



**INVESTIGACIÓN DE LA CALIDAD DEL  
SUELO (FASE II)**

**VERTEDERO DE LODOS DE LOECHES DEL  
CANAL DE ISABEL II**

---

## ÍNDICE

---

1	INTRODUCCIÓN .....	1
2	OBJETIVO Y ALCANCE .....	1
3	DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES .....	3
4	ESTUDIO DEL MEDIO FÍSICO .....	8
4.1	Geología .....	9
4.2	Hidrogeología .....	11
4.3	Inventario de puntos de agua.....	14
5	DESCRIPCIÓN DE LA CAMPAÑA DE MUESTREO .....	15
5.1	Justificación y descripción de la campaña de muestreo .....	15
5.2	Ejecución de catas, sondeos e instalación de piezómetros .....	16
5.3	Muestreo de suelos y aguas subterráneas.....	18
5.4	Piezometría.....	20
5.5	Ensayos hidráulicos .....	20
5.6	Resultados analíticos .....	22
5.7	Conclusiones.....	23

---

FIGURAS

Figura 1	Plano de situación del Vertedero de lodos .....	3
Figura 2	Foto aérea de la instalación.....	3
Figura 3	Celdas de vertido .....	5
Figura 4	Red de drenaje.....	5
Figura 5	Nave de secado al sur de las celdas.....	6
Figura 6	Nave de tratamiento de lixiviados, aguas abajo de la instalación .....	7
Figura 7	Mapa Geológico. Escala 1:50.000. Hoja 560 Alcalá de Henares .....	8
Figura 8	Talud de arcillas en capas horizontales .....	10
Figura 9	Ubicación del arroyo Pantueña .....	11
Figura 10	Ubicación de de los sondeos .....	12
Figura 11	Corte geológico de la zona de estudio .....	13
Figura 12	Masas de agua subterránea en la Cuenca Hidrográfica del Tajo .....	14
Figura 13	Distribución de la campaña de campo .....	16
Figura 14	Piezómetro S-4.....	17

---

TABLAS

Tabla 1	Coordenadas de los Sondeos.....	18
Tabla 2	Coordenadas de las Catas.....	18
Tabla 3	Muestras de Suelos.....	19
Tabla 4	Muestras de Aguas Subterráneas.....	20
Tabla 5	Nivel piezométrico .....	20
Tabla 6	Resultados analíticos de las muestras de suelos (mg/kg).....	22
Tabla 7	Resultados analíticos de las muestras de aguas subterráneas (mg/L).....	23

---

## ANEXOS

---

ANEXO I: PLANO TOPOGRÁFICO

ANEXO II: FOTO AÉREA DEL EMPLAZAMIENTO

ANEXO III: PLANO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO REGIONAL Y LOCAL

ANEXO IV: CORTE GEOLÓGICO

ANEXO V: PLANO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ANEXO VI: PLANO DE LA INSTALACIÓN

ANEXO VII: PLANO DE LA CAMPAÑA DE CAMPO

ANEXO VIII: FICHAS TÉCNICAS DE LOS SONDEOS

ANEXO IX: ENSAYOS DE LEFRANC

ANEXO X: CARACTERIZACIÓN ANALÍTICA

## 1 INTRODUCCIÓN

---

El presente documento constituye el **“Estudio de la calidad ambiental de los suelos y aguas subterráneas del vertedero de lodos que el Canal de Isabel II posee en el término municipal de Loeches”**, realizado por la empresa TECNOMA a solicitud del CANAL DE ISABEL II.

Los trabajos se han realizado en función de la problemática del emplazamiento y de los comentarios indicados por el área de Planificación y Gestión de Residuos de la Dirección General de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid, en su comunicado del 23 de marzo de 2011 denominado *Informe Técnico relativo al documento “Investigación de la calidad del suelo (Fase I). Planta de secado térmico y compostaje de lodos y Vertedero de lodos de Loeches”, elaborado por el Canal de Isabel II.*

## 2 OBJETIVO Y ALCANCE

---

El objetivo y alcance de los trabajos realizados es la caracterización, desde un punto de vista ambiental, del suelo y las aguas subterráneas en torno al vertedero de lodos que el Canal de Isabel II posee en Loeches, así como el estudio de la geología e hidrogeología del emplazamiento.

Para la consecución de estos objetivos se ha recogido información, se ha analizado y se han extraído conclusiones sobre los siguientes aspectos:

- Características de la instalación, identificando los posibles focos de contaminación.
- Naturaleza del medio físico (geología e hidrogeología) del emplazamiento.
- Tipología y nivel de concentración de metales pesados que pudieran estar presentes en los suelos y aguas subterráneas; valorando, respecto a los niveles marcados por la normativa de referencia, la presencia o ausencia de estos compuestos sobre los suelos y aguas subterráneas.

Este documento expresa los resultados obtenidos fruto de la información facilitada por los responsables de la instalación y las observaciones realizadas durante los trabajos de campo (que se llevaron a cabo entre los días 23 y 25 de mayo de 2011).

Los trabajos han sido dirigidos íntegramente por personal especializado de TECNOMA, que se encuentra acreditada para realizar inspecciones dentro del campo medioambiental según los criterios recogidos por la norma UNE-EN ISO/IEC 17020 (con número de acreditación 114/EI211). Para la ejecución de los sondeos se ha subcontratado a una empresa de amplia experiencia en dichos trabajos. La caracterización analítica se ha llevado a cabo en el laboratorio que TECNOMA posee en San Sebastián de los Reyes (Madrid), que se encuentra acreditado por ENAC como laboratorio de ensayo con acreditación 366/LE 523, de forma que

garantiza la correcta ejecución de todos los trabajos conforme a la norma UNE-EN ISO 17025:2005.

La normativa utilizada como referencia para establecer los criterios de comparación es la que se recoge a continuación:

- Orden 2770/2006, de 11 de agosto, de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, por el que se procede al establecimiento de niveles genéricos de referencia de metales pesados y otros elementos traza en suelos contaminados de la Comunidad de Madrid.
- Orden 761/2007, de 2 de abril, del Consejero de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, por la que se modifica la Orden 2770/2006, de 11 de agosto, por la que se establecen niveles genéricos de referencia de metales pesados y otros elementos traza de suelos contaminados de la Comunidad de Madrid.

En el caso de las aguas subterráneas se han utilizado como criterios de evaluación los correspondientes a la normativa holandesa:

- Circular sobre valores objetivo y valores de intervención para la recuperación del suelo y sus anexos A-D. Ministerio de Vivienda, Planificación del Territorio y Medio Ambiente Holandés; Dirección General de Protección Ambiental; Departamento de Protección del Suelo. Netherlands Government Gazette, Nº 39 – 4 de Febrero de 2000.

### 3 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

El vertedero de lodos del CANAL DE ISABEL II, en adelante el CANAL, se localiza en el término municipal de Loeches, Madrid.



**Figura 1**

**Plano de situación del Vertedero de lodos**



**Figura 2**

**Foto aérea de la instalación**

El área de estudio se ubica en un entorno agrícola, al norte del polígono industrial de Prado Concejil, a 3 km al norte del municipio de Loeches. En los anexos I y II se adjunta un plano de situación y una foto aérea de la instalación.

No existen en el entorno del emplazamiento viviendas, zonas urbanizadas, pozos, ni depósitos de agua para consumo humano. El vertedero se está construyendo en la actualidad, y previamente era un terreno de cultivo, al igual que las parcelas con las que limita

En esta instalación se va a proceder al secado y almacenamiento de aquellos lodos que, por su composición, no son aptos como abono para la agricultura.

Las instalaciones disponen de una superficie del orden de 48.000 m<sup>2</sup>, de los cuales, aproximadamente, 15.866 m<sup>2</sup> se encuentran ocupados por dos celdas de vertido, 7.025 m<sup>2</sup> por una nave de secado y 767 m<sup>2</sup> por una nave de tratamiento de los lixiviados generados en la instalación. La superficie restante se corresponde con viales internos, servicios auxiliares de las instalaciones y zonas verdes. En el anexo IV se adjunta un plano de la instalación.

A continuación se hace una breve descripción de las instalaciones que constituyen el emplazamiento y que pueden ser focos potenciales de la contaminación del suelo en el emplazamiento:

---

- **Celdas de vertido**

---

Las celdas se han dispuesto en la zona norte de la parcela, que es la parte más alta de la instalación, de forma que los lixiviados que se generen lleguen a la planta de tratamiento por gravedad.

Se han excavado e impermeabilizado dos celdas de vertido de, aproximadamente, 7.867 y 7.999 m<sup>2</sup> de área, destinadas a albergar los fangos procedentes de la unidad de secado térmico de fangos y, eventualmente, los tratados en la nave de secado previo. La profundidad media de las celdas es de 4 m.

Las celdas están separadas por un camino de servicio pavimentado con zahorra compactada. Éste está dotado de las correspondientes cunetas para recepción de las escorrentías pluviales procedentes del área de las celdas de vertido.

Tanto el fondo como los taludes de la celdas se han compactado hasta llegar a un grado de compactación del 95% P.N. (UNE 103500). El sistema de impermeabilización ejecutado en las celdas (en orden ascendente comenzando por la parte más profunda) ha consistido en los siguientes elementos:

- Geocompuesto de bentonita.
- Geomembrana de polietileno de alta densidad (PEAD).
- Georred de drenaje.



Las redes de recogida de lixiviados se encuentran unidas entre las dos celdas y conducen la totalidad de los lixiviados a la planta de tratamiento.



**Figura 3**                      **Celdas de vertido**



**Figura 4**                      **Red de drenaje**

- Nave de secado

En esta plataforma, en circunstancias especiales y con carácter extraordinario, el lodo se dispondrá durante un tiempo para rebajar su humedad antes de depositarlo en las celdas del vertedero. Esta nave se encuentra al sur de las celdas de vertido.

La evacuación de los lixiviados en la plataforma se realizará en dirección norte -sur aprovechando la pendiente con la que se ha diseñado la nave, que es del 3%.

Para evitar derrames accidentales por los laterales este y oeste se ha previsto una recogida en el borde de losa. Los lixiviados generados circularán sobre la losa y serán recogidos por tres canaletas prefabricadas embebidas en dicha losa de hormigón y situadas a un nivel inferior respecto a la superficie.

Las aguas percoladas a través de la losa y filtradas por la zahorra artificial son conducidas por la propia pendiente de la nave y recogidas en un único dren, constituido por un tubo ranurado de PVC de DN 100. Dicho dren se conecta con un pozo, a su vez integrado en la red general de lixiviados, garantizándose así la ausencia de filtraciones hacia el terreno.



**Figura 5** Nave de secado al sur de las celdas

- Planta de tratamiento de lixiviados

La planta tratará los lixiviados procedentes de las celdas en explotación y del área de secado, con objeto que el efluente reúna las condiciones necesarias para su vertido a la red de saneamiento. Este edificio se encuentra totalmente hormigonado e impermeabilizado para no afectar al terreno natural.



**Figura 6** Nave de tratamiento de lixiviados, aguas abajo de la instalación

#### 4 ESTUDIO DEL MEDIO FÍSICO

En el presente apartado se exponen las características geológicas e hidrogeológicas de los materiales existentes en el área de estudio. Para ello se ha realizado una labor previa de documentación bibliográfica, un reconocimiento técnico visual de la zona y una campaña de reconocimiento del terreno mediante la realización de 4 sondeos.

La documentación consultada ha consistido en:

- Mapa Geológico de España. E. 1:50.000, número 560: Alcalá de Henares. Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Mapa Hidrogeológico de España. E. 1:200.000, número 45: Madrid. Instituto Tecnológico Geominero de España.



**Figura 7**

**Mapa Geológico. Escala 1:50.000. Hoja 560 Alcalá de Henares**

## **4.1 Geología**

---

### **Marco geológico**

Geológicamente la zona de estudio se asienta en la cuenca Meso- Terciaria del Tajo o Cuenca de Madrid.

La Cuenca intramontana de Madrid está representada, de borde a centro, por facies detríticas correspondientes a las zonas proximales de los abanicos aluviales resultantes de la denudación de la sierra de Madrid, facies intermedias pertenecientes a los dominios distales de dichos abanicos y facies de evaporitas lacustres. La zona de estudio corresponde al tránsito lateral de las facies intermedias a las facies evaporíticas yesíferas.

Los suaves fondos de valle que enlazan las lomas se encuentran parcialmente tapizados por depósitos detríticos cuaternarios aluvio-coluviales de espesor inferior a 3 m, formados por arenas limo-arcillosas y arcillas limo-arenosas marrones con abundantes gravas y bolos subredondeados.

### **Estratigrafía**

#### **Terciario**

Los terrenos afectados por la instalación corresponden a los términos inferiores de la Unidad Alcalá, de edad Mioceno inferior (Orleaniense), constituidos por arcillas grisáceas y rojizas, más o menos yesíferas, dispuestas horizontalmente, que alternan con niveles laminados de limos y arcillas-arenosas micáceas muy finas.

#### **Cuaternario**

Algunos tramos, aguas arriba de las vaguadas, pueden presentar un recubrimiento superficial de depósitos aluvio-coluviales formados por arenas y arcillas marrones con abundantes gravas y bolos.

### **Tectónica**

Las formaciones geológicas presentes en el área de estudio son miocenas y cuaternarias, y por tanto, post-orogénicas, por ello no han sufrido procesos tectónicos compresivos, disponiéndose horizontalmente. Aún así, fases distensivas han provocado reajustes estructurales en forma de fracturas verticalizadas, normalmente relacionadas con vaguadas.

Durante la campaña de campo no se ha detectado ninguna discontinuidad estructural de magnitud destacable en el emplazamiento.



**Figura 8 Talud de arcillas en capas horizontales**

La geología local se ha interpretado con la información obtenida durante la realización de los sondeos efectuados durante la campaña de investigación y con la observación de los taludes del emplazamiento: el vertedero de lodos afecta a unas suaves lomas constituidas por arcillas limosas gris-verdosas y marrón-rojizas, dispuestas horizontalmente, con presencia irregular de yeso, variando desde cristales milimétricos dispersos en la masa arcillosa hasta niveles nodulares de potencia centimétrica, alternado con capas de arcillas-arenosas, y un suelo de alteración de naturaleza arcillosa.

En el anexo V se presentan los registros de los sondeos, con la descripción de las columnas litológicas obtenidas.



## 4.2 Hidrogeología

El vertedero de lodos se localiza a 1,25 kilómetros del arroyo Pantueña, dentro de la Cuenca Hidrográfica del Tajo, aunque este cauce se encuentra fuera del ámbito de estudio.



**Figura 9**      **Ubicación del arroyo Pantueña**

La naturaleza arcillosa y limosa de los terrenos afectados por el vertedero los hace resultar altamente impermeables, predominando la escorrentía superficial.

Los corredores aluvio-columviales de las vaguadas son los únicos focos de filtración de agua, así como las zonas de disolución de yesos en las arcillas localizadas bajo dichos depósitos detríticos cuaternarios.

Se ha investigado la zona según el Sistema de Información del Agua Subterránea (SIAS) del Instituto Geológico y Minero de España, y se ha visto que la zona de estudio no se ubica sobre ningún acuífero, ya que la permeabilidad de la zona es baja.

En el anexo III se adjunta el mapa hidrogeológico de Madrid, donde se aprecia que en la zona de estudio no existe un nivel acuífero, ya que las curvas piezométricas que indican la cota del acuífero se cortan en el sur al llegar al terreno arcilloso y al norte sólo se encuentran en los terrenos cuaternarios de terrazas de gravas y arenas.

En dos (S-1 y S-4) de los cuatro sondeos realizados en el emplazamiento se ha detectado agua, por lo que se han instalados dos piezómetros.

El piezómetro S-1 se ha instalado a una cota de 643 msnm y el nivel del agua se ha medido a 635,75 m. El piezómetro S-4 se ha instalado a una cota de 625 msnm y el nivel del agua se ha medido a 620,75 m.

El S-1 se ubica aguas arriba de la instalación y el S-4 aguas abajo, entre ambos sondeos se han realizado otros dos (S-2 y S-3) en los que no se ha encontrado agua.

A continuación se representa la situación de los cuatro sondeos llevados a cabo en el emplazamiento.

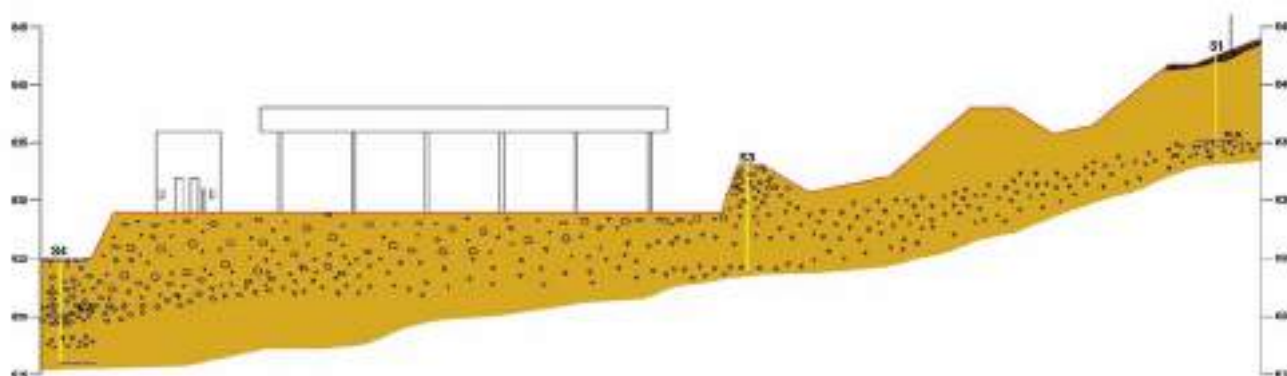


**Figura 10**      **Ubicación de de los sondeos**



Teniendo en cuenta que la litología predominante de la zona son arcillas limosas, que no se ha detectado agua en los dos sondeos ubicados entre los sondeos S-1 y S-4 y que durante la ejecución de los trabajos de excavación de las celdas de vertido y de los cimientos del edificio de tratamiento de lixiviado no se detectó agua, se considera que las aguas subterráneas identificadas en los sondeos S-1 y S-4 no pertenecen a un acuífero, si no que son dos acuitardos o bolsas colgadas de agua, independientes entre sí. En el sondeo 1 el nivel de agua se asocia a las margas yesíferas, donde los yesos pueden haber sufrido disolución, permitiendo la circulación del agua y en el sondeo 4 al nivel superficial de arcillas gravosas, donde la recarga puede proceder de la escorrentía superficial.

