de diámetro con tubo bipartido hueco, normalizado, mediante golpeo de una maza de 63,5 Kg de peso desde una altura de 75 cm.

Para realizar el ensayo se marcan en el varillaje 60 cm en tramos de 15 cm, contándose los golpes para los 30 cm centrales (valor de N_{SPT}). Se considera que se obtiene rechazo y se suspende el ensayo cuando después de dar una serie de 100 golpes no se introducen los 30 cm en su totalidad o cuando tras dar 50 golpes el tomamuestras no se ha introducido 5 cm.

Los ensayos se realizaron con un penetrómetro automático que cumple las siguientes Normas: N.I. de la SIMSFE, S.P.T. y D.P.S.H. y que está provisto de cuenta golpes electrónico digital. Los resultados obtenidos han sido:

<i>Sondeo n°</i>	<i>Profundidad (m)</i>	<i>Golpeo</i>	<i>N_{SPT}</i>
S-1	2,40-3,00	6-3-3-3	6
	5,40-6,00	6-9-10-12	19
	8,40-8,83	36-48-R	R

La sucesión litológica obtenida y las fotografías del testigo adjuntan en los Apéndices.

No ha sido posible la realización de reconocimientos tipo calicatas, ya que gran parte del trazado discurre bien por zonas pavimentadas, o bien, por áreas valladas o inaccesibles por el momento.

3.- GEOLOGÍA

3.1.- Geología general

El núcleo urbano de Zaragoza se sitúa en la parte central de la Depresión Terciaria del Ebro, en la confluencia de los ríos Gállego y Huerva con el río Ebro, donde afloran materiales de origen continental pertenecientes al sustrato Terciario y al recubrimiento Cuaternario.

El sustrato rocoso Terciario, que no llega a aflorar en el trazado estudiado, aunque sí en las márgenes del río Huerva, está constituido por yesos, margas, arcillas margosas, arcillas y limos yesíferos atribuidos a la “Formación Zaragoza” (Quirantes, 1978), si bien actualmente esta sucesión litológica se incluye en el denominado “Tramo compresivo evaporítico” que constituye una potente serie de materiales evaporíticos; esta sucesión es la resultante de los cambios laterales de facies de las *unidades genético-sedimentarias* de Remolinos-Lanaja y Pallaruelo-Montes de la Sora. Se presenta subhorizontal y su edad es Mioceno y más concretamente, Aragoniense (ITGE, 1998).

Los sedimentos Terciarios dispuestos subhorizontalmente han sido modelados por la actividad erosiva de la red fluvial Cuaternaria representada por el río Ebro y sus afluentes (Huerva y Gállego).

El recubrimiento Cuaternario esta conformado por depósitos de origen aluvial (gravas y arenas) que debido a los diferentes ciclos de acumulación se disponen en las denominadas terrazas aluviales. Se diferencian terrazas bajas, medias y altas en función de su localización con respecto al cauce afectado, encontrándose más desarrollado el sistema aluvial del Ebro.

Hidrogeológicamente, los materiales del recubrimiento Cuaternario son permeables y se agrupan en la Unidad Hidrogeológica nº 406 “Aluvial del Ebro: Tudela-Gelsa” (Plan Hidrológico del Ebro), conformando el único acuífero importante de la zona denominado antiguamente por el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE) “Acuífero nº 62 Aluvial del Ebro”. El sustrato Terciario impermeable constituye el muro de este acuífero.

3.2. -Geología local

La zona objeto de este estudio, de acuerdo con el Mapa geológico y geomorfológico, Hoja 383 “Zaragoza” Escala: 1:50.000, se sitúa sobre los depósitos aluviales del río Huerva (terrazza media-baja) solapándose en su parte final (en la confluencia con el Tercer Cinturón) con la terraza media del río Ebro (Figura 2: Situación geológica de la zona de estudio).

El nivel freático en la zona objeto de este estudio se encuentra profundo, por lo que no afectará a las obras planteadas en proyecto. No obstante, es posible que a causa de pérdidas de acequias y/o conducciones de abastecimiento se produzcan fugas de agua que afecten a la excavación.

