



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA  
CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

**ESTUDIO DE SOLUCIONES DEL SANEAMIENTO Y  
DEPURACIÓN EN LAS AGLOMERACIONES URBANAS DE LA  
CHINA, BUTARQUE Y SUR. TT.MM MADRID Y GETAFE  
(MADRID)**

**Nº EXPEDIENTE: 03.328-0793/0311**

**PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL  
TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA**



**CYGSA**  
CONTROL Y GEOLOGÍA, S.A.

**SEPTIEMBRE 2020**



# PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

## ÍNDICE GENERAL

### DOCUMENTO N°1 MEMORIA Y ANEJOS

#### MEMORIA

#### ANEJOS

1. ANTECEDENTES
2. FICHA-RESUMEN
3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL
4. TOPOGRAFÍA
5. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
6. INUNDABILIDAD E HIDROLOGÍA
7. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE VERTIDO
8. ESTUDIO DE POBLACIÓN, CAUDALES Y CARGAS CONTAMINANTES
9. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS
10. DIMENSIONAMIENTO DEL PROCESO DE DEPURACIÓN
11. MEDIDAS CORRECTORAS CONTENIDAS EN EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
12. PARCELARIO Y TERRENOS AFECTADOS
13. SERVICIOS AFECTADOS Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS
14. RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

### DOCUMENTO N°2 PLANOS

### DOCUMENTO N° 3 PRESUPUESTO

1. MEDICIONES
  2. CUADRO DE PRECIOS N°1
  3. PRESUPUESTOS PARCIALES Y GENERAL
-

**DOCUMENTO N°1. MEMORIA Y ANEJOS**

**MEMORIA**



## MEMORIA

### ÍNDICE

1.- ANTECEDENTES Y OBJETO .....	3
1.1.- ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	4
1.2.- OBJETO DEL ESTUDIO INFORMATIVO.....	4
2.- ÁMBITO DEL ESTUDIO .....	6
2.1.- ÁMBITO GENERAL DEL ESTUDIO.....	6
2.2.- EDAR DE LA CHINA.....	7
3.- DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA .....	9
4.- ACTUACIONES PROPUESTAS Y ALTERNATIVAS.....	10
4.1.- EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE PLANTAS .....	10
4.2.- EN FUNCIÓN DE LOS PROCESOS DE LAS LÍNEAS DE AGUA.....	10
4.3.- EN FUNCIÓN DE LA LÍNEA DE FANGOS.....	11
4.3.1.- Sobre los fangos producidos en China .....	11
4.3.2.- Sobre los fangos producidos en Butarque .....	12
4.3.3.- Sobre los fangos producidos en Sur. ....	12
4.4.- RESUMEN DE ALTERNATIVAS SOBRE LAS EDAR .....	13
5.- SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA A DESARROLLAR .....	14
6.- POBLACIÓN Y CAUDALES .....	15
6.1.- POBLACIÓN SERVIDA POR LAS TRES EDAR .....	15
6.2.- DISCRETIZACIÓN DE LA POBLACIÓN PARA LA EDAR DE LA CHINA .....	16
6.3.- CAUDALES.....	17
7.- PARÁMETROS DE VERTIDO .....	18
8.- DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES.....	19
8.1.- LÍNEA DE AGUA.....	20
8.1.1.- Pretratamiento .....	20
8.1.2.- Decantación lamelar. ....	21
8.1.3.- Biofiltro .....	22
8.1.4.- Descripción de la Biofiltración.....	23
8.1.5.- Tratamiento terciario.....	26
8.2.- LÍNEA DE FANGOS.....	27
8.3.- DESODORIZACIÓN.....	28



8.4.- DEPÓSITO DE AGUA REGENERADA .....	29
8.5.- DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	29
8.5.1.- Potencia .....	30
8.5.2.- Acometida eléctrica .....	32
8.6.- INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN.....	33
9.- GEOLOGÍA Y GEOTECNIA .....	36
10.- OTROS ASPECTOS DEL ESTUDIO .....	37
10.1.- ACOMETIDAS DE SERVICIOS .....	37
10.2.- SEGURIDAD Y SALUD.....	37
10.3.- RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN.....	37
10.4.- MEDIDAS CORRECTORAS .....	37
10.5.- SERVICIOS AFECTADOS .....	37
10.6.- TERRENOS AFECTADOS.....	38
10.7.- INUNDABILIDAD .....	38
11.- VALORACIÓN ESTIMADA .....	39
12.- CONTENIDO DEL ESTUDIO.....	40
13.- CONCLUSIONES .....	41



## 1.- ANTECEDENTES Y OBJETO

El Ministerio de Medio Ambiente (ahora Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), en colaboración con las Comunidades Autónomas, redactó el “Plan Nacional de Calidad de las Aguas: Saneamiento y Depuración 2007-2015”, para dar respuesta a las nuevas necesidades planteadas por la Directiva Marco del Agua y establecer un conjunto de actuaciones derivadas de las declaraciones de zonas sensibles que exigen la ejecución de una serie de ampliaciones y reformas para implantar un tratamiento más riguroso en muchas de las estaciones de depuración de agua residuales (EDAR en adelante) situadas en esas zonas.