A continuación se puede observar el corte geológico de la zona de estudio, realizado desde el sondeo S-1 (situado aguas arriba de la instalación) hasta el sondeo S-4 (aguas abajo), que refleja la geología en profundidad del emplazamiento. Este corte también se adjunta en el anexo IV.



**Figura 11** Corte geológico de la zona de estudio

Por otro lado, con los datos obtenidos a partir de la Confederación Hidrográfica del Tajo se ha realizado una zonificación del área de estudio, en la que se puede observar como ésta no se encuentra sobre ninguna Unidad Hidrogeológica. En el anexo V se adjunta el plano donde se representan las masas de agua de la zona de estudio.



**Figura 12 Masas de agua subterránea en la Cuenca Hidrográfica del Tajo**

### 4.3 Inventario de puntos de agua

La instalación no posee ningún pozo, además no se ha identificado ningún punto de agua en la zona, según se puede apreciar en la Figura 12, donde se encuentran representados los puntos de agua de la Confederación Hidrográfica del Tajo, de la Comunidad de Madrid y del IGME.

## 5 DESCRIPCIÓN DE LA CAMPAÑA DE MUESTREO

---

### 5.1 Justificación y descripción de la campaña de muestreo

Según la planificación establecida para obtener la calidad del suelo en el vertedero de lodos de Loeches, el equipo técnico de TECNOMA llevó a cabo las siguientes actuaciones antes iniciarse los trabajos de campo:

- Organización del equipo técnico (distribución de tareas, cronograma de trabajo, etc.).
- Recopilación y análisis de información. Consultando los datos inherentes a la actividad histórica desarrollada en el emplazamiento así como del entorno físico del mismo. En este sentido se han revisado planos topográficos, geológicos e hidrogeológicos.
- Preparación de los recursos (materiales y humanos) necesarios para el proyecto.

Una vez ultimados estos aspectos se ha planteado la estrategia de investigación sobre la base de las características propias del emplazamiento y del medio físico en el que se encuentra (información recopilada previamente). Definiendo el alcance de los trabajos, la ubicación de los puntos de muestreo, así como el programa analítico de los suelos y aguas subterráneas.

Sobre la base de la información aportada por el informe *Investigación de la calidad del suelo (Fase I)* y lo indicado en el *Informe técnico del Área de Planificación y Gestión de Residuos de la Comunidad de Madrid* se ha diseñado una campaña de perforación que contempla la ejecución de cuatro sondeos mecánicos y tres catas para conocer la geología del emplazamiento y obtener un blanco del suelo y las aguas subterráneas. Los criterios seguidos para la ubicación de los mismos han sido principalmente la proximidad a los focos de contaminación (celdas de vertido y nave de secado), la extensión del emplazamiento y la dirección del flujo de la escorrentía superficial.

A continuación se muestra un plano con la distribución de los sondeos y catas llevados a cabo, que también se incluye en el anexo IV:



**Figura 13** Distribución de la campaña de campo

## **5.2 Ejecución de catas, sondeos e instalación de piezómetros**

La campaña de campo consistente en 3 catas y 4 sondeos se ha ejecutado entre los días 23 y 25 de mayo de 2011.

De acuerdo a la campaña de muestreo planteada, se han realizado 4 sondeos mecánicos, denominados correlativamente S-1 a S-4, con una profundidad de 9,00 m. La localización de los sondeos se puede ver en el anexo IV y su registro y reportaje fotográfico en el anexo V. Los sondeos se han ubicado en torno a las celdas de vertido (uno aguas arriba y dos aguas abajo) y otro en el extremo sur del emplazamiento, aguas abajo de todo el emplazamiento (de las celdas de vertido, la nave de secado y el edificio de tratamiento de lixiviados), de esta forma se ha querido conocer la calidad del suelo en las zonas más conflictivas de la instalación.

Los sondeos se han efectuado en seco, a rotación, con extracción continua de testigo, con un diámetro de perforación de 86 mm. Este método de perforación causa una mínima alteración de las condiciones del suelo, lo que permite un registro preciso de las características del terreno y un muestreo más fiable y representativo, además de la instalación de piezómetros para el control y muestreo de las aguas subterráneas.

Los trabajos de perforación han sido ejecutados por la empresa SERVICIOS DE CONTROL E INSPECCIÓN S.A. (SCI), supervisados en todo momento por personal cualificado de TECNOMA, quien se encargó de describir detalladamente el material extraído (litología, características

texturales y/o de fábrica mas destacables, etc.). Estas actividades se realizaron a partir de la observación del testigo extraído y depositado en cajas portatestigo parafinadas para su registro y fotografiado.

En los sondeos donde se detectó agua (S-1 y S-4) se instalaron como piezómetros para el control y muestreo de las aguas subterráneas.

Para la construcción de los piezómetros se empleó tubería piezométrica de PVC de alta densidad, de 50 mm. En el sondeo S-1, se instaló ciega en los cuatro primeros metros y ranurada el resto (5 m), y en el sondeo S-4, ciega en los dos primeros metros y ranurada el resto (7 m), con un tapón en su extremo superior.



**Figura 14**

**Piezómetro S-4**

Los sondeos han alcanzado 9 m de profundidad, 5 m por debajo de la base de las celdas de vertido, de esta forma se ha intentado comprobar la presencia de un nivel freático, estudiar la geología del emplazamiento en profundidad, así como comprobar si el terreno funciona como barrera geológica según el Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

Además, también se realizaron un total de 3 calicatas manuales hasta alcanzar una profundidad de 0,30 m. Las zonas en las que se realizaron las calicatas son las siguientes:

- Zona aguas abajo de la nave de secado (lateral sureste y suroeste).
- Lateral suroeste del edificio de tratamiento de lixiviados.

La ejecución de las calicatas se llevó a cabo para tomar muestras superficiales de los suelos (a 25 cm de profundidad). La litología predominante de las catas han sido las arcillas limosas marrones.

Tras la realización de los sondeos y catas se procedió a su localización geográfica con la ayuda de un equipo de GPS. De esta forma, cada punto ha quedado referenciado con el sistema geodésico del Estado, con coordenadas UTM.

La tabla que se presenta a continuación relaciona, para cada punto de muestreo, las coordenadas UTM, la cota del terreno, la profundidad que se ha alcanzado y las características de los piezómetros instalados.

**Tabla 1 Coordenadas de los Sondeos**

Sondeo	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada Z (m)	Profundidad del Punto (m)	Tubería ciega (m)	Tubería ranurada (m)
S-1	465432	4474493	643	9,00	4	5
S-2	465559	4474398	636	9,00	-	-
S-3	465448	4474370	633	9,00	-	-
S-4	465517	4474184	625	9,00	2	7

**Tabla 2 Coordenadas de las Catas**

Cata	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada Z inicial (m)	Profundidad del Punto (m)
C-1	465535	4474231	628	0,30
C-2	465544	4474257	630	0,30
C-3	465479	4474190	627	0,30

### 5.3 Muestreo de suelos y aguas subterráneas

La selección de los parámetros a analizar se ha realizado en función de las características de los focos de contaminación y las sustancias potencialmente contaminantes a los suelos y aguas subterráneas del emplazamiento, presentes en los lodos.

Los lodos que se van a depositar en el vertedero poseen una concentración en metales pesados que supera la concentración establecida por el Decreto 193/1998, de 20 de noviembre, del Consejo de Gobierno, por el que se regula, en la Comunidad de Madrid, la utilización de lodos de depuradora en agricultura, por ello se van a analizar Cr, Cd, Hg, Cu, Zn, Ni y Pb.

Para la realización de las determinaciones analíticas se ha utilizado el laboratorio de TECNOMA sito en San Sebastián de los Reyes que se encuentra acreditado por la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2000 (nº de acreditación 366/LE523).

La metodología y procedimientos empleados para la realización de las determinaciones analíticas se muestran en cada certificado de análisis del laboratorio, que se adjunta en el Anexo VI del presente informe.

La toma de muestras de suelo se realizó inmediatamente después de la perforación o excavación del terreno con material de un solo uso o debidamente descontaminado. Las muestras fueron identificadas de forma inequívoca, se almacenaron en una nevera portátil desde el momento de su toma hasta la llegada al laboratorio de análisis.

Se recogieron un total de 4 muestras de suelo en los sondeos y 3 muestras de suelos en las calicatas excavadas. Las muestras se tomaron a nivel superficial para así obtener un blanco de las características de los suelos del emplazamiento.

En la tabla siguiente se presenta la relación de muestras de suelo tomadas en la que se detallan las zonas de muestreo y las determinaciones analíticas solicitadas al laboratorio:

**Tabla 3 Muestras de Suelos**

Código de muestra	Punto de muestreo	Profundidad de muestreo (m)	Zona de muestreo	Determinación analítica
MS-1	S-1	0,30	Aguas arriba de las celdas de vertido	Cr, Cd, Hg, Cu, Zn, Ni, Pb
MS-2	S-2	0,25	Aguas abajo de las celdas de vertido	
MS-3	S-3	0,25	Aguas abajo de las celdas de vertido	
MS-4	S-4	0,25	Aguas abajo de toda la instalación (celdas de vertido, nave de secado, nave de tratamiento de lixiviados)	
MC-1	C-1	0,25	Aguas abajo de la nave de secado	
MC-2	C-2	0,25	Aguas abajo de la nave de secado	
MC-3	C-3	0,25	Aguas abajo de la nave de secado	

Se han recogido dos muestras de agua subterránea en los dos piezómetros donde se detectó agua durante la campaña de investigación.

Del mismo modo que con las muestras de suelo, después de la toma de cada muestra de agua, ésta se identificó y se almacenó en una nevera portátil donde permaneció desde el momento de la toma hasta su llegada al laboratorio de análisis. Para la toma de muestras de agua se emplearon tomamuestras manuales de teflón de un único uso (bailers).

En la siguiente tabla se presenta la relación de las muestras de agua tomadas en la que se detallan las zonas de muestreo y las determinaciones analíticas realizadas.



**Tabla 4 Muestras de Aguas Subterráneas**

Código de muestra	Punto de muestreo	Zona de muestreo	Determinación analítica
MP-1	S-1	Aguas arriba de las celdas de vertido	Cr, Cd, Hg, Cu, Zn, Ni, Pb
MP-4	S-2	Aguas abajo de toda la instalación (celdas de vertido, nave de secado, nave de tratamiento de lixiviados)	

#### 5.4 Piezometría

Una vez estabilizado el nivel del agua subterránea después de la perforación de los sondeos e instalación de los piezómetros, se midió el nivel del agua en los mismos (el día 14 de junio de 2011). La medición se realizó mediante una sonda de interfase. En la tabla siguiente se muestran la profundidad y cota del nivel freático.

**Tabla 5 Nivel piezométrico**

Punto	Cota piezómetro (msnm)	Profundidad (m)	Cota nivel de agua (msnm)
S-1	643	7,25	635,75
S-4	625	4,25	620,75

Los niveles de agua detectados al encontrarse sobre una litología arcillosa y no haberse detectado agua en los sondeos intermedios S-2 y S-3, se estima que son niveles colgados de agua y no pertenecen a un mismo acuífero.

#### 5.5 Ensayos hidráulicos

Durante la campaña de campo se han realizado dos ensayos hidráulicos de Lefranc en los sondeos S-2 (entre 4,10 y 5,10 m de profundidad) y S-3 (entre 2 y 3 m de profundidad) para estudiar la permeabilidad de los materiales aguas abajo de las celdas de vertido.

La permeabilidad o conductividad hidráulica es la facilidad por la cual un material (en este caso serían los materiales constituyentes del terreno) deja pasar el agua a su través.

El sondeo debe estar revestido para no provocar los derrumbes de las paredes, excepto en el punto o tramo donde se realizará el ensayo de permeabilidad. El ensayo consiste en la introducción de un volumen de agua conocido en un tiempo determinado mediante una bomba, por el interior del varillaje, de forma que llegue hasta la parte del tramo a ensayar.



El agua introducida sólo podrá salir a través de los materiales que conforman las paredes del sondeo, este volumen de agua que se pierde a través de las paredes del terreno será el que proporcione información acerca de la permeabilidad relativa del sustrato.

Para ello se ha ido midiendo cada 2, 4, 6, 10, 15, 20 y 30 minutos los milímetros/centímetros que descendía la columna de agua dentro de la tubería del sondeo.

La fórmula para conocer la permeabilidad es la siguiente:

$$K = \frac{r^2}{2 * L * (T_1 - T_2)} * \ln \frac{L}{r} * \ln \frac{D_1}{D_2}$$

Donde:

- r: radio
- L: longitud del tramo a ensayar
- D1: descenso 1
- D2: descenso 2
- T1: tiempo en que se ha medido el descenso D1
- T2: tiempo en que se ha medido el descenso D1

El ensayo llevado a cabo en el sondeo S-2 ha dado como resultado una permeabilidad de  $8,083 * 10^{-10}$  m/s mientras que el realizado en el S-3 dio como resultado  $1,77 * 10^{-8}$  m/s. En el anexo VII se adjunta la ejecución de los ensayos de Lefranc.

Estos valores se consideran como valores bajos de permeabilidad, lo que coincide con las observaciones de campo realizadas durante el desarrollo de los sondeos.



**Figura 15**      **Ensayo de Lefranc en el S-2 a los 30 minutos**

## 5.6 Resultados analíticos

A continuación se muestra los resultados obtenidos en la caracterización analítica de los suelos y aguas subterráneas del emplazamiento. Los certificados de laboratorio se presentan en el anexo VIII del informe.

Los resultados analíticos obtenidos en las **muestras de los suelos** se han comparado con los niveles establecidos en la *Orden 2770/2006, de 11 de agosto, de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, por el que se procede al establecimiento de niveles genéricos de referencia de metales pesados y otros elementos traza en suelos contaminados de la Comunidad de Madrid*.

**Tabla 6 Resultados analíticos de las muestras de suelos (mg/Kg)**

SUELOS	Uso Industrial	Uso Urbano	Otros Usos	Cata 1	Cata 2	Cata 3	SM-1	SM-2	SM-3	SM-4
Cadmio	300	30	3	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Cobre	8.000	800	80	36,0	20,0	34,0	34,0	18,0	36,0	35,0
Cromo	2.300	230	90	32,0	31,0	27,0	26,0	33,0	28,0	29,0
Níquel	15.600	1.560	405	16,0	15,0	14,0	14,0	17,0	14,0	15,0
Plomo	2.700	270	75	6,0	< 5,0	7,0	5,0	< 5,0	7,0	7,0
Zinc	100.000	11.700	1.170	59,0	61,0	52,0	51,0	56,0	58,0	59,0
Mercurio	15	7	5	0,03	< 0,03	0,18	0,03	< 0,03	0,03	0,04

La parcela donde se emplaza el vertedero soporta una actividad industrial, por lo que se han utilizado los NGR de “Uso industrial”. En ninguna de las muestras de suelos las concentraciones de metales detectadas superan los niveles de referencia establecidos por la Orden 2770/2006. Aún así, como se encuentra rodeada de parcelas agrícolas, también se ha querido comparar con los NGR de “Otros Usos”, no superando tampoco ninguno de los parámetros estudiados.

Los resultados obtenidos en las **muestras de aguas subterráneas**, se han comparado con los valores fijados en la legislación holandesa de referencia: “*Circular sobre valores objetivo y valores de intervención para la recuperación del suelo y sus anexos A-D*”. Ministerio de Vivienda, Planificación del Territorio y Medio Ambiente Holandés; Dirección General de Protección Ambiental; Departamento de Protección del Suelo. Netherlands Government Gazette, N° 39 – 4 de Febrero de 2000”, ya que no se posee normativa nacional sobre niveles genéricos de referencia en aguas subterráneas.

**Tabla 7 Resultados analíticos de las muestras de aguas subterráneas (mg/L)**

AGUAS	Nivel intervención (mg/l)	MS-1	MS-4
Cadmio	0,0060	< 0,0030	< 0,0030
Cobre	0,0750	0,0140	0,0070
Cromo	0,0300	< 0,0060	< 0,0060
Níquel	0,0750	< 0,0060	< 0,0060
Plomo	0,0750	0,0230	< 0,0110
Zinc	0,8000	0,0330	0,0180
Mercurio	0,0003	< 0,0001	< 0,0001

En ninguna de las muestras de aguas, las concentraciones de metales detectadas superan el nivel de intervención de la normativa holandesa.

## 5.7 Conclusiones

Se ha realizado una campaña de campo en el vertedero de lodos que el Canal de Isabel II posee en el municipio de Loeches consistente en 4 sondeos y 3 calicatas, de esta forma se ha podido conocer la geología e hidrogeología del emplazamiento y se han recogido muestras de suelos y aguas subterráneas para obtener un blanco ambiental del emplazamiento.

El vertedero se está construyendo en la actualidad, y previamente era un terreno de cultivo, al igual que las parcelas con las que limita.

Se ha visto que la litología predominante son arcillas limosas, con niveles en los que destaca la presencia de yesos y gravas. En dos de los sondeos se ha detectado agua subterránea, aunque debido a la litología de la zona y a la distribución de los piezómetros, se estima que son bolsas colgadas de agua, independientes entre sí y no pertenecen a ningún acuífero superficial.

En las muestras de suelos y aguas subterráneas se han analizado metales pesados (Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn y Hg) que son los compuestos que se encuentran en los lodos que se van a depositar en el emplazamiento. Todas las muestras poseen concentraciones por debajo de los niveles de referencia establecidos por la Comunidad de Madrid (para los suelos) y por la normativa holandesa (aguas subterráneas).

Se recomienda llevar a cabo controles periódicos cada 3 años de la calidad de las aguas subterráneas en el punto de control S-4 con el fin de registrar posibles futuras afecciones que se pudieran producir. Respecto a los suelos, se recomienda también realizar un muestreo cada 3 años para comprobar la concentración de los metales pesados en el suelo, aguas abajo de las zonas conflictivas identificadas (celdas de vertido y nave de secado de lodos).