Litológicamente, se trata de gravas con intercalaciones de lentejones de arenas y limos. Cabe esperar que debido a la alta actividad antrópica existente en el núcleo urbano, superficialmente se encuentre un nivel de rellenos antrópicos de espesor indeterminado, en principio formados únicamente por las actuaciones urbanísticas anteriores (zahorras y gravas con cascotes). Dada la topografía más irregular en la margen izquierda del río Huerva, es de esperar espesores de rellenos antrópicos de entidad.

Tras los rellenos antrópicos, se sitúan los materiales aluviales, con espesores medios superiores a 15 m, que mayoritariamente están constituidos por depósitos gruesos, gravas poligénicas con matriz arenosa y/o limo-arenosa. Intercalados entre estos depósitos se pueden encontrar depósitos de granulometría fina (arenas, limos y arcillas) dispuestos irregularmente, en lentejones y niveles de escaso espesor.

Dado el espesor del recubrimiento Cuaternario y las actuaciones previstas no es probable que se alcance el sustrato Terciario.

3.- GEOTECNIA

3.1.- Caracterización geotécnica

A partir del Mapa Geotécnico y de Riesgos de la Ciudad de Zaragoza, incluido en los apéndices como Figura 3 y de la amplia experiencia de ENSAYA en el núcleo urbano de Zaragoza, los parámetros geotécnicos que pueden asignarse a los materiales presentes son los siguientes:



Rellenos antrópicos y zahorras

Densidad aparente $\cong 1,8 \text{ t/m}^3$

Angulo de rozamiento interno = 27°

Cohesión nula a largo plazo.

Modulo de deformación $\cong 500 \text{ t/m}^2$

Excavación vertical: Inestable en principio, aunque dependerá de las características del relleno y afección de rezumes por pérdidas de conducciones.

Materiales granulares. Gravas aluviales

Densidad aparente $\cong 2,1 \text{ t/m}^3$

Angulo de rozamiento interno $>38^\circ$

Cohesión efectiva = $1,0 \text{ t/m}^2$

Modulo de deformación: $4000\text{-}4500 \text{ t/m}^2$

Excavación vertical: Estable en alturas de hasta 2-3 m, siempre y cuando no estén afectados por rezumes de pérdidas de conducciones.

A efectos de cálculo puede considerarse que en general los rellenos alcanzarán profundidades de unos 3 m como máximo, salvo en las proximidades del Tercer Cinturón, donde pueden llegar a ser de hasta unos 5-6 m.

3.2.- Condiciones constructivas

En el mencionado Mapa Geotécnico, el trazado del colector queda en un sector sin riesgos geológicos importantes.

Geotécnicamente, desde el inicio del trazado hasta la confluencia con el Tercer cinturón el colector, el corredor se incluye en la zona III_{8a} que corresponde a la terraza aluvial baja del río Huerva, y al final a la zona III_{7a} (terracea aluvial media del río Ebro). La zona se señala como ripable o excavable y los taludes temporales se mantienen verticales para alturas bajas. No obstante, la presencia de rellenos y acequias/conducciones próximas, bien sean paralelas o ligeramente esviadas que pueden repercutir en la reducción de la resistencia del terreno por pérdidas de agua, aconsejan la entibación de la zanja de excavación del colector. En este

sentido, hay que tener en cuenta que la mayor parte del trazado discurre por calles, pudiendo la excavación afectar a cimentaciones de edificios anexos, si no se toman medidas de entibación.

Las características geotécnicas de los materiales aluviales son buenas. La excavación podrá realizarse con retroexcavadora y podrían plantearse taludes subverticales, temporalmente estables para alturas moderadas, aunque deben tenerse en cuenta varios factores que provocan su inestabilidad: existencia de espesores variables (importantes en algunos casos) de rellenos antrópicos de actuaciones urbanísticas anteriores, posibles afecciones a edificios y rezumes de agua de acequias y/o conducciones.

Dependiendo del espesor de estos rellenos, caracterizados geotécnicamente como inestables y de la posición de zanjas, se deberán tomar las medidas necesarias de sostenimiento en la excavación de zanjas, tales como entibación o previsión de taludes 1H:1V en zonas no urbanas, siendo recomendable en la mayor parte de la obra prevista.