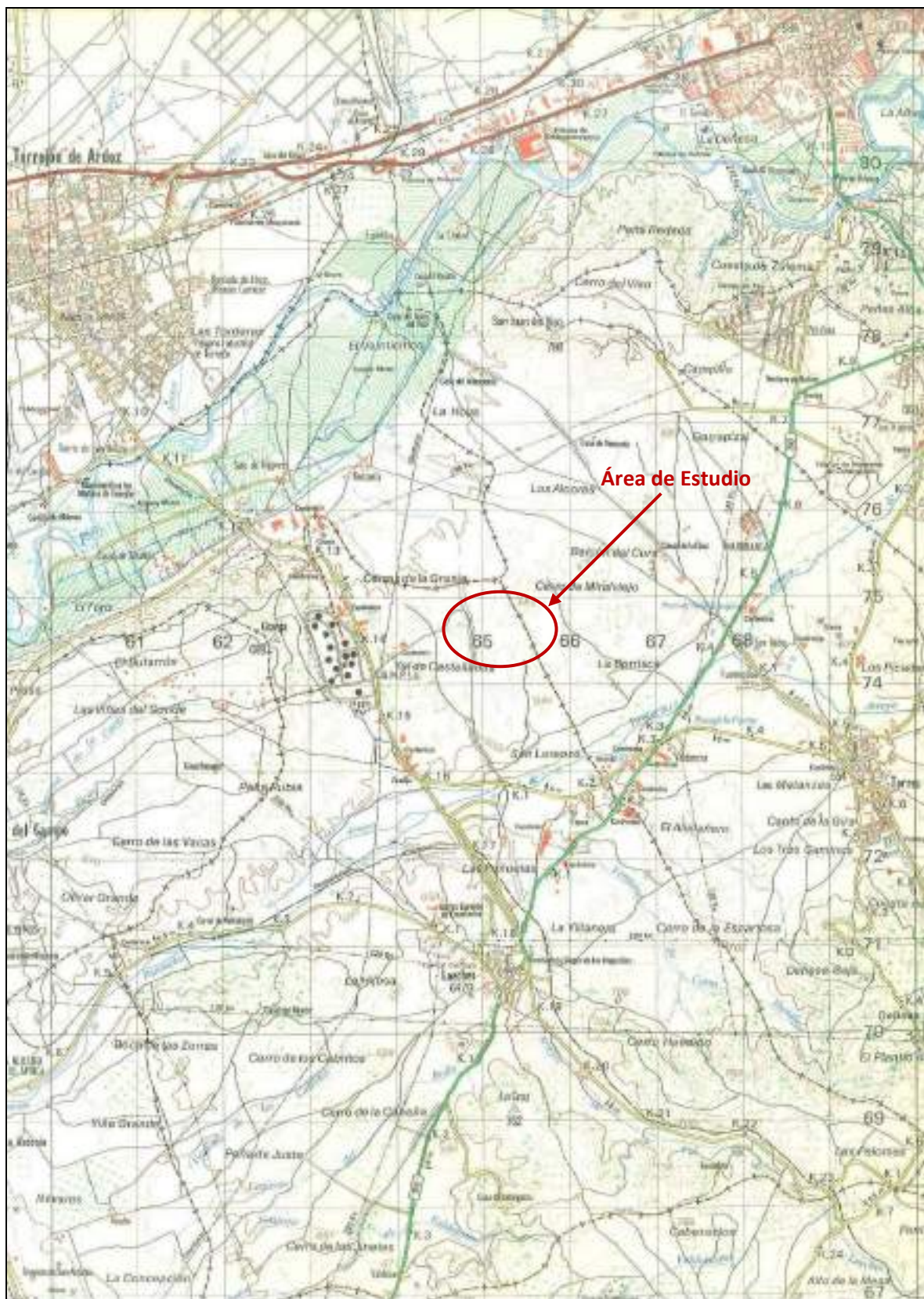
## ANEXOS

---

## ANEXO I. PLANO TOPOGRÁFICO

---





PLANO TOPOGRÁFICO

## **ANEXO II. FOTOGRAFÍA AÉREA**

---

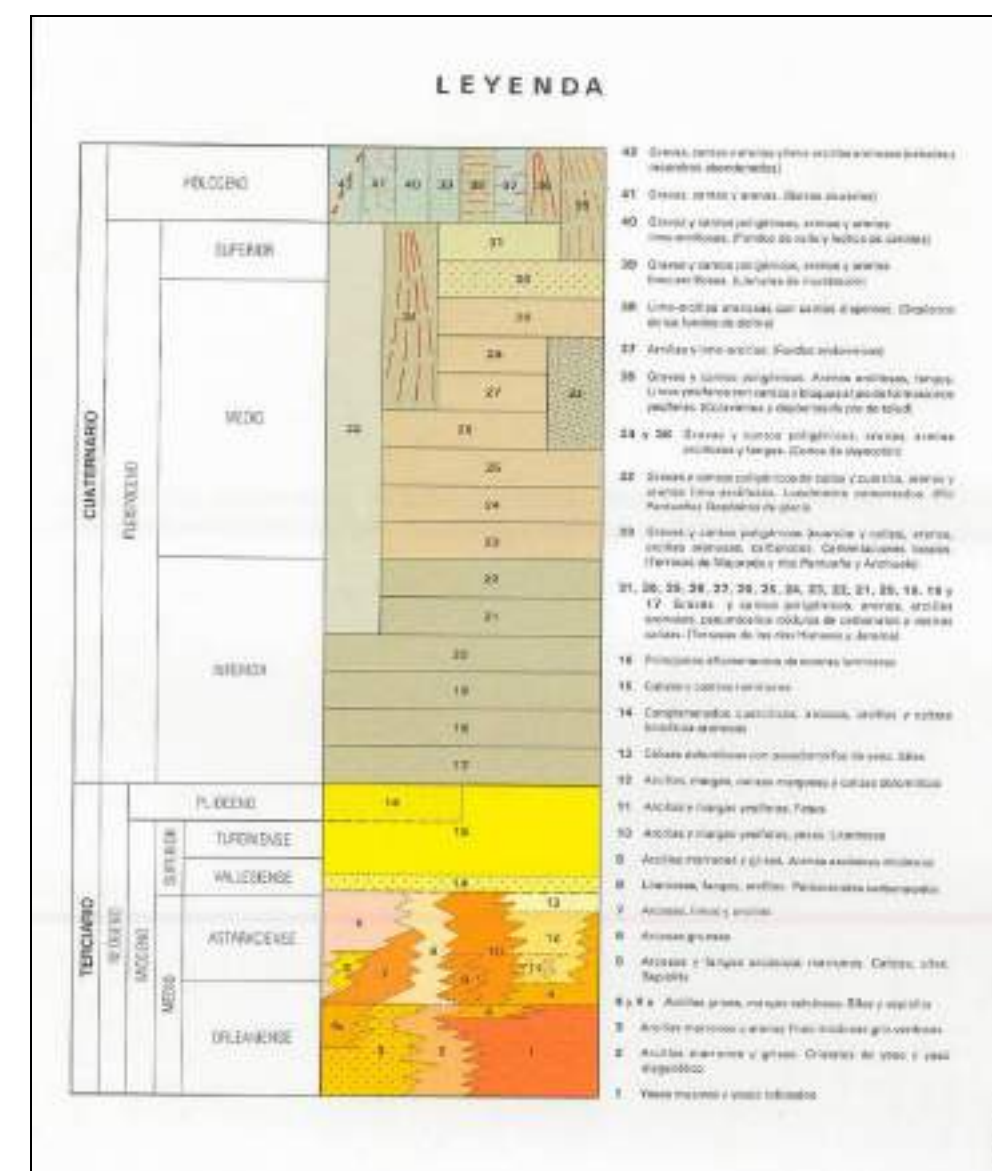
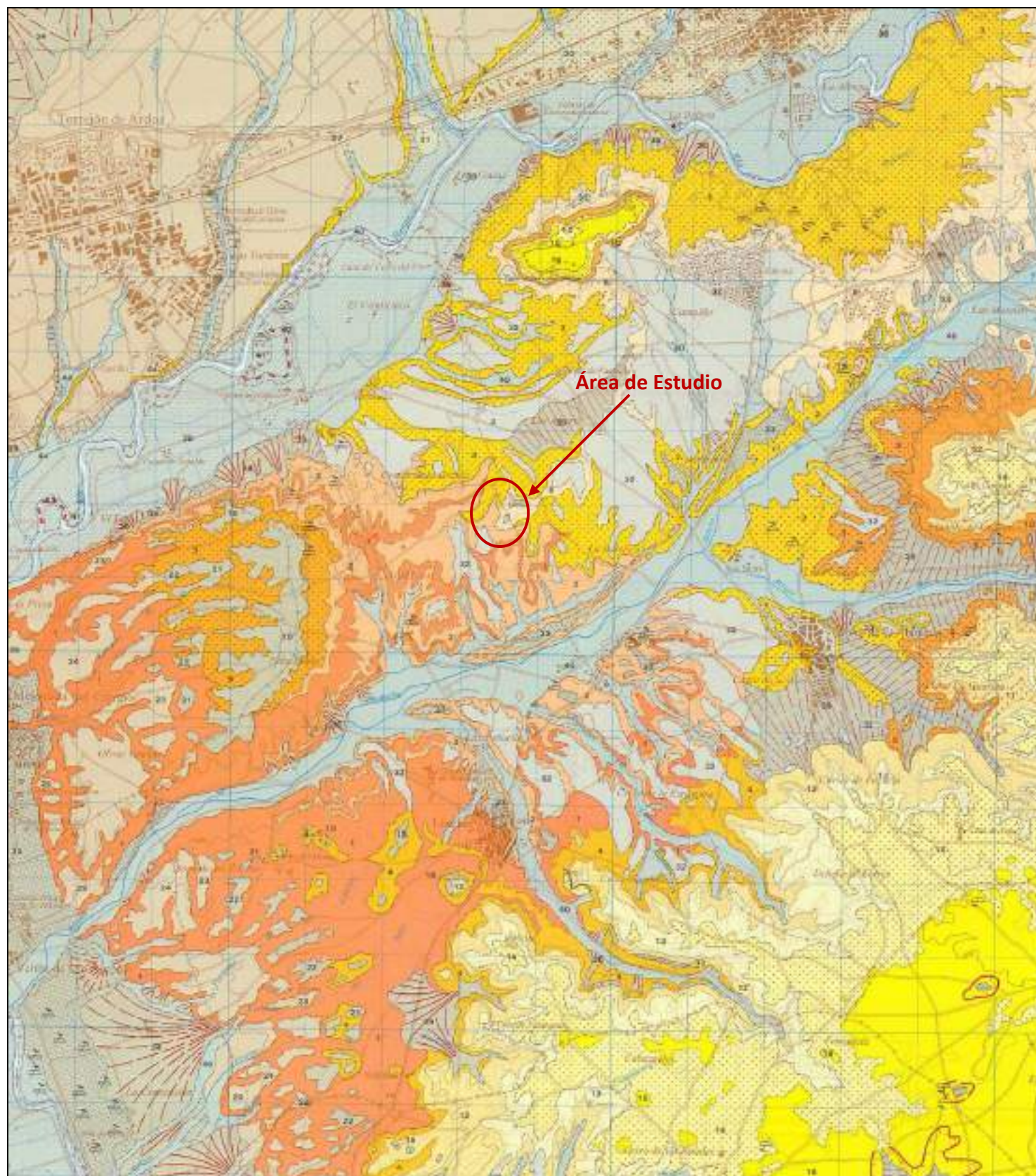




### **ANEXO III. PLANO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO**

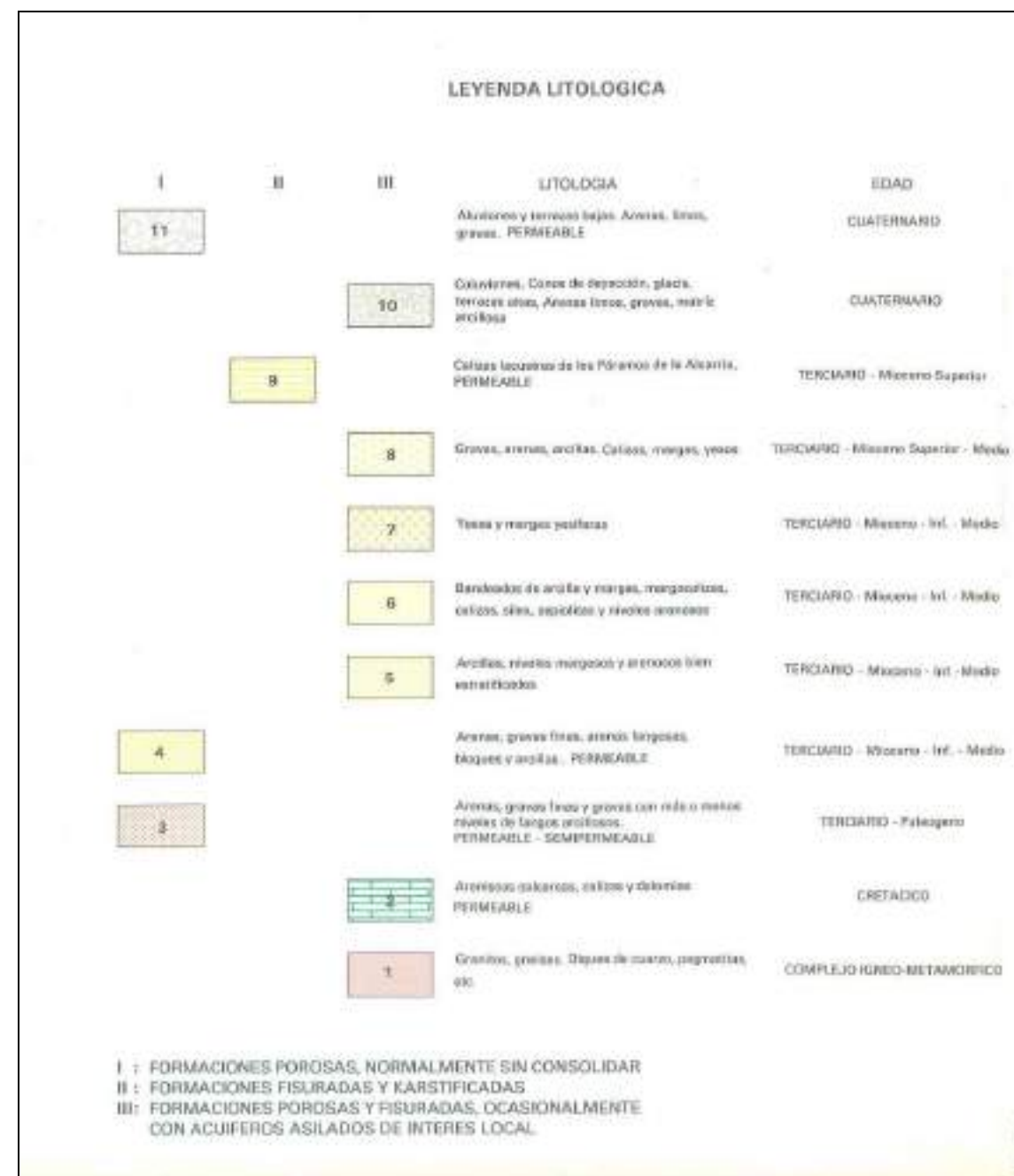
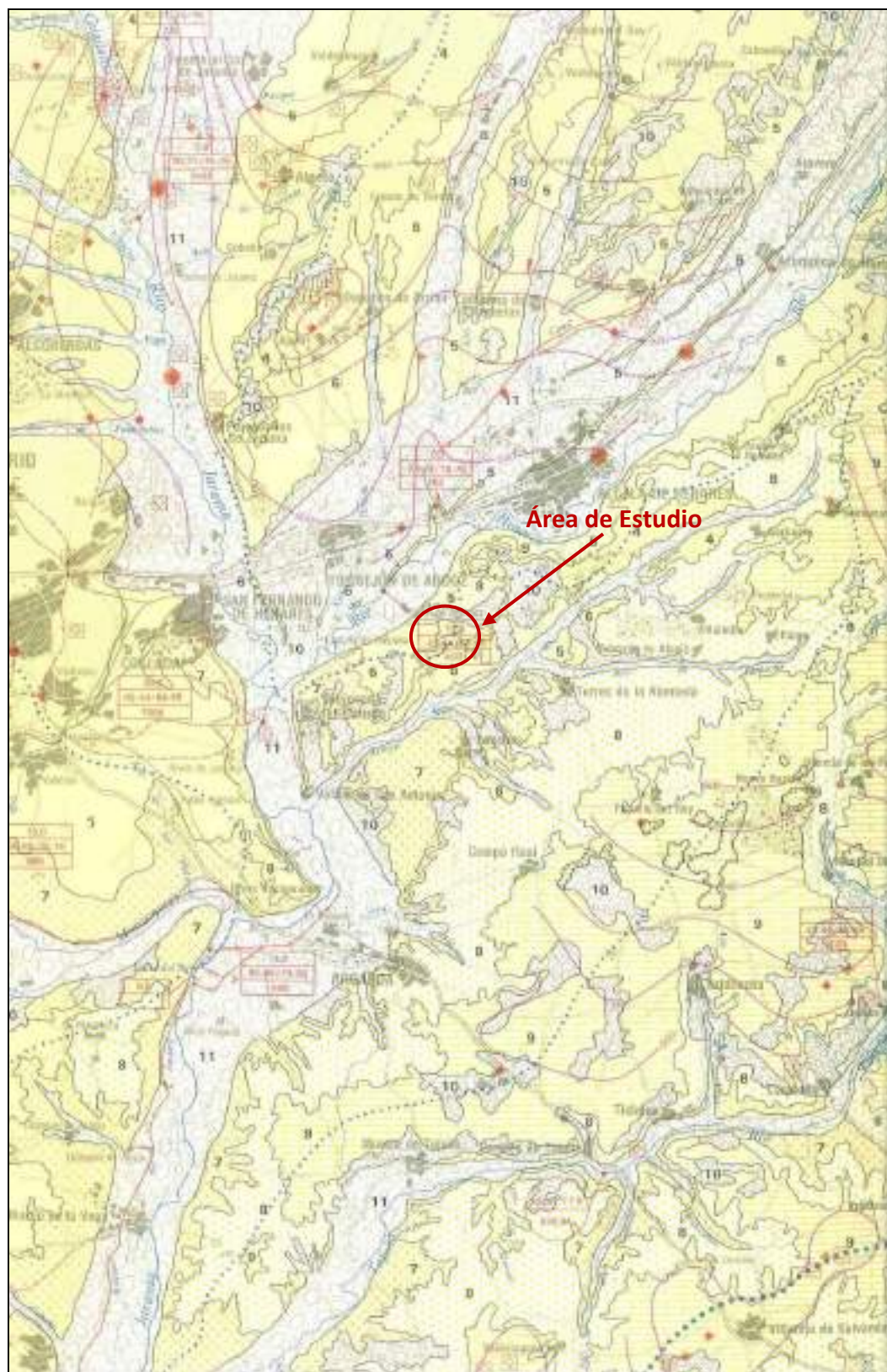
---





MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA. E. 1:50.000, NÚMERO 560: ALCALÁ DE HENARES

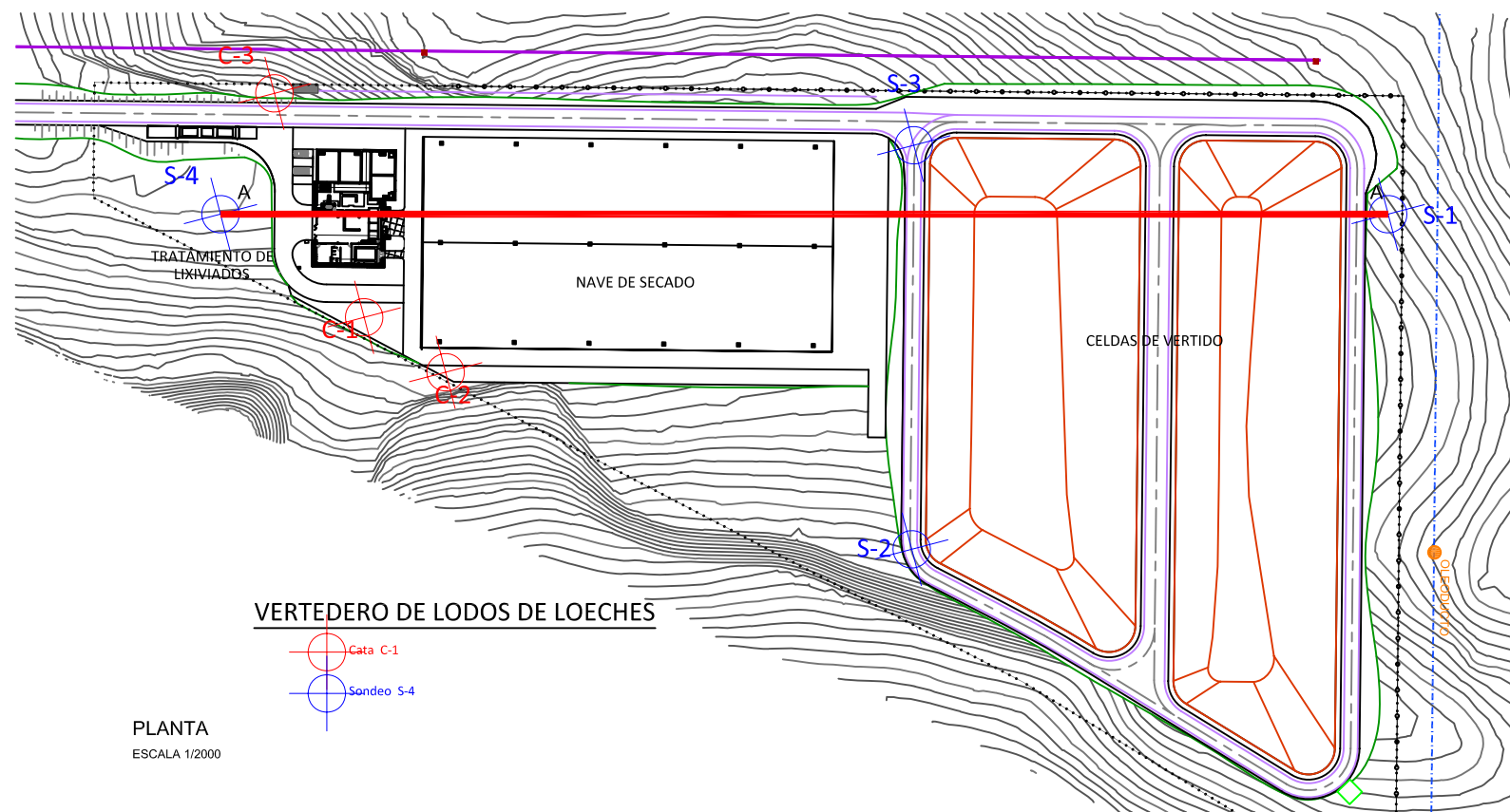
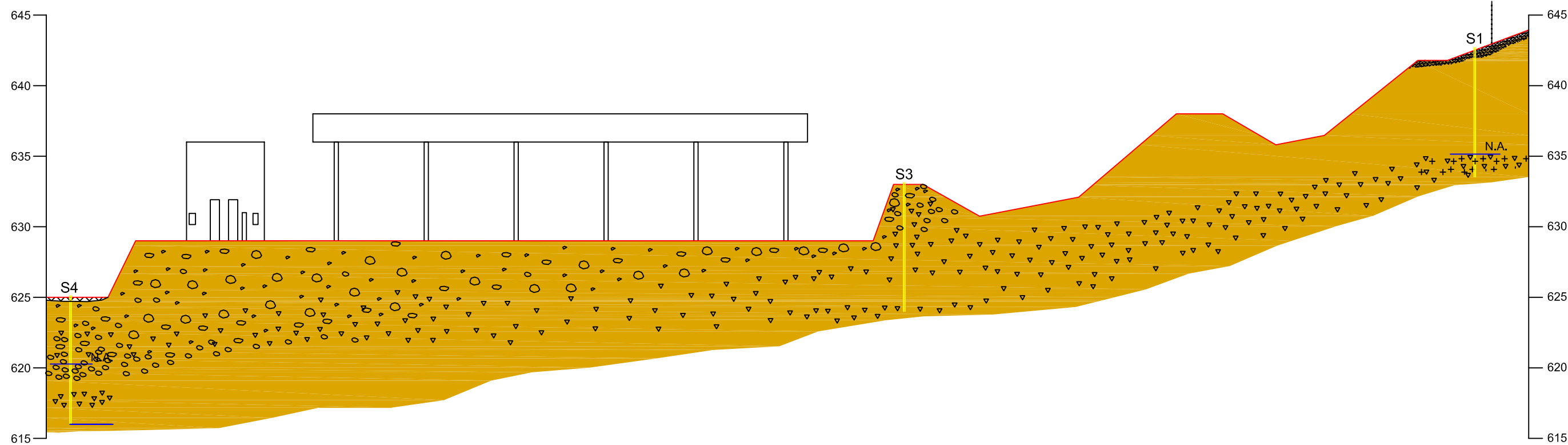




MAPA HIDROGEOLÓGICO DE ESPAÑA. E. 1:200.000, NÚMERO 45: MADRID

## **ANEXO IV. CORTE GEOLÓGICO**

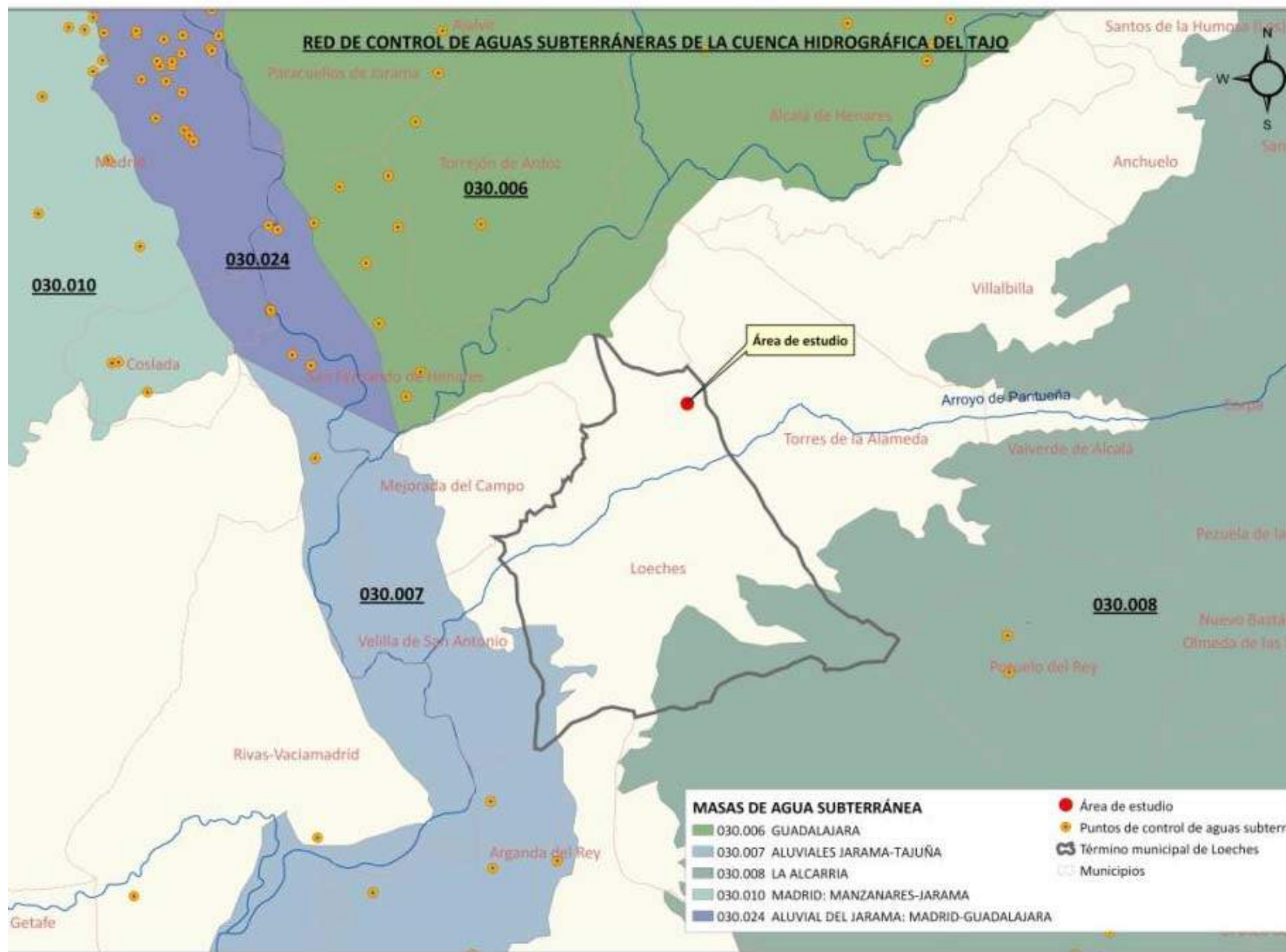
---



## **ANEXO V. MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA DEL ÁREA DE ESTUDIO**

---

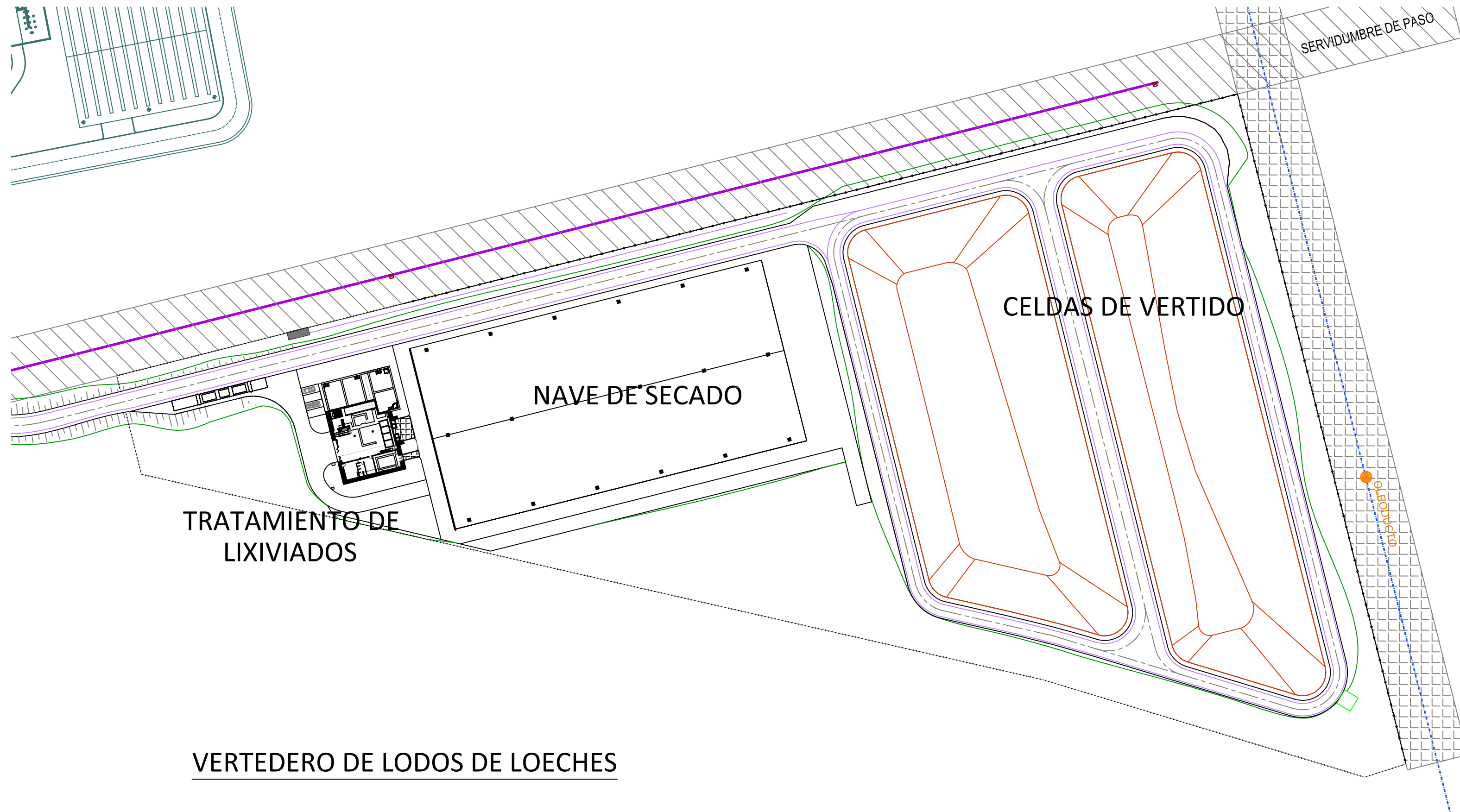






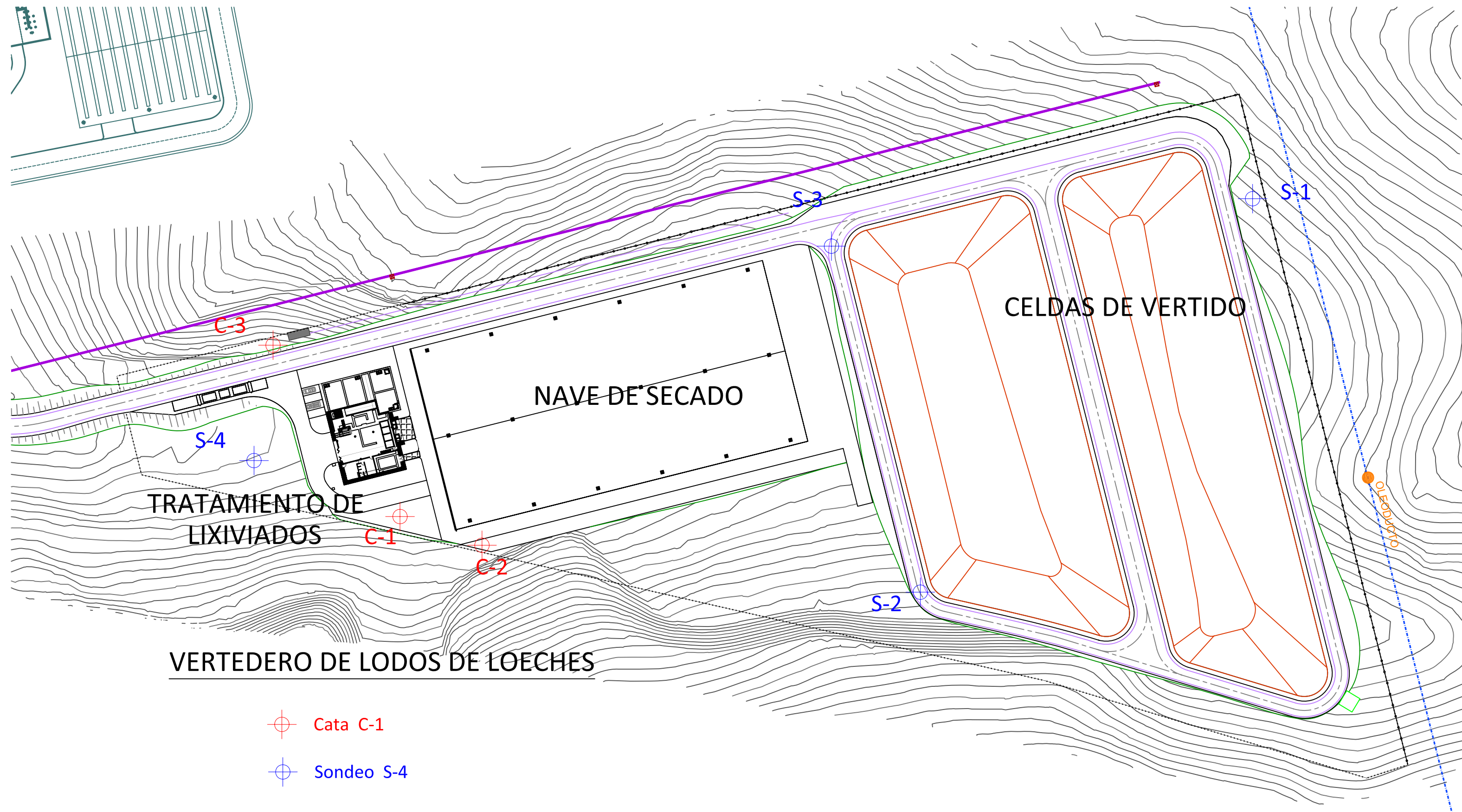
## **ANEXO VI. PLANO DE LA INSTALACIÓN**