Como resumen cabe decir que se considera necesario prever la entibación de las zanjas, salvo en zonas no urbanas donde se podrían adoptar taludes medios de excavación con pendiente 1H:1V.

Para el cálculo de la entibación pueden emplearse los parámetros indicados anteriormente, considerando que en general los rellenos tendrán un espesor de unos 3 m.

Así mismo, para el diseño de los firmes habrá que tener en cuenta que la capa de rellenos antrópicos deberá ser saneada, en parte, considerando que el apoyo constituye 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.

Previsiblemente el nivel freático se encontrará a más de 10,0 m de profundidad y no tendrá influencia en la realización de las obras previstas.

Si aparecen rezumes de agua, posiblemente en zonas paralelas a acequias o de intersecciones con acequias o por pérdidas de conducciones, se deberá vigilar la estabilidad de los taludes y prever medidas de achique. De todos modos, se consideran suficientes a tal efecto las medidas contempladas de entibación de las zanjas, con la eventual utilización de bombas de achique para trabajar en seco.

En cuanto al tramo donde se debe proceder a la hincas del colector bajo la calzada del Tercer cinturón, para la losa del foso de ataque no hay problema de capacidad portante ni de asiento, apareciendo, a la profundidad de fondo de excavación previsible (superior a 6,0 m), suelos granulares con presión admisible por hundimiento igual o superior a 3,0 kg/cm².

Los muros se deben dimensionar, considerando el siguiente perfil del terreno:

De 0,0 a 6,0 m.	Rellenos granulares o suelos aluviales de compacidad baja-media. $C' = 0$ $\phi' = 27^\circ$ $\gamma_{ap} = 1,8 \text{ t/m}^3$
> 6,0 m.	Gravas aluviales muy compactas. $C' = 1 \text{ t/m}^2$ $\phi' = 38^\circ$ $\gamma_{ap} = 2,1 \text{ t/m}^3$

El material que se obtenga de la excavación de las zanjas será perfectamente válido para su relleno posterior, compactándolo convenientemente.

A efectos de la hincas, a pesar de que no se han observado gravas cementadas, sí que se tienen datos de tamaño de bolos de más de 25 cm de diámetro, lo cual aconseja que el sistema de hincas permita la perforación en el frente de ataque. Cabe prever que la hincas se tenga que producir en las gravas aluviales muy compactas, cuyos parámetros se han indicado antes.

Para el hormigón en contacto con rellenos antrópicos se debe prever el empleo de cementos sulforresistentes. Para el hormigón en contacto con suelos naturales de las terrazas aluviales no será necesario el uso de cemento sulforresistente. No obstante en obra deben hacerse los análisis pertinentes.



Fdo. David Bona Martínez
Geólogo



Fdo. Octavio Plumed Parrilla
Ingeniero de Caminos



Fdo. Javier Prats Rivera
Ingeniero de Caminos

FIGURAS

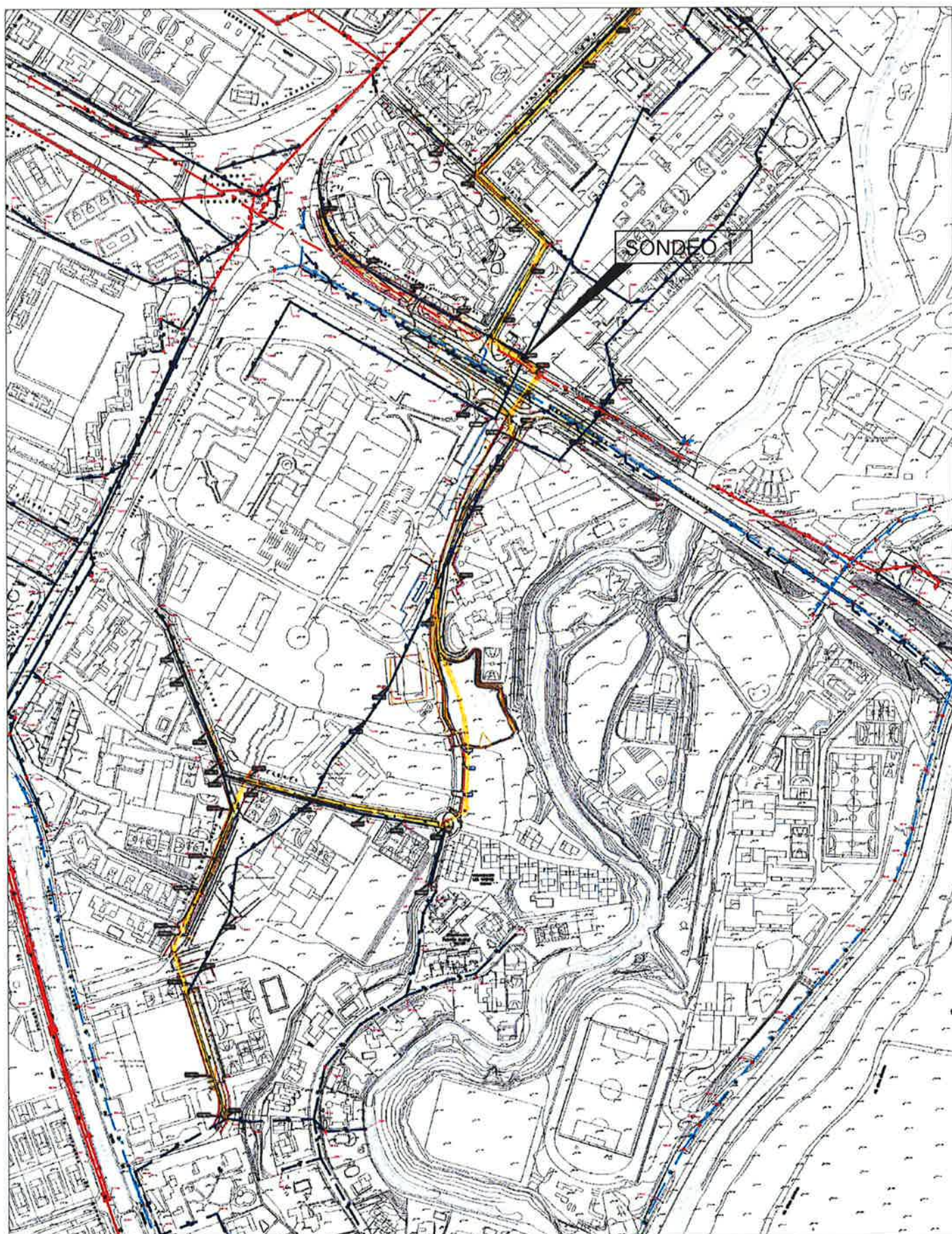


FIGURA 1: SITUACIÓN DE LA ZONA DE ACTUACIÓN

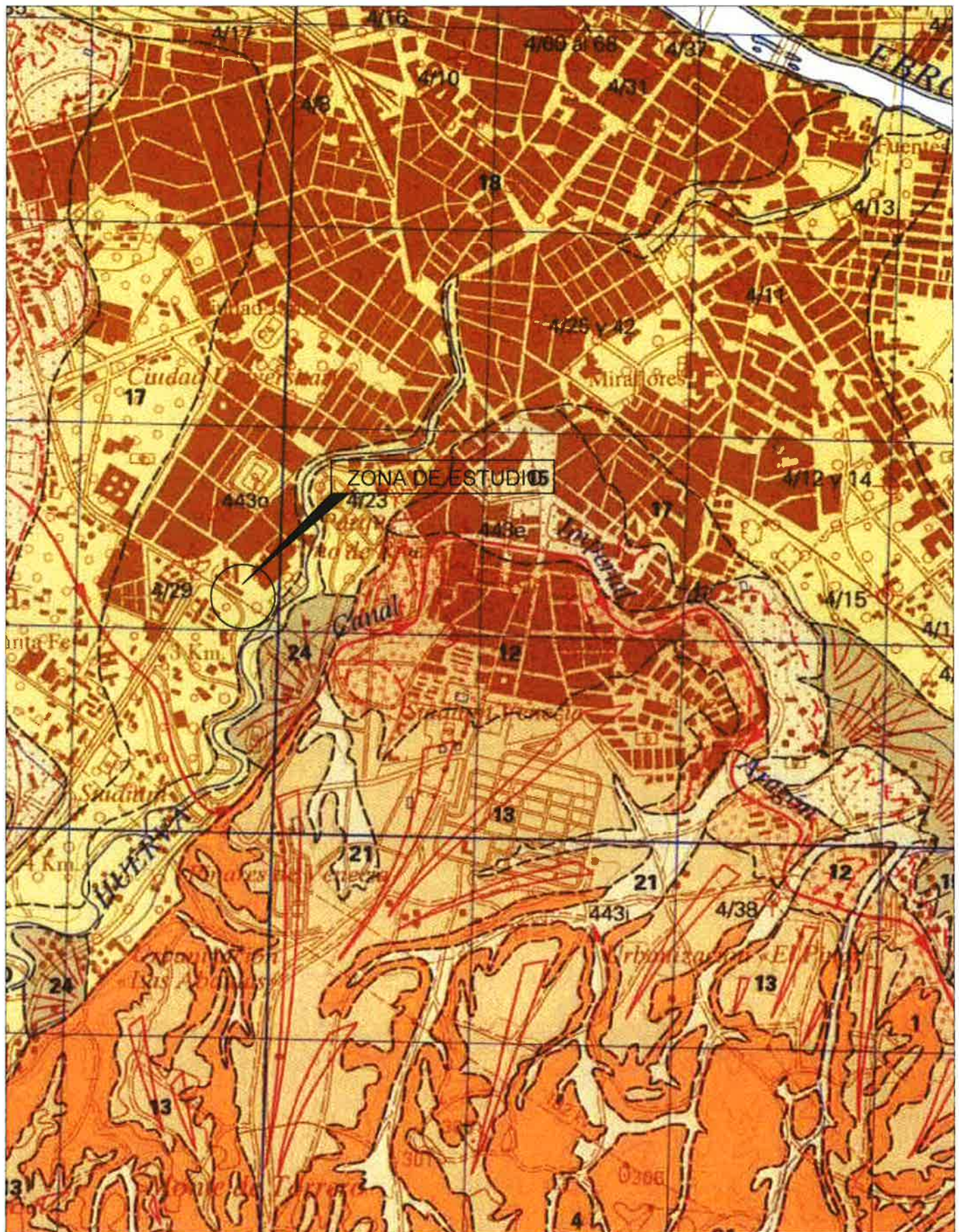


FIGURA 2: SITUACIÓN GEOLÓGICA

MAGNA HOJA Nº 383 "ZARAGOZA". IGME

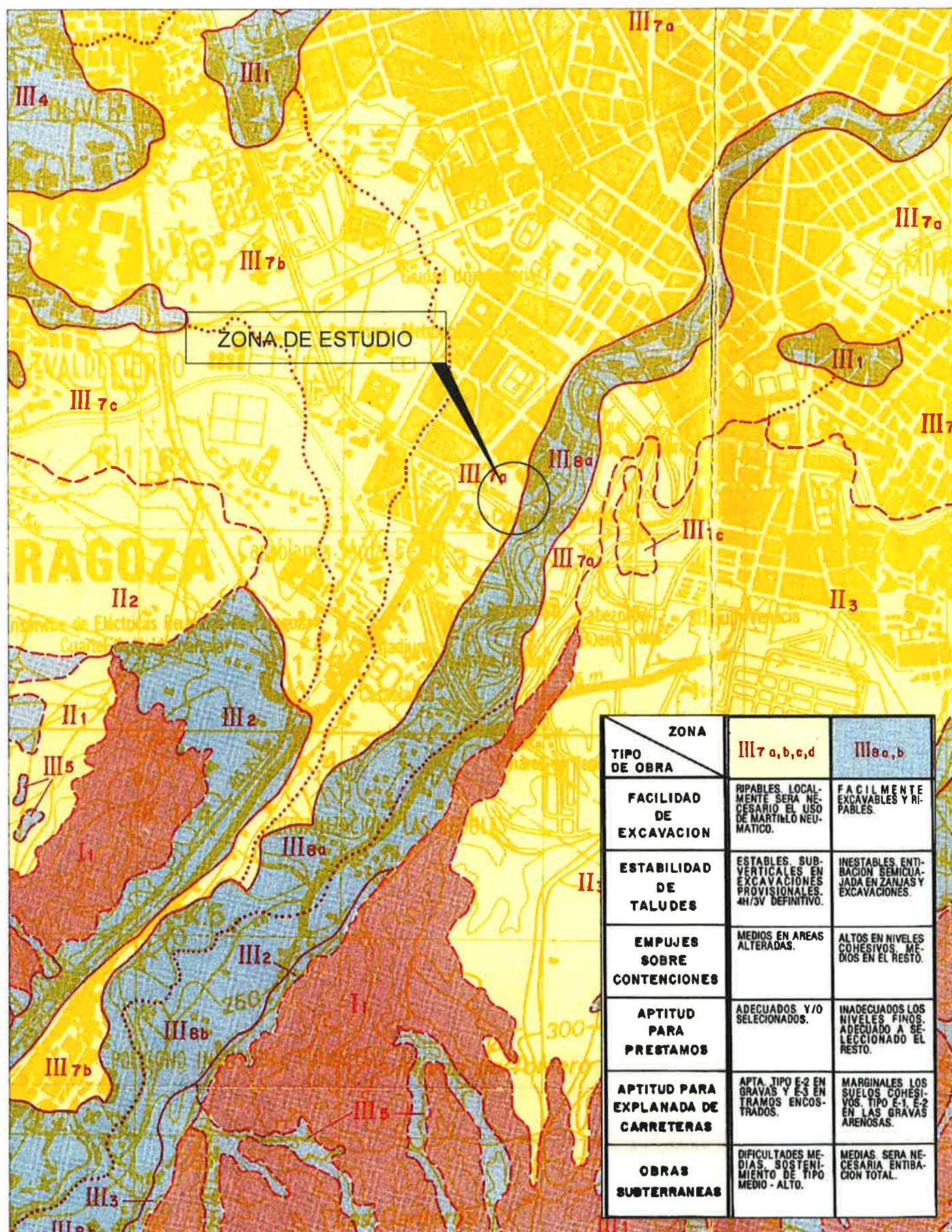


FIGURA 3: MAPA GEOTÉCNICO DE ZARAGOZA

APÉNDICES

SONDEO Y FOTOGRAFÍAS



Nº Obra: 12AG0538
 Obra: COLECTOR ENTRE INSTITUTO
 VIRGEN DEL PILAR Y TERCER CINTURÓN
 Localidad: ZARAGOZA
 Petionario: AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA
 Fecha Inicio: 13-8-2012 Fecha Final: 13-8-2012

COORDENADAS

X =
 Y =