---



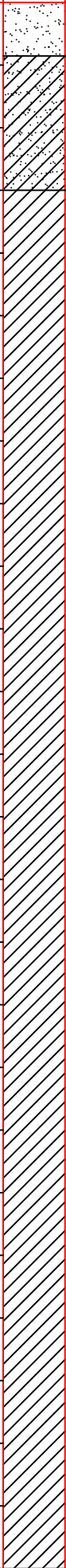
## **ANEXO VII. PLANO DE LA CAMPAÑA DE MUESTREO**

---



## **ANEXO VIII. FICHAS TÉCNICAS DE LOS SONDEOS**

---

		OBSERVACIONES								PROYECTO N°		SONDEO N°	
		LODOS – LOECHES								3553		1	
												HOJA 1 DE 2	
SISTEMA DE PERFORACIÓN	BATERÍA	REVESTIMIENTO	MUESTRA	GOLPEO c/ 15 cm	VANE	PENETRÓMETRO	RECUPERACIÓN	PROFUNDIDAD EN METROS	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO			
			M 1					0,0		ARENAS			
								,2		ARCILLA ARENOSA			
								,4					
								,6					
								,8					
								1,0					
								,2					
								,4					
								,6					
								,8					
								2,0					
								,2					
								,4					
								,6					
								,8					
								3,0		ARCILLA LIMOSA MARRÓN			
								,2					
								,4					
								,6					
								,8					
								4,0					
								,2					
								,4					
								,6					
								,8					
								5,0					

		OBSERVACIONES							PROYECTO N°		SONDEO N°
		LODOS – LOECHES							3553		1
											HOJA 2 DE 2
SISTEMA DE PERFORACIÓN	BATERÍA	REVESTIMIENTO	MUESTRA	GOLPEO C/ 15 cm	VANE	PENETRÓMETRO	RECUPERACIÓN	PROFUNDIDAD EN METROS	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	
								5,0		ARCILLA LIMOSA MARRÓN	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								6,0			
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								7,0		ARCILLA LIMOSA CON ALGO DE YESOS	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								8,0			
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								9,0		MARGAS ARCILLOSAS YESÍFERAS	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								8,0			
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								9,0		ARCILLA LIMOSA CON ALGO DE YESOS	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								9,0			
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								10,0			
										FIN DEL SONDEO	



## SONDEO 1

---



Figura 1. Vista panorámica del Sondeo S-1.



Figura 2. Vista panorámica del Sondeo S-1.



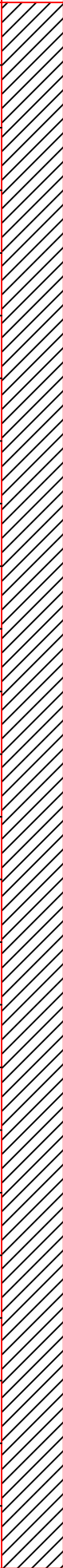
Figura 3. S-1. De 0,00 a 3,00 m.



Figura 4. S-1. De 3,00 a 6,00 m.



Figura 5. S-1. De 6,00 a 9,00 m.

		OBSERVACIONES								PROYECTO N°		SONDEO N°	
		LODOS – LOECHES								3553		2	
												HOJA 1 DE 2	
SISTEMA DE PERFORACIÓN	BATERÍA	REVESTIMIENTO	MUESTRA	GOLPEO c/ 15 cm	VANE	PENETRÓMETRO	ENSAYO LEFRANC	PROFUNDIDAD EN METROS	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO			
			M 2					0,0		ARCILLA LIMOSA MARRÓN  <			

		OBSERVACIONES							PROYECTO N°		SONDEO N°
		LODOS – LOECHES							3553		2
											HOJA 2 DE 2
SISTEMA DE PERFORACIÓN	BATERÍA	REVESTIMIENTO	MUESTRA	GOLPEO C/ 15 cm	VANE	PENETRÓMETRO	ENSAYO LEFRANC	PROFUNDIDAD EN METROS	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	
								5,0		ARCILLA LIMOSA MARRÓN	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								6,0			
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								7,0		MARGAS YESÍFERAS MARRONES	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								8,0			
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								9,0		FIN DEL SONDEO	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								10,0			

## SONDEO 2

---



Figura 6. Vista panorámica del Sondeo S-2.



Figura 7. S-2. De 0,00 a 3,00 m.

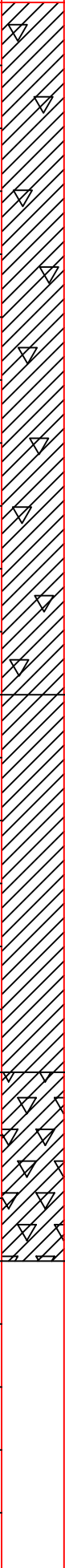


Figura 8. S-2. De 3,00 a 6,00 m.



Figura 9. S-2. De 6,00 a 9,00 m.



		OBSERVACIONES							PROYECTO N°		SONDEO N°
		LODOS – LOECHES							3553		3
											HOJA 2 DE 2
SISTEMA DE PERFORACIÓN	BATERÍA	REVESTIMIENTO	MUESTRA	GOLPEO C/ 15 cm	VANE	PENETRÓMETRO	RECUPERACIÓN	PROFUNDIDAD EN METROS	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	
								5,0		ARCILLAS MARRONES CON ALGO DE YESOS	
								,2			
								,4		ARCILLAS LIMOSAS MARRONES	
								,6			
								,8		ARCILLAS LIMOSAS CON BASTANTES YESOS	
								,0			
								,2		FIN DEL SONDEO	
								,4			
								,6			
								,8			
								,0			
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								,0			



## SONDEO 3

---



Figura 10. Vista panorámica del Sondeo S-3.



Figura 11. Vista panorámica del Sondeo S-3.



Figura 12. S-3. De 0,00 a 3,00 m.

























Figura 13. S-3. De 3,00 a 6,00 m.



Figura 14. S-3. De 6,00 a 9,00 m.



		OBSERVACIONES								PROYECTO N°	SONDEO N°
		LODOS – LOECHES								3553	4
										HOJA 1 DE 2	
SISTEMA DE PERFORACIÓN	BATERÍA	REVESTIMIENTO	MUESTRA	GOLPEO C/ 15 cm	VANE	PENETRÓMETRO	RECUPERACIÓN	PROFUNDIDAD EN METROS	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	
			M 4					0,0		25cm DE RELLENOS DE ARCILLAS Y GRAVAS	
								,2		ARCILLAS LIMOSAS MARRONES CON ALGO DE GRAVAS	
								,4			
								,6			
								,8			
								1,0		ARCILLAS LIMOSAS MARRONES CON ALGO DE GRAVAS E INDICIOS DE YESOS	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8		NIVEL CON MAYOR PROPORCIÓN DE GRAVAS	
								2,0			
								,2			
								,4			
								,6		NIVEL CON MAYOR PROPORCIÓN DE GRAVAS	
								,8			
								3,0			
								,2			
								,4		NIVEL CON MAYOR PROPORCIÓN DE GRAVAS	
								,6			
								,8			
								4,0			
								,2		NIVEL CON MAYOR PROPORCIÓN DE GRAVAS	
								,4			
								,6			
								,8			
								5,0		ARCILLAS LIMOSAS MARRONES	

		OBSERVACIONES								<div><div></div><div>Tecnoma</div><div>Grupo TYP SA</div></div>		PROYECTO N°		SONDEO N°	
		LODOS – LOECHES								3553		4			
												HOJA 2 DE 2			
SISTEMA DE PERFORACIÓN	BATERÍA	REVESTIMIENTO	MUESTRA	GOLPEO c/ 15 cm	VANE	PENETRÓMETRO	RECUPERACIÓN	PROFUNDIDAD EN METROS	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO					
								5,0		ARCILLAS LIMOSAS MARRONES					
								,2							
								,4							
								,6							
								,8							
								6,0							
								,2							
								,4							
								,6							
								,8							
								7,0		NIVEL CON YESOS					
								,2							
								,4							
								,6							
								,8							
								8,0							
								,2							
								,4							
								,6							
								,8							
								9,0		FIN DEL SONDEO					
								,2							
								,4							
								,6							
								,8							
								10,0							

## SONDEO 4

---



Figura 15. Vista panorámica del Sondeo S-4.



Figura 16. Vista panorámica del Sondeo S-4.



Figura 17. S-4. De 0,00 a 3,00 m.



Figura 18. S-4. De 3,00 a 6,00 m.



Figura 19. S-4. De 6,00 a 9,00 m.

## CATA 1

---



Figura 20. Vista panorámica de la Cata C-1.



Figura 21. Cata C-1.

## CATA 2

---



Figura 22. Vista panorámica de la Cata C-2.



Figura 23. Cata C-2.

## CATA 3

---



Figura 24. Vista panorámica de la Cata C-3.



Figura 25. Cata C-3.

**ANEXO IX. ENSAYOS DE LEFRANC**

---

## ENSAYO LEFRANC DE PERMEABILIDAD

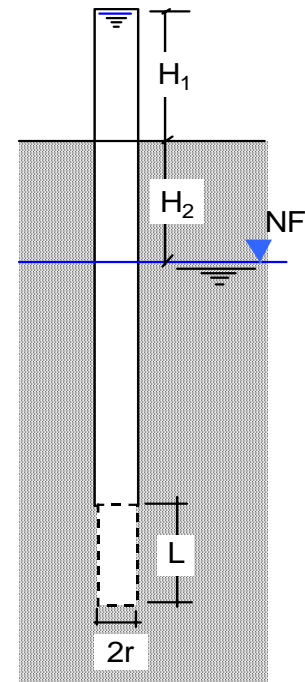
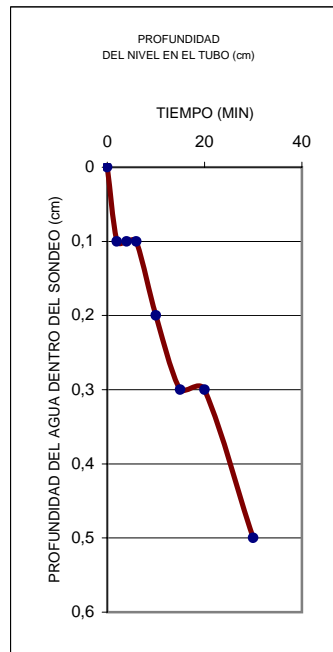
TRABAJO:	VERTEDERO LODOS LOECHES			
SONDEO:	S-2			
PROFUNDIDAD:	4,10	A	5,10	m
TIPO DE TERRENO:	ARCILLAS			
FECHA:	24/05/2011			

**TIPO DE CARGA: VARIABLE**

SONDEO ENTUBADO. LONGITUD L SIN ENTUBAR (TIPO C)

Ref.: "Geotecnia y C. II" J. Salas. Capítulo 1 y "Soil Mechanics" DM-7.01, Dept of Navy. Chapter 2

**MEDICIONES:**

[illegible]

RADIO R (cm):	4,3
L (cm):	100
H1 (cm):	0
NF (cm):	1.000 *
TIEMPO 1 (min):	0
DESCENSO 1(cm):	0
D <sub>1</sub> (cm):	1.000
TIEMPO 2 (min):	30
DESCENSO 2(cm):	0,5
D <sub>2</sub> (cm):	1.000
L=	23,3 r

Donde D1 y D2 son las diferencias de altura de columna de agua con respecto al nivel freático dentro del sondeo

Para  $L > 8$  r

$$K = \frac{r^2}{2.L.(T_1 - T_2)} \cdot \ln \frac{L}{r} \cdot \ln \frac{D_1}{D_2}$$

K=	8,083E-08 cm/s
----	----------------

\* Para la aplicación de la fórmula de permeabilidad es necesario conocer la profundidad del nivel freático.

En el desarrollo de este sondeo no se ha detectado agua y la profundidad del sondeo ha sido de 9 m, por lo que se ha estimado una profundidad del nivel freático de 10 m. Esto no implica que exista un acuífero a 10 m, sólo se utiliza este valor para obtener la permeabilidad del terreno.

## ENSAYO LEFRANC DE PERMEABILIDAD

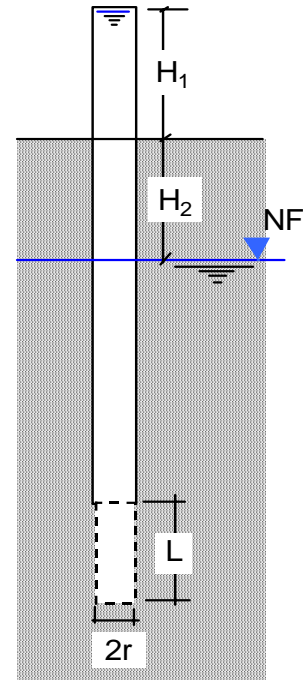
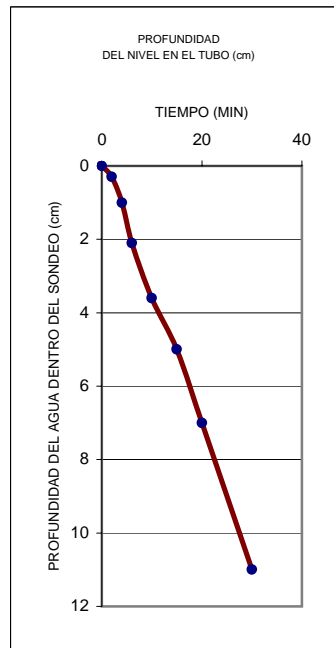
TRABAJO:	VERTEDERO LODOS LOECHES			
SONDEO:	S-3			
PROFUNDIDAD:	2,00	A	3,00	m
TIPO DE TERRENO:	ARCILLAS CON INDICIOS DE ARENAS			
FECHA:	24/05/2011			

**TIPO DE CARGA: VARIABLE**

SONDEO ENTUBADO. LONGITUD L SIN ENTUBAR (TIPO C)

Ref.: "Geotecnia y C. II" J. Salas. Capítulo 1 y "Soil Mechanics" DM-7.01, Dept of Navy. Chapter 2

**MEDICIONES:**

[illegible]

RADIO R (cm):	4,3
L (cm):	100
H1 (cm):	10
NF (cm):	1.000
TIEMPO 1 (min):	0
DESCENSO 1(cm):	0
D <sub>1</sub> (cm):	1.010
TIEMPO 2 (min):	30
DESCENSO 2(cm):	11
D <sub>2</sub> (cm):	999
L=	23,3 r

Donde D1 y D2 son las diferencias de altura de columna de agua con respecto al nivel freático dentro del sondeo

Para  $L > 8$  r

$$K = \frac{r^2}{2.L.(T_1 - T_2)} \cdot \ln \frac{L}{r} \cdot \ln \frac{D_1}{D_2}$$

**K= 1,770E-06 cm/s**

\* Para la aplicación de la fórmula de permeabilidad es necesario conocer la profundidad del nivel freático.

En el desarrollo de este sondeo no se ha detectado agua y la profundidad del sondeo ha sido de 9 m, por lo que se ha estimado una profundidad del nivel freático de 10 m. Esto no implica que exista un acuífero a 10 m, sólo se utiliza este valor para obtener la permeabilidad del terreno.



## ANEXO X. CARACTERIZACIÓN ANALÍTICA

---

## **DETERMINACIÓN DE DIVERSOS PARAMETROS EN VARIAS MUESTRAS DE SUELO**

*TECNOMA*

Informe: 11/532

Fecha: 08/06/11

**RESUMEN DE CERTIFICADOS INCLUIDOS****Informe: 11/532**

<b><u>Recepción</u></b>	<b><u>Fecha</u></b>	<b><u>Referencia</u></b>	<b><u>Certificado</u></b>
000071899	26/05/2011	Cata 1. N° Proyecto: 3553	000071736
000071900	26/05/2011	Cata 2. N° Proyecto: 3553	000071737
000071901	26/05/2011	Cata 3. N° Proyecto: 3553	000071738
000071902	26/05/2011	S-1 M-1 (0.6 metros profundidad) (23/05/11 - 15:00 h) N° Proyecto: 3553	000071739
000071903	26/05/2011	2 MS-2 (24/05/11 - 15:00 h) N° Proyecto: 3553	000071740
000071904	26/05/2011	S-3 MS-3 (24/05/11 - 16:30 h) N° Proyecto: 3553	000071741
000071905	26/05/2011	S-4 MS-4 (25/05/11) N° Proyecto: 3553	000071742

## CERTIFICADO DE ANALISIS N° 000071736

Cliente/Dirección:

Referencia cliente:

Código TECNOMA

Descripción de la muestra: Suelo. 500 gr en envase de plástico.

Descripción del procedimiento de la toma de muestras: Tomada por el cliente

Fecha de toma:

Fecha de recepción: 26/05/2011

Fecha de realización de los ensayos: 26/05/2011 - 08/06/2011

Parámetro	Unidad	Resultado	Pretratamiento	Procedimiento	Técnica empleada	Incert. <sup>1</sup>
Cadmio total	mg/Kg	< 1	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	
Cobre total	mg/Kg	36	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	29%
Cromo total	mg/Kg	32	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	25%
Níquel total	mg/Kg	16	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	28%
Plomo total	mg/Kg	6	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	31%
Zinc total	mg/Kg	59	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	33%
Mercurio total	mg/Kg	0.03	Mineralización.	PNTE/LTE/52	Analizador específico de mercurio vapor frío	28%

(\*) Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

(1) Estas incertidumbres son aplicables al resultado obtenido en el ensayo correspondiente.