 Z =

SONDEO

S - 1

Tipo de máquina: RL-48 L

Sondista: HERMAN CASTILLO

Supervisor/a: DAVID BONA

Tipo Perforación	Ø Perforación	Revestimiento	Escala 1:50	Cota	Estratigrafía	Descripción	S.P.T.	Nspt	Muestra	Soil Test Kg/cm2	Nivel freático
WH	T - 86					RESTOS DE MURO Y CIMENTACIÓN.					
				-0.60		RELLENOS ANTRÓPICOS. Arcillas marrones oscuras con cantos, englobando fragmentos de ladrillos y cascotes.			0.80		
				-1.90		POSIBLES RELLENOS DE TALUD DE ZANJA. Gravas con matriz arcillo-arenosa marrón clara, con cantos subredondeados y heterométricos. Bolos ocasionales de mas de 10 cm.	2.40 3.00	6	MA-1	1.50	
				-3.60		TERRAZA ALUVIAL. CUATERNARIO. Arcillas marrones rojizas con cantos subredondeados, a muro gravas. Presentan pátinas de oxidación y alguna junta satinada.					
				-4.80		Gravas con matriz arcillo-arenosa marrón rojiza con cantos subredondeados, en general de pequeño tamaño.	5.40 6.00	19			
				-5.40		Gravas con matriz arenosa marrón clara, escasos finos, con cantos subredondeados y heterométricos. Presentan bolos de más de 10 cm.			6.50		
				-9.00		Gravas con abundante matriz limo-arenosa, de tonos claros, con cantos subangulosos silíceos, en general inferiores a 5 cm. Presentan algún bolo.	8.40 8.83		MA-2	9.00	
				-10.00							

WS: Perforación con widia en seco
 WH: Perforación con widia y agua
 D: Perforación con diamante y agua

OBSERVACIONES:
 - No se detecta nivel freático.