Estos resultados sólo afectan a la muestra sometida a ensayo.

## CERTIFICADO DE ANALISIS N° 000071737

Cliente/Dirección:

Referencia cliente:

Código TECNOMA

Descripción de la muestra: Suelo. 500 gr en envase de plástico.

Descripción del procedimiento de la toma de muestras: Tomada por el cliente

Fecha de toma:

Fecha de recepción: 26/05/2011

Fecha de realización de los ensayos: 26/05/2011 - 08/06/2011

Parámetro	Unidad	Resultado	Pretratamiento	Procedimiento	Técnica empleada	Incert. <sup>1</sup>
Cadmio total	mg/Kg	< 1	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	
Cobre total	mg/Kg	20	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	29%
Cromo total	mg/Kg	31	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	25%
Níquel total	mg/Kg	15	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	28%
Plomo total	mg/Kg	< 5	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	
Zinc total	mg/Kg	61	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	33%
Mercurio total	mg/Kg	< 0.03	Mineralización.	PNTE/LTE/52	Analizador específico de mercurio vapor frío	

(\*) Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

(1) Estas incertidumbres son aplicables al resultado obtenido en el ensayo correspondiente.

Estos resultados sólo afectan a la muestra sometida a ensayo.

## CERTIFICADO DE ANALISIS N° 000071738

Cliente/Dirección:

Referencia cliente:

Código TECNOMA:

Descripción de la muestra: Suelo. 500 gr en envase de plástico.

Descripción del procedimiento de la toma de muestras: Tomada por el cliente

Fecha de toma:

Fecha de recepción: 26/05/2011

Fecha de realización de los ensayos: 26/05/2011 - 08/06/2011

Parámetro	Unidad	Resultado	Pretratamiento	Procedimiento	Técnica empleada	Incert. <sup>1</sup>
Cadmio total	mg/Kg	< 1	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	
Cobre total	mg/Kg	34	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	29%
Cromo total	mg/Kg	27	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	25%
Níquel total	mg/Kg	14	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	28%
Plomo total	mg/Kg	7	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	31%
Zinc total	mg/Kg	52	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	33%
Mercurio total	mg/Kg	0.18	Mineralización.	PNTE/LTE/52	Analizador específico de mercurio vapor frío	28%

(\*) Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

(1) Estas incertidumbres son aplicables al resultado obtenido en el ensayo correspondiente.

Estos resultados sólo afectan a la muestra sometida a ensayo.



## CERTIFICADO DE ANALISIS N° 000071739

Cliente/Dirección:

Referencia cliente:

Código TECNOMA

Descripción de la muestra: Suelo. 500 gr en envase de plástico.

Descripción del procedimiento de la toma de muestras: Tomada por el cliente

Fecha de toma:

Fecha de recepción: 26/05/2011

Fecha de realización de los ensayos: 26/05/2011 - 08/06/2011

Parámetro	Unidad	Resultado	Pretratamiento	Procedimiento	Técnica empleada	Incert. <sup>1</sup>
Cadmio total	mg/Kg	< 1	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	
Cobre total	mg/Kg	34	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	29%
Cromo total	mg/Kg	26	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	25%
Níquel total	mg/Kg	14	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	28%
Plomo total	mg/Kg	5	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	31%
Zinc total	mg/Kg	51	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	33%
Mercurio total	mg/Kg	0.03	Mineralización.	PNTE/LTE/52	Analizador específico de mercurio vapor frío	28%

(\*) Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

(1) Estas incertidumbres son aplicables al resultado obtenido en el ensayo correspondiente.

Estos resultados sólo afectan a la muestra sometida a ensayo.

## CERTIFICADO DE ANALISIS N° 000071740

Cliente/Dirección:

Referencia cliente:

Código TECNOMA

Descripción de la muestra: Suelo. 500 gr en envase de plástico.

Descripción del procedimiento de la toma de muestras: Tomada por el cliente

Fecha de toma:

Fecha de recepción: 26/05/2011

Fecha de realización de los ensayos: 26/05/2011 - 08/06/2011

Parámetro	Unidad	Resultado	Pretratamiento	Procedimiento	Técnica empleada	Incert. <sup>1</sup>
Cadmio total	mg/Kg	< 1	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	
Cobre total	mg/Kg	18	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	29%
Cromo total	mg/Kg	33	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	25%
Níquel total	mg/Kg	17	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	28%
Plomo total	mg/Kg	< 5	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	
Zinc total	mg/Kg	56	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	33%
Mercurio total	mg/Kg	< 0.03	Mineralización.	PNTE/LTE/52	Analizador específico de mercurio vapor frío	

(\*) Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

(1) Estas incertidumbres son aplicables al resultado obtenido en el ensayo correspondiente.

Estos resultados sólo afectan a la muestra sometida a ensayo.

## CERTIFICADO DE ANALISIS N° 000071741

Cliente/Dirección:

Referencia cliente:

Código TECNOMA

Descripción de la muestra: Suelo. 500 gr en envase de plástico.

Descripción del procedimiento de la toma de muestras: Tomada por el cliente

Fecha de toma:

Fecha de recepción: 26/05/2011

Fecha de realización de los ensayos: 26/05/2011 - 08/06/2011

Parámetro	Unidad	Resultado	Pretratamiento	Procedimiento	Técnica empleada	Incert. <sup>1</sup>
Cadmio total	mg/Kg	< 1	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	
Cobre total	mg/Kg	36	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	29%
Cromo total	mg/Kg	28	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	25%
Níquel total	mg/Kg	14	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	28%
Plomo total	mg/Kg	7	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	31%
Zinc total	mg/Kg	58	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	33%
Mercurio total	mg/Kg	0.03	Mineralización.	PNTE/LTE/52	Analizador específico de mercurio vapor frío	28%

(\*) Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

(1) Estas incertidumbres son aplicables al resultado obtenido en el ensayo correspondiente.

Estos resultados sólo afectan a la muestra sometida a ensayo.

## CERTIFICADO DE ANALISIS N° 000071742

Cliente/Dirección:

Referencia cliente:

Código TECNOMA

Descripción de la muestra: Suelo. 500 gr en envase de plástico.

Descripción del procedimiento de la toma de muestras: Tomada por el cliente

Fecha de toma:

Fecha de recepción: 26/05/2011

Fecha de realización de los ensayos: 26/05/2011 - 08/06/2011

Parámetro	Unidad	Resultado	Pretratamiento	Procedimiento	Técnica empleada	Incert. <sup>1</sup>
Cadmio total	mg/Kg	< 1	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	
Cobre total	mg/Kg	35	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	29%
Cromo total	mg/Kg	29	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	25%
Níquel total	mg/Kg	15	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	28%
Plomo total	mg/Kg	7	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	31%
Zinc total	mg/Kg	59	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	33%
Mercurio total	mg/Kg	0.04	Mineralización.	PNTE/LTE/52	Analizador específico de mercurio vapor frío	28%

(\*) Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

(1) Estas incertidumbres son aplicables al resultado obtenido en el ensayo correspondiente.

Estos resultados sólo afectan a la muestra sometida a ensayo.

## **DETERMINACIÓN DE DIVERSOS PARAMETROS EN VARIAS MUESTRAS DE AGUA**

*TECNOMA*

Informe: 11/533

Fecha: 08/06/11

**RESUMEN DE CERTIFICADOS INCLUIDOS****Informe: 11/533**

<b><u>Recepción</u></b>	<b><u>Fecha</u></b>	<b><u>Referencia</u></b>	<b><u>Certificado</u></b>
000071897	26/05/2011	S-1 MA -1 (25/05/11) N° Proyecto: 3553	000071734
000071898	26/05/2011	S-4 MA -2 (25/05/11) N° Proyecto: 3553	000071735



## CERTIFICADO DE ANALISIS N° 000071734

Cliente/Dirección:

Referencia cliente:

Código TECNOMA : .....

Descripción de la muestra: Agua subterránea. 500 ml en envase de plástico

Descripción del procedimiento de la toma de muestras: Tomada por el cliente

Fecha de toma:

Fecha de recepción: 26/05/2011

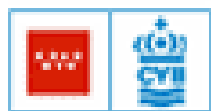
Fecha de realización de los ensayos: 26/05/2011 - 02/06/2011

Parámetro	Unidad	Resultado	Pretratamiento	Procedimiento	Técnica empleada	Incert. <sup>1</sup>
Mercurio total	mg/L	< 0.0001	.	PNTE/LTE/52	Analizador específico de mercurio vapor frío	
Cadmio total	mg/L	< 0.003	Mineralización.	PNTE/LTE/46	ICP	
Cobre total	mg/L	0.014	Mineralización.	PNTE/LTE/46	ICP	27%
Cromo total	mg/L	< 0.006	Mineralización.	PNTE/LTE/46	ICP	
Níquel total	mg/L	< 0.006	Mineralización.	PNTE/LTE/46	ICP	
Plomo total	mg/L	0.023	Mineralización.	PNTE/LTE/46	ICP	24%
Zinc total	mg/L	0.033	Mineralización.	PNTE/LTE/46	ICP	21%

(\*) Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

(1) Estas incertidumbres son aplicables al resultado obtenido en el ensayo correspondiente.

Estos resultados sólo afectan a la muestra sometida a ensayo.



Canal de  
Isabel II



**ADENDA A LA INVESTIGACIÓN DE LA  
CALIDAD DEL SUELO (FASE II)  
PLANTA DE LODOS DE LOECHES DEL  
CANAL DE ISABEL II**



22 de febrero de 2012

---

## ÍNDICE

---

1	INTRODUCCIÓN .....	3
2	ACLARACIONES .....	3
3	EJECUCIÓN DEL SONDEO S-5 .....	6
3.1	Justificación y descripción de la campaña de muestreo .....	6
3.2	Muestreo de suelos .....	8
3.3	Resultados analíticos .....	9

---

## ANEXOS

---

ANEXO I: PLANO Y PERFIL GEOLÓGICO

ANEXO II: PLANO DE LA CAMPAÑA DE MUESTREO

ANEXO III: FICHAS TÉCNICAS DE LOS SONDEOS

ANEXO IV: CARACTERIZACIÓN ANALÍTICA

---

## FIGURAS

---

Figura 1	Distribución de la campaña de campo .....	6
Figura 2	Croquis con la ubicación de las muestras del sondeo S-5 .....	7

---

## TABLAS

---

Tabla 1	Profundidad de las muestras del sondeo S-5 .....	7
Tabla 2	Coordenadas del Punto de muestreo .....	8
Tabla 3	Muestras de Suelos .....	9
Tabla 4	Resultados analíticos de las muestras de suelos (mg/Kg) .....	9

## 1 INTRODUCCIÓN

---

Este documento se presenta como adenda a la **“Investigación de la calidad del suelo (Fase II). Vertedero de lodos de Loeches del Canal de Isabel II”**, realizado por la empresa TECNOMA en de junio de 2011 a solicitud del CANAL DE ISABEL II.

Los trabajos han sido realizados en función de los comentarios realizados por los técnicos de la Dirección General de Evaluación Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid en la reunión mantenida el 2 de noviembre de 2011 y del escrito remitido al CANAL DE ISABEL II, con fecha de registro de salida 19/10/2011, referencia 10/424417.9/11 y expediente: ACIC-AAI-5.027/09.

## 2 ACLARACIONES

---

- *No se aporta la cartografía geológica de detalle requerida en el informe de esta Área de fecha 3 de mayo de 20100; únicamente se aporta la cartografía a escala regional (mapa geológico a escala 1:50.000 y mapa hidrogeológico a escala 1:200.000). No se especifica la escala horizontal de los planos y cortes aportados.*

En el anexo I se presenta un plano y un perfil con la representación de la cartografía geológica de detalle del emplazamiento, indicando la escala correspondiente.

- *Los cortes geológicos y columna litológicas aportados no individualizan las distintas litologías que componen el subsuelo del emplazamiento, ni se diferencian aquellos niveles cuyo contraste de permeabilidad respecto a los que le rodean le hagan susceptible de acumular agua o permitir su flujo.*

En el anexo II se adjuntan las columnas litológicas de los 5 sondeos realizados. Los niveles más susceptibles de permitir el flujo de las aguas subterráneas son aquellos que poseen mayor concentración de yesos y de granulometrías gruesas, como son las arenas y gravas.

En el sondeo S-1, entre los 7,40 y los 8,70 m de profundidad, se desarrolla una litología rica en yesos, por lo que es una zona más permeable que las arcillas situadas a techo y en la base, pudiendo ser una capa susceptible de acumular o permitir el flujo de agua subterráneo.

En el sondeo S-2, entre los 8,50 y los 9,00 m se han identificado margas yesíferas, por lo que se trata de una zona susceptible de acumular o permitir el flujo de agua subterráneo, aunque no se haya detectado agua en el desarrollo del sondeo ni posteriormente.

En el sondeo S-3, el primer metro posee arcillas con bastante gravas, y entre los 2,30 y 4,80 m y entre los 8,40 y 9,00 m se desarrollan unas arcillas yesíferas. Estas zonas son susceptibles de acumular o permitir el flujo de agua subterráneo, aunque no se haya detectado agua en el desarrollo del sondeo, ni posteriormente.

En el sondeo S-4, los primeros 4,50 m del sondeo son arcillas con algo de gravas y el resto del sondeo hasta los 9,00 son arcillas arenosas, por lo que las litologías identificadas en este sondeo pueden permitir el flujo de agua subterráneo.

En el sondeo S-5 se localiza un nivel de yesos masivos entre 1,30 y 1,50 m, pero se puede tratar de una intercalación de yesos dentro de la capa de las arcillas marrones sin que tenga continuidad lateral. En cambio, entre los 4,80 y los 5,20 m hay un nivel de arcillas con abundantes yesos que también puede acumular o permitir el flujo de agua subterráneo.

- *No se caracterizan ni geológicamente ni hidrogeológicamente el subsuelo situado inmediatamente bajo los vasos de vertido, aspecto requerido en el informe de esta Área de fecha 3 de mayo de 2011. En consecuencia no se establece el blanco ambiental de los suelos ocupados por los elementos potencialmente contaminantes de las instalaciones.*

En la actualidad, las celdas de vertido se encuentran impermeabilizadas mediante una capa geotextil, por lo que no se puede perforar sobre ellas. Para poder establecer el blanco ambiental bajo las celdas se ha ejecutado un sondeo en el vial ubicado entre ambas celdas y se han tomado dos muestras a la profundidad que se encuentra la base de cada celda, de esta forma, estas muestras se consideran representativas de la calidad del suelo debajo de cada celda.

En el apartado siguiente se realiza una descripción del sondeo realizado.

- *El inventario de los puntos de agua se ha realizado únicamente a partir de información bibliográfica y de gabinete, sin que se indique que se haya complementado con el necesario recorrido de campo.*

Se ha comprobado in situ la ausencia de puntos de agua en el emplazamiento.

- *No se ha evaluado la posible extensión lateral de las capas acuíferas que contienen los niveles de agua identificados en los sondeos denominados S-1 y S-4.*

Se han ejecutado unos ensayos de bombeo y recuperación del agua subterránea en los piezómetros S-1 y S-4 y se ha realizado una campaña de geofísica para tratar de delimitar la distribución de los materiales más permeables y/o saturados en profundidad. Estos trabajos se desarrollan en el informe denominado “*Estudio hidrogeológico de la Planta de lodos del Canal de Isabel II en Loeches*”.

- *El número de muestras de suelo difiere notablemente de la propuesta incluida en la página 11 del documento “Investigación de la calidad del subsuelo (Fase I)”, habiéndose tomado únicamente 7 de las 30 muestras previstas.*

Las balsas de vertido, el área de secado y la zona de almacén ocupan una superficie de, aproximadamente, 3,50 ha, por lo que se ha establecido la toma de 2 muestras por hectárea como número de muestras representativo para estudiar la calidad ambiental del suelo del emplazamiento, tal y como se recomienda en la “Guía de Investigación de la Calidad del Suelo”, publicada por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la CAM.

- *No se justifica de forma alguna la recomendación relativa a la ejecución de muestreos periódicos de suelo, ni se indica su objetivo ni los suelos que se verían sometidos a dichos controles.*

Se recomienda el análisis de las aguas subterráneas del piezómetro S-4 con el fin de registrar una potencial afección que se pudiera originar en las aguas subterráneas del emplazamiento en un futuro, y que se podrán llevar a cabo cada 3 años.



### 3 EJECUCIÓN DEL SONDEO S-5

#### 3.1 Justificación y descripción de la campaña de muestreo

Para poder obtener el blanco ambiental de los suelos debajo de las celdas se ha ejecutado un sondeo, denominado S-5, en el vial situado entre las dos celdas de vertido de la Planta, durante el día 23 de enero de 2012.

A continuación se muestra una foto con la distribución de todos los sondeos y catas llevados a cabo, que también se incluye en el anexo II:



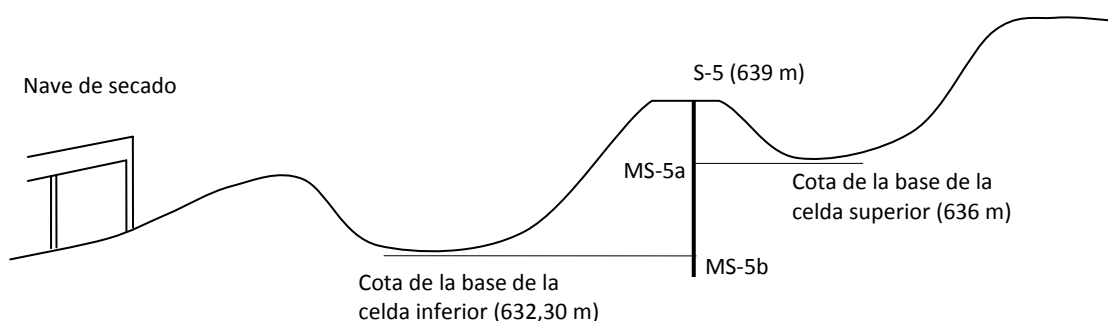
**Figura 1 Distribución de la campaña de campo**

El sondeo S-5 ha alcanzado los 7 m de profundidad, de esta forma se ha podido coger una muestra a 3,40 m de profundidad, 40 cm por debajo de la base de la celda ubicada en el nivel superior; y a 6,90 m de profundidad, 20 cm por debajo de la base de la celda ubicada en el nivel inferior, más cerca de la nave de secado, de forma que las muestras tomadas se puedan considerar representativas de la calidad del suelo bajo las celdas de vertido. Ni durante la ejecución del sondeo ni posteriormente, se ha detectado agua en el sondeo.

En el anexo III se adjunta la representación de las columnas de los sondeos así como el reportaje fotográfico asociado a la ejecución del sondeo S-5.

**Tabla 1 Profundidad de las muestras del sondeo S-5**

Coordenada Z Sondeo S-5 (msnm)	Coordenada Z Fondo Celda superior (msnm)	Coordenada Z Fondo Celda inferior (msnm)	Profundidad Sondeo (m)	Profundidad Muestra MS-5a (m)	Profundidad Muestra MS-5b (m)
639	636	632,30	7	635,60	632,10



**Figura 2 Croquis con la ubicación de las muestras del sondeo S-5**

El sondeo se ha efectuado en seco, a rotación, con extracción continua de testigo, con un diámetro de perforación de 101 mm. Este método de perforación causa una mínima alteración de las condiciones del suelo, lo que permite un registro preciso de las características del terreno y un muestreo más fiable y representativo, además de la instalación de piezómetros para el control y muestreo de las aguas subterráneas.

Los trabajos de perforación han sido ejecutados por la empresa PROGEOTEC, supervisados en todo momento por personal cualificado de TECNOMA, quien se encargó de describir detalladamente el material extraído (litología, características texturales y/o de fábrica mas destacables, etc.). Estas actividades se realizaron a partir de la observación del testigo extraído y depositado en cajas portatestigo parafinadas para su registro y fotografiado.

Tras la realización del sondeo se procedió a su localización geográfica con la ayuda de un equipo de GPS. De esta forma, el punto de muestreo ha quedado referenciado con el sistema geodésico del Estado, con coordenadas UTM.

La tabla que se presenta a continuación relaciona, para el punto de muestreo, las coordenadas UTM, la cota del terreno y la profundidad que se ha alcanzado.

**Tabla 2 Coordenadas del Punto de muestreo**

Sondeo	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada Z (m)	Profundidad del Sondeo (m)
S-5	465.548	4.474.469	639	7,00

### 3.2 Muestreo de suelos

La selección de los parámetros a analizar se ha realizado en función de las características de los focos de contaminación y las sustancias potencialmente contaminantes a los suelos y aguas subterráneas del emplazamiento, presentes en los lodos.

Los lodos que se van a depositar en el vertedero poseen una concentración en metales pesados que supera la concentración establecida por el Decreto 193/1998, de 20 de noviembre, del Consejo de Gobierno, por el que se regula, en la Comunidad de Madrid, la utilización de lodos de depuradora en agricultura, por ello se van a analizar Cr, Cd, Hg, Cu, Zn, Ni y Pb.

La caracterización analítica se ha realizado en el laboratorio de TECNOMA sito en San Sebastián de los Reyes, que para garantizar la correcta ejecución de todos los trabajos posee un sistema de garantía de calidad conforme a la norma UNE-EN ISO/IEC 17025 y además, se encuentra acreditada como Entidad de Inspección según la norma UNE-EN ISO/IEC 17020 para la realización de ensayos e inspecciones dentro del campo medioambiental.

La metodología y procedimientos empleados para la realización de las determinaciones analíticas se muestran en cada certificado de análisis del laboratorio, que se adjunta en el anexo IV del presente informe.

La toma de muestras de suelo se realizó inmediatamente después de la perforación del terreno, con material de un solo uso o debidamente descontaminado. Las muestras fueron identificadas de forma inequívoca, se almacenaron en una nevera portátil desde el momento de su toma hasta la llegada al laboratorio de análisis.

Se recogieron un total de 2 muestras de suelo en el sondeo, a 3,40 y a 6,90 m de profundidad, representativas de la calidad de los suelos por debajo de cada una de las celdas de vertido.

En la tabla siguiente se presenta la relación de muestras de suelo tomadas en la que se detalla la zona de muestreo y las determinaciones analíticas solicitadas al laboratorio:

**Tabla 3 Muestras de Suelos**

Código de muestra	Punto de muestreo	Profundidad de la muestra (m)	Zona de muestreo	Determinación analítica
MS-5a	S-5	3,40	Vial entre las celdas de vertido	Cr, Cd, Hg, Cu, Zn, Ni, Pb
MS-5b	S-5	6,90	Vial entre las celdas de vertido	

### 3.3 Resultados analíticos

A continuación se muestra los resultados obtenidos en la caracterización analítica de los suelos del emplazamiento. Los certificados de laboratorio se presentan en el anexo IV del informe.

Los resultados analíticos obtenidos en las **muestras de los suelos** se han comparado con los niveles establecidos en la *Orden 2770/2006, de 11 de agosto, de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, por el que se procede al establecimiento de niveles genéricos de referencia de metales pesados y otros elementos traza en suelos contaminados de la Comunidad de Madrid*.

**Tabla 4 Resultados analíticos de las muestras de suelos (mg/Kg)**

SUELOS	Uso Industrial	Otros Usos	SM-5a	SM-5b
Cadmio	300	3	<1	<1
Cobre	8.000	80	6	22
Cromo	2.300	90	20	26
Níquel	15.600	405	10	16
Plomo	2.700	75	<5	9
Zinc	100.000	1.170	45	57
Mercurio	15	5	<0,03	<0,03

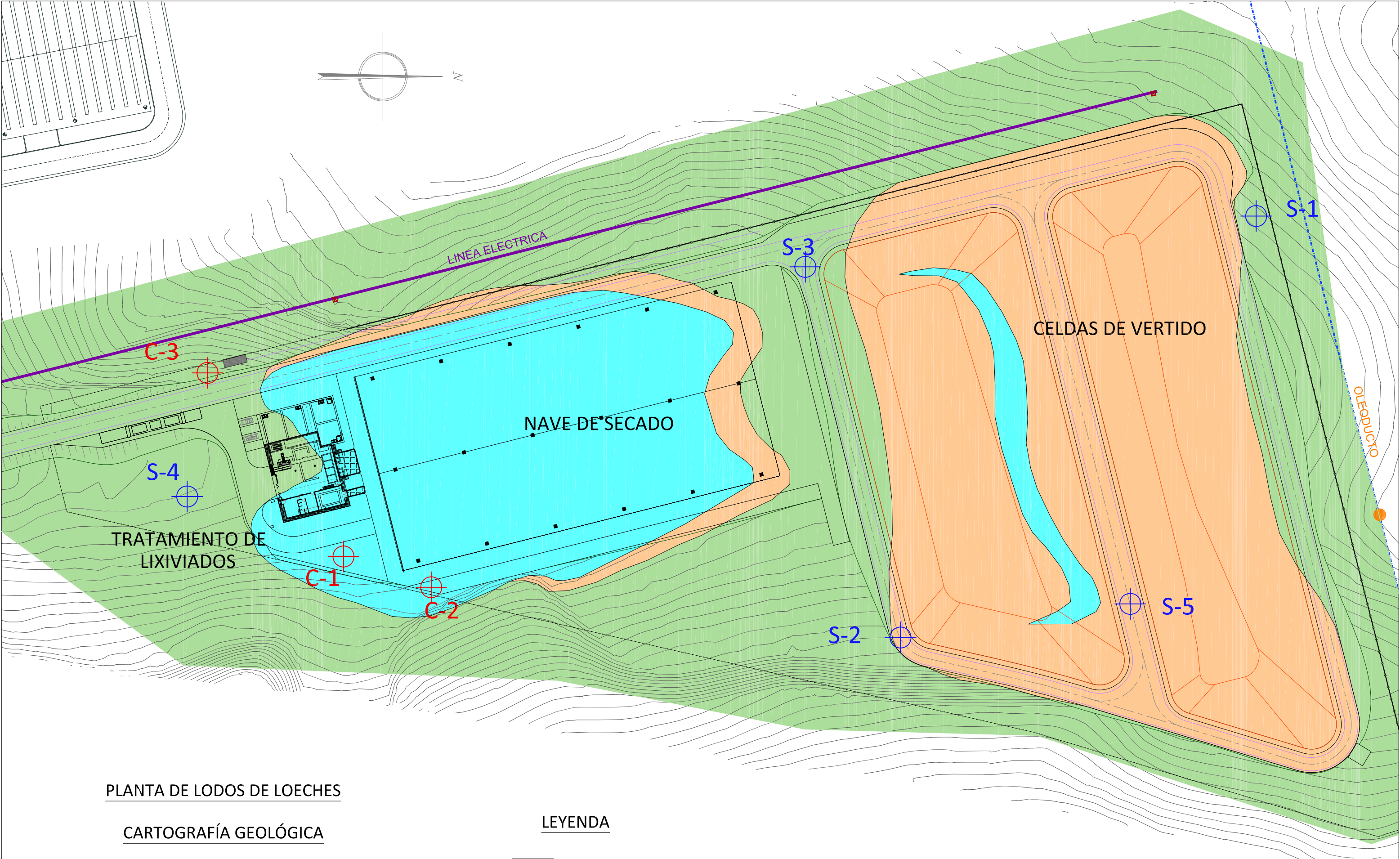
La parcela donde se emplaza la Planta de lodos soporta una actividad industrial, por lo que se han utilizado los NGR de “Uso industrial”. En ninguna de las muestras de suelos las concentraciones de metales detectadas superan los niveles de referencia establecidos por la Orden 2770/2006. Aún así, como se encuentra rodeada de parcelas agrícolas, también se ha querido comparar con los NGR de “Otros Usos”, no superando tampoco ninguno de los parámetros estudiados.

## ANEXOS

---



## **ANEXO I. PLANO Y PERFIL GEOLÓGICO**








PLANTA DE LODOS DE LOECHES

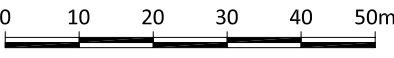
CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

-  Cata C-1
-  Sondeo S-4

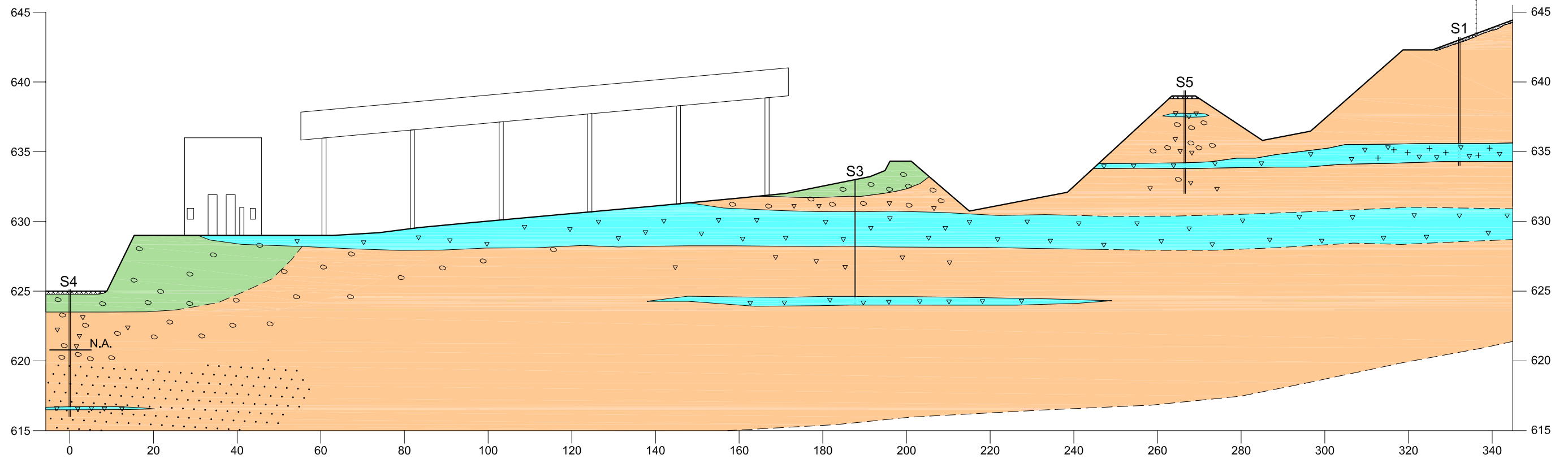
LEYENDA

-  Arcillas con gravas (Cuaternario)
-  Arcillas (Mioceno inferior)
-  Arcillas yesíferas (Mioceno inferior)

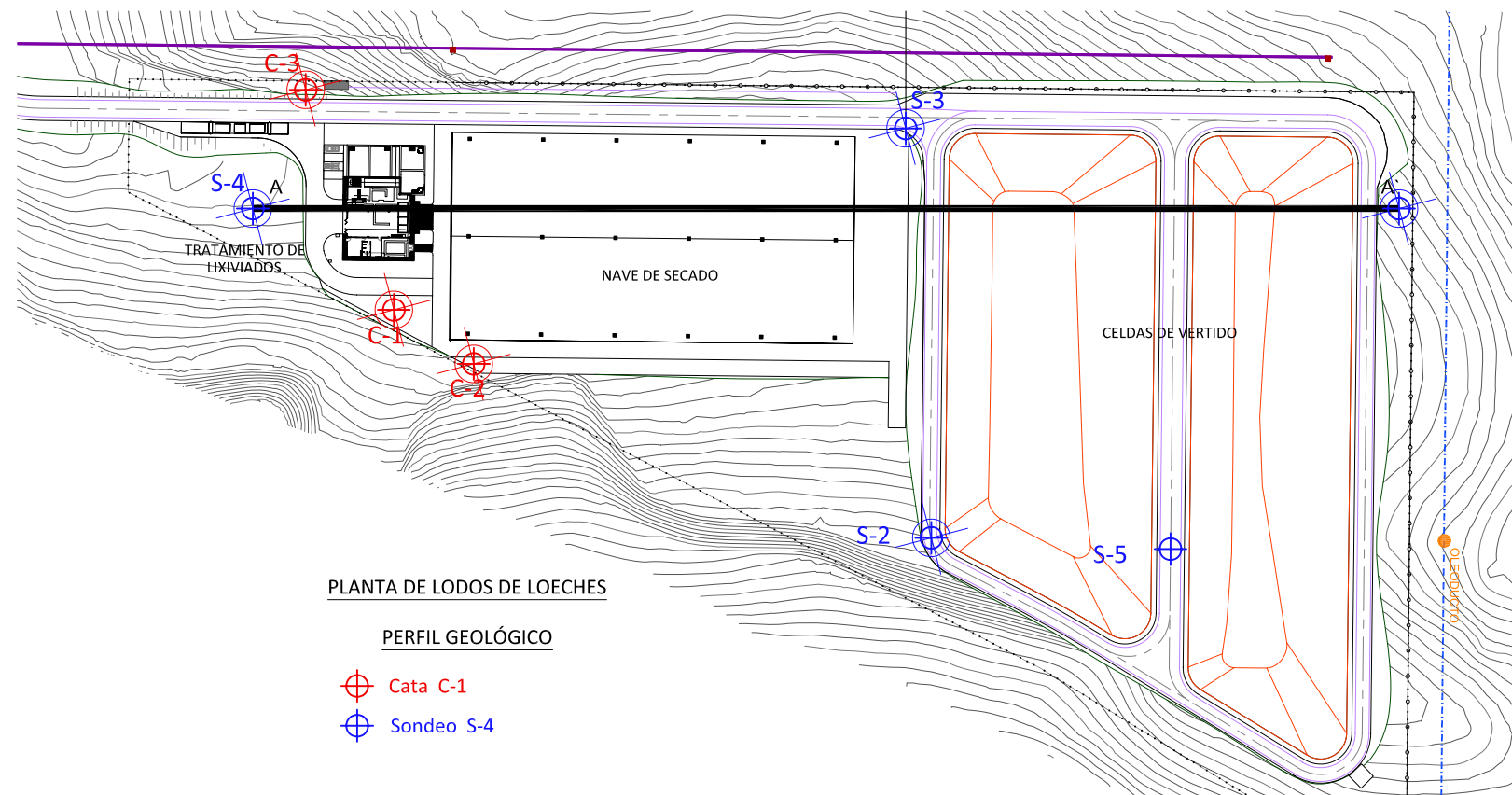
ESCALA: 1/1000  
ORIGINAL A3







SECCIÓN A-A'  
ESCALAS original A3 H: 1/1000 V: 1/300



PLANTA DE LODOS DE LOECHES

PERFIL GEOLÓGICO

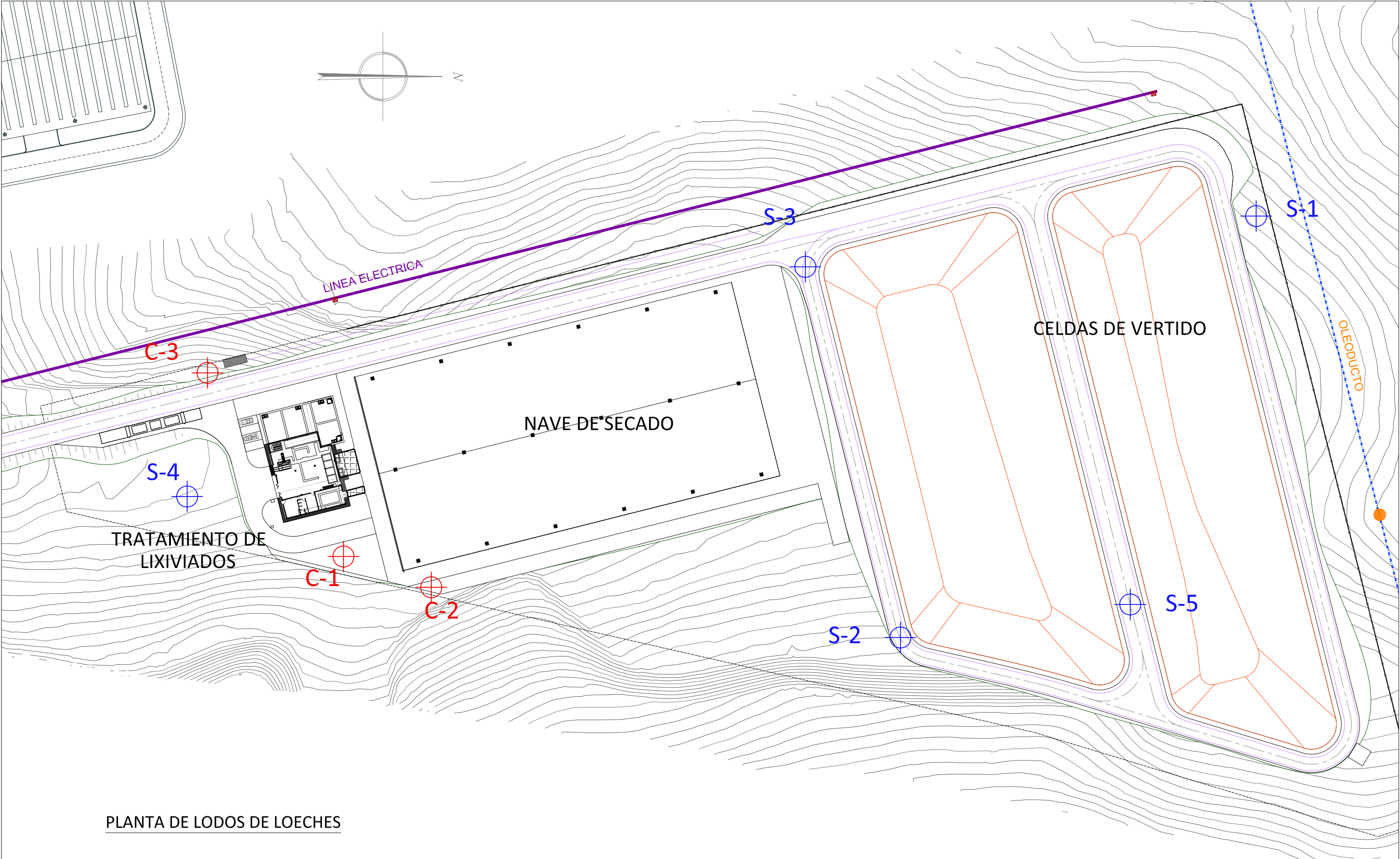
- Cata C-1
- Sondeo S-4

- LEYENDA
- MATERIAL DE RELLENO
  - YESOS
  - ARENAS
  - GRAVAS
  - ARCILLAS
  - ARCILLAS CON GRAVAS
  - ARCILLAS CON YESOS
  - N. A. NIVEL DE AGUA