Sondeo S-1. De 0,00 a 6,00 m.



Sondeo S-1. De 6,00 a 10,00 m.

ENSAYOS DE LABORATORIO

PETICIONARIO: AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA
OBRA: COLECTOR ENTRE INSTITUTO VIRGEN DEL PILAR Y TERCER CINTURÓN. ZARAGOZA.
MUESTRA: Sondeo S-1. De 0,80 a 1,50 m.

Nº OBRA: 12AG0538
Nº REF.: 12AG10426

FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE SUELOS

Humedad (UNE 103300)


- w (%): 12,6

Ensayos químicos

- Sulfatos (UNE 83963) (SO_4 mg/Kg suelo): 3918,00

- Observaciones:

El Jefe del Área


Fdo. José Joaquín Lerín Ascaso
Ldo. Geología


Zaragoza, a 31 de agosto de 2012
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Cinta Tablaga Matute
Lcda. CC. Químicas

PETICIONARIO: AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA
OBRA: COLECTOR ENTRE INSTITUTO VIRGEN DEL PILAR Y TERCER CINTURÓN. ZARAGOZA.

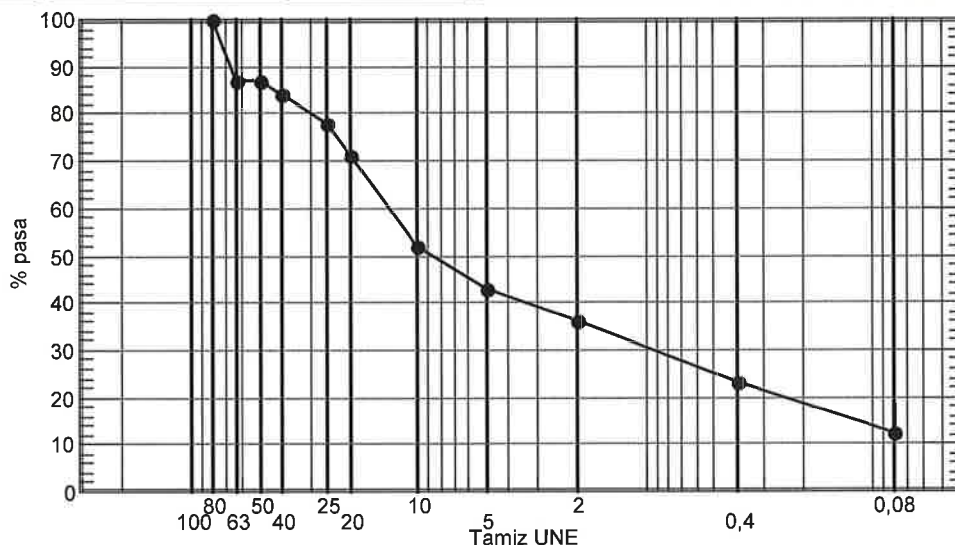
Nº OBRA: 12AG0538
Nº REF.: 12AG10427

MUESTRA: Sondeo S-1. De 6,50 a 9,00 m.

FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE SUELOS

Análisis granulométrico (UNE 103101)



Tamiz UNE	Pasa
100	
80	
63	87
50	87
40	84
25	78
20	71
10	52
5	43
2	36
0,400	23
0,080	12,6

Límites de Atterberg (UNE 103103, 103104)

- Límite líquido:
- Límite plástico: No plástico
- Índice de plasticidad:

Humedad (UNE 103300)

- w (%): 1,7

Ensayos químicos

- Sulfatos (UNE 83963) (SO_4 mg/Kg suelo): < 100,00

Clasificación

- U.S.C.S.: GM

- Observaciones:

El Jefe del Área

Fdo. José Joaquín Lerín Ascaso
Ldo. Geología

Zaragoza, a 31 de agosto de 2012
VºBº Directora del Laboratorio
Fdo. Mª Cinta Tablaga Matute
Lda. CC. Químicas