PLANTA  
ESCALA original A3 1/2000

## ANEXO II. PLANO DE LA CAMPAÑA DE MUESTREO


---



PLANTA DE LODOS DE LOECHES

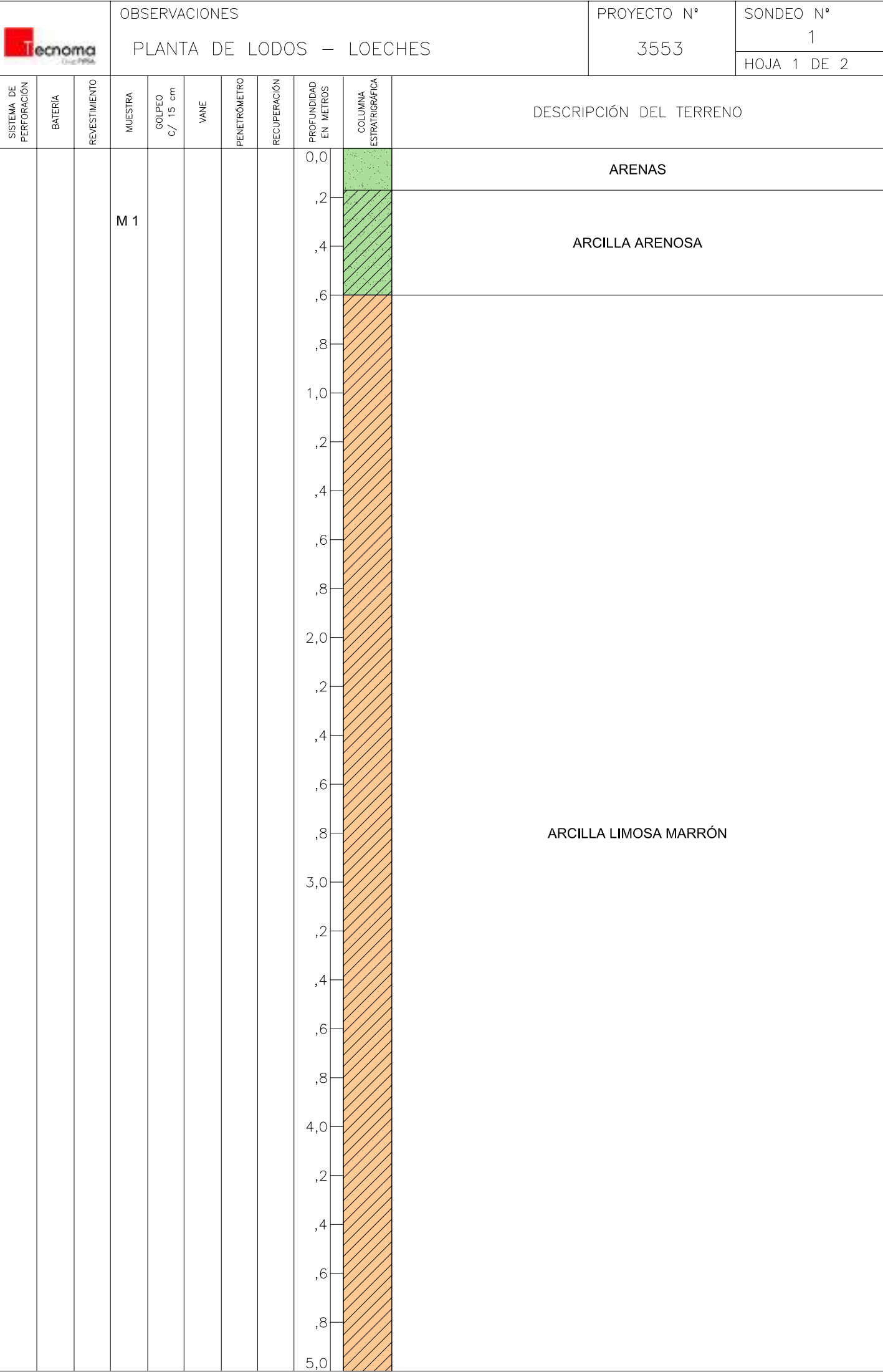
-  Cata C-1
-  Sondeo S-4



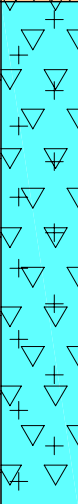

ESCALA: 1/1000  
ORIGINAL A3


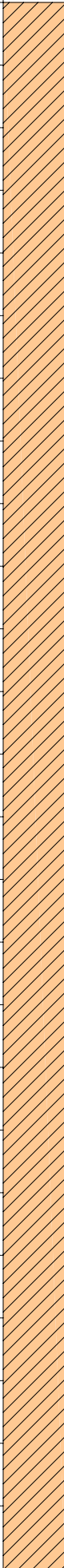


### **ANEXO III. FICHAS TÉCNICAS DE LOS SONDEOS**


---


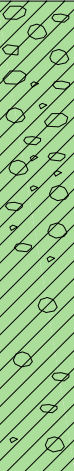





























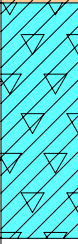
<div><div>Tecnoma</div><div>Unicómpsa</div></div>			OBSERVACIONES					PROYECTO N°		SONDEO N°	
			PLANTA DE LODOS – LOECHES					3553		1	
										HOJA 2 DE 2	
SISTEMA DE PERFORACIÓN	BATERIA	REVESTIMIENTO	MUESTRA	GOLPEO C/ 15 cm	VANE	PENETRÓMETRO	RECUPERACIÓN	PROFUNDIDAD EN METROS	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	
								5,0		ARCILLA LIMOSA MARRÓN	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								6,0			
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								7,0		MARGAS ARCILLOSAS YESÍFERAS	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								8,0			
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								9,0		FIN DEL SONDEO	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								10,0			

<div> <b>Tecnomat</b> <small>Desarrollando</small></div>			OBSERVACIONES						PROYECTO N°		SONDEO N°	
			PLANTA DE LODOS – LOECHES						3553		2	
											HOJA 1 DE 2	
SISTEMA DE PERFORACIÓN	BATERÍA	REVESTIMIENTO	MUESTRA	GOLPEO c/ 15 cm	VANE	PENETRÓMETRO	ENSAYO LEFRANC	PROFUNDIDAD EN METROS	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO		
			M 2					0,0		ARCILLA LIMOSA MARRÓN   <		


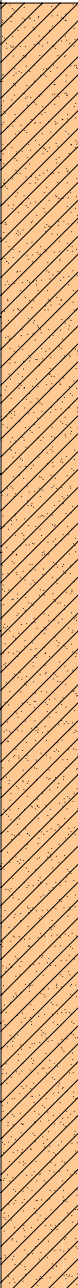






















			OBSERVACIONES					PROYECTO N°		SONDEO N°	
			PLANTA DE LODOS – LOECHES					3553		2	
										HOJA 2 DE 2	
SISTEMA DE PERFORACIÓN	BATERIA	REVESTIMIENTO	MUESTRA	GOLPEO C/ 15 cm	VANIE	PENETRÓMETRO	ENSAYO LEFRANC	PROFUNDIDAD EN METROS	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	
								5,0		ARCILLA LIMOSA MARRÓN	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								6,0			
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								7,0			
								,2		MARGAS YESÍFERAS MARRONES	
								,4			
								,6			
								,8			
								8,0		FIN DEL SONDEO	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								9,0			
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								10,0			


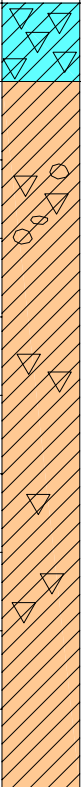
<div>  </div>			OBSERVACIONES					PROYECTO N°		SONDEO N°	
			PLANTA DE LODOS – LOECHES					3553		3	
										HOJA 1 DE 2	
SISTEMA DE PERFORACIÓN	BATERIA	REVESTIMIENTO	MUESTRA	GOLPEO C/ 15 cm	VANE	PENETRÓMETRO	RECUPERACIÓN	PROFUNDIDAD EN METROS	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	
			M 3					0,0		ARCILLAS ARENOSAS CON BASTANTES GRAVAS ( MAYOR PROPORCIÓN DE GRAVAS EN LOS PRIMEROS 60 cm. )	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								1,0		ARCILLAS MARRONES CON ALGUNA GRAVA Y CON INDICIOS DE YESOS  ENSAYO LEFRANC DE 2 A 3 M.	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								2,0		ARCILLAS YESÍFERAS MARRONES	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								3,0		A 4,80 M ± 10 CM DE MARGA YESÍFERA	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								4,0		ARCILLAS MARRONES CON ALGO DE YESOS	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								5,0			

<div>  </div>			OBSERVACIONES					PROYECTO N°		SONDEO N°	
			PLANTA DE LODOS – LOECHES					3553		3	
										HOJA 2 DE 2	
SISTEMA DE PERFORACIÓN	BATERIA	REVESTIMIENTO	MUESTRA	GOLPEO C/ 15 cm	VANIE	PENETRÓMETRO	RECUPERACIÓN	PROFUNDIDAD EN METROS	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	
								5,0		ARCILLAS MARRONES CON ALGO DE YESOS	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								6,0			
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								7,0		ARCILLAS LIMOSAS MARRONES	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								8,0			
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								9,0		ARCILLAS LIMOSAS CON BASTANTES YESOS	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								9,0			
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								10,0		FIN DEL SONDEO	



<div>Tecnoma</div>			OBSERVACIONES					PROYECTO N°		SONDEO N°	
			PLANTA DE LODOS – LOECHES					3553		4	
										HOJA 2 DE 2	
SISTEMA DE PERFORACIÓN	BATERIA	REVESTIMIENTO	MUESTRA	GOLPEO C/ 15 cm	VANE	PENETRÓMETRO	RECUPERACIÓN	PROFUNDIDAD EN METROS	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	
								5,0			
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								6,0			
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								7,0		ARCILLAS ARENOSAS MARRONES	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								8,0			
								,2			
								,4		ARCILLAS LIMOSAS MARRONES CON ABUNDANTES YESOS	
								,6			
								,8		ARCILLAS ARENOSAS MARRONES	
								9,0		FIN DEL SONDEO	
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
								10,0			

<div>  </div>			OBSERVACIONES					PROYECTO N°		SONDEO N°	
			PLANTA DE LODOS – LOECHES					3553		5	
										HOJA 1 DE 2	
SISTEMA DE PERFORACIÓN	BATERIA	REVESTIMIENTO	MUESTRA	GOLPEO C/ 15 cm	VANE	PENETRÓMETRO	RECUPERACIÓN	PROFUNDIDAD EN METROS	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	
								0,0		ZAHORRA (RELLENO)	
								,2		ARCILLAS LIMOSAS MARRONES	
								,4			
								,6			
								,8			
								1,0			
										Indicios de yesos	
								,2		YESOS MASIVOS	
								,4			
								,6			
										Indicios de gravas	
								,8		ARCILLAS LIMOSAS MARRONES	
								2,0			
								,2			
								,4			
								,6			
										Indicios de yesos	
								,4		Indicios de gravas	
								,6			
								,8			
										Indicios de yesos	
								,8			
								3,0			
								,2			
								,4			
								,6			
			M 5a								
								,4			
								,6			
								,8			
											
								,8			
								4,0			
								,2			
								,4			
								,6			
								,8			
											
								,8		ARCILLAS LIMOSAS MARRONES CON ABUNDANTES YESOS	
								5,0			

<div>Tecnoma</div>			OBSERVACIONES					PROYECTO N°		SONDEO N°	
			PLANTA DE LODOS – LOECHES					3553		5	
										HOJA 2 DE 2	
SISTEMA DE PERFORACIÓN	BATERIA	REVESTIMIENTO	MUESTRA	GOLPEO C/ 15 cm	VANE	PENETRÓMETRO	RECUPERACIÓN	PROFUNDIDAD EN METROS	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	
			M 5b					5,0		ARCILLAS LIMOSAS MARRONES CON ABUNDANTES YESOS	
								5,2		ARCILLAS LIMOSAS MARRONES  Indicios de yesos y gravas     Indicios de yesos	
								5,4			
								5,6			
								5,8			
								6,0			
								6,2			
								6,4			
								6,6			
								6,8			
								7,0			
								7,2		FIN DEL SONDEO	
								7,4			
								7,6			
								7,8			
								8,0			
								8,2			
								8,4			
								8,6			
								8,8			
								9,0			
								9,2			
								9,4			
								9,6			
								9,8			
								10,0			



## SONDEO 5

---



Figura 1. Vista panorámica del Sondeo S-5.



Figura 2. Vista panorámica del Sondeo S-5.



Figura 3. S-5. De 0,00 a 2,40 m.



Figura 4. S-5. De 2,40 a 4,80 m.



Figura 5. S-5. De 4,80 a 7,00 m.

## **ANEXO IV. CARACTERIZACIÓN ANALÍTICA**

---

## **DETERMINACIÓN DE DIVERSOS PARÁMETROS EN MUESTRAS SÓLIDAS**

*TECNOMA*

Informe: 12/120

Fecha: 16/02/12

**RESUMEN DE CERTIFICADOS INCLUIDOS****Informe: 12/120**

<b><u>Recepción</u></b>	<b><u>Fecha</u></b>	<b><u>Referencia</u></b>	<b><u>Certificado</u></b>
000077978	25/01/2012	MS - 5a (23/01/112 N° Proyecto: 3553	000077930
000077979	25/01/2012	MS - 5b (23/01/112 N° Proyecto: 3553	000077931

## CERTIFICADO DE ANALISIS N° 000077930

Cliente/Dirección:

Referencia cliente:

Código TECNOMA

Descripción de la muestra: Suelo. 500 g en envase de plástico.

Descripción del procedimiento de la toma de muestras: Tomada por el cliente

Fecha de toma:

Fecha de recepción: 25/01/2012

Fecha de realización de los ensayos: 25/01/2012 - 08/02/2012

Parámetro	Unidad	Resultado	Pretratamiento	Procedimiento	Técnica empleada	Incert. <sup>1</sup>
Cadmio total	mg/Kg	< 1	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	
Cobre total	mg/Kg	6	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	29%
Cromo total	mg/Kg	20	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	25%
Níquel total	mg/Kg	10	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	28%
Plomo total	mg/Kg	< 5	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	
Zinc total	mg/Kg	45	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	33%
Mercurio total	mg/Kg	< 0.03	Mineralización.	PNTE/LTE/52	Analizador específico de mercurio vapor frío	

(\*) Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

(1) Estas incertidumbres son aplicables al resultado obtenido en el ensayo correspondiente.

Estos resultados sólo afectan a la muestra sometida a ensayo.

## CERTIFICADO DE ANALISIS N° 000077931

Cliente/Dirección:

Referencia cliente:

Código TECNOMA

Descripción de la muestra: Suelo. 500 g en envase de plástico.

Descripción del procedimiento de la toma de muestras: Tomada por el cliente

Fecha de toma:

Fecha de recepción: 25/01/2012

Fecha de realización de los ensayos: 25/01/2012 - 08/02/2012

Parámetro	Unidad	Resultado	Pretratamiento	Procedimiento	Técnica empleada	Incert. <sup>1</sup>
Cadmio total	mg/Kg	< 1	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	
Cobre total	mg/Kg	22	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	29%
Cromo total	mg/Kg	26	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	25%
Níquel total	mg/Kg	16	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	28%
Plomo total	mg/Kg	9	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	31%
Zinc total	mg/Kg	57	Mineralización.	PNTE/LTE/53	ICP	33%
Mercurio total	mg/Kg	< 0.03	Mineralización.	PNTE/LTE/52	Analizador específico de mercurio vapor frío	

(\*) Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

(1) Estas incertidumbres son aplicables al resultado obtenido en el ensayo correspondiente.

Estos resultados sólo afectan a la muestra sometida a ensayo.