Con fecha 21 de septiembre de 2009 se firmó el “Protocolo General de Colaboración en Ejecución del Plan Nacional de Calidad de las Aguas: Saneamiento y Depuración 2007-2015” entre el entonces Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y el Ayuntamiento de Madrid. En dicho Protocolo se estableció que la Administración General del Estado ejecutaría y financiaría las siguientes actuaciones, **declaradas posteriormente de Interés General del Estado por Ley 26/2009 de Presupuestos Generales:**

- **Aglomeración de La China-Butarque**
- **Aglomeración Sur**

La finalidad de esta actuación es proporcionar la infraestructura necesaria para el tratamiento de las aguas residuales que son conducidas a las EDAR de China, Butarque y Sur hasta alcanzar la calidad requerida para cumplir con el buen estado de las aguas del río Manzanares, tanto en tiempo seco como en tiempo de lluvia, así como también para adecuar las instalaciones existentes ya obsoletas para su integración ambiental en el entorno.

La normativa básica que rige el tratamiento de aguas residuales urbanas es:

- La **Directiva 2000/60/CE (Directiva Marco del Agua)** por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas entró en vigor el 22 de diciembre del 2000. La trasposición de esta Directiva se realizó mediante la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social que incluye, en su artículo 129, la modificación del **texto refundido de la Ley de Aguas** por la que se incorpora al derecho español la Directiva 2000/60/CE, estableciendo un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- El **Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental**, tiene por objeto establecer criterios básicos y homogéneos para el diseño y la implantación de los programas de seguimiento del estado de las masas de agua superficiales y para el control adicional de las zonas protegidas; definir los criterios, condiciones de referencia y los límites de cambio de clase para clasificar el estado ecológico de las masas de agua; establecer las NCA de las sustancias prioritarias y preferentes para clasificar el estado de las aguas, así como definir el procedimiento para el cálculo de estas

normas para los contaminantes específicos; y por último, recoger las obligaciones de intercambio de información y definir el sistema de información sobre el estado de las aguas en aras del cumplimiento de legislación que regula los derechos de acceso a la información y de participación pública.

- La **Directiva 91/271/CE, de 21 de mayo**, la cual establece cuáles son los requerimientos mínimos para realizar la recogida, el tratamiento y los vertidos de las aguas residuales urbanas. Esta Directiva ha sido transpuesta a la normativa española por **RD 817/2015**, el **R.D. Ley 11/1995**, el **R.D. 509/1996**, que lo desarrolla, y el **R.D. 2116/1998** que modifica el anterior
- **Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre**, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas

El largo periodo de tiempo transcurrido desde la construcción de dichas EDAR y la necesidad de adaptarlas a las nuevas exigencias requiere un análisis en profundidad del estado de las instalaciones existentes y como consecuencia la determinación de las actuaciones a llevar a cabo.

### 1.1.- ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

La Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, en su artículo 7 describe los proyectos que deben ser objeto de evaluación de impacto ambiental ordinaria o simplificada. La Ley hace referencia a los proyectos contenidos en sus anexos I (para evaluaciones ordinarias) y II (para las simplificadas).

La Ley contempla en su anexo I las plantas de tratamiento de aguas residuales cuya capacidad sea superior a 150.000 habitantes-equivalentes.

El estudio de soluciones de las aglomeraciones urbanas de La China, Butarque y Sur busca, entre otros aspectos, el tratamiento de aguas residuales de tres plantas que juntas suman una capacidad de más de 5.800.000 habitantes equivalentes y que independientemente tienen una capacidad aproximada de 1.300.000 habitantes-equivalentes La China, 1.600.000 habitantes-equivalentes Butarque y 2.900.000 habitantes-equivalentes Sur.

Por tanto el estudio de soluciones se encuentra dentro de las actividades consideradas en el anexo I y debiendo ser sometido a procedimiento de evaluación de impacto ambiental ordinario.

Dicho Estudio de Impacto Ambiental debe ir acompañado de un proyecto o documento técnico en el cuál se definan las actuaciones sometidas a evaluación ambiental

### 1.2.- OBJETO DEL ESTUDIO INFORMATIVO

Durante el análisis de la situación actual del sistema de saneamiento de las aglomeraciones China-Butarque-Sur se pudo observar que la actual Estación Depuradora de La China (EDAR de La China) había quedado obsoleta y que su diseño no permitía la eliminación biológica de nutrientes en condiciones óptimas.





El objetivo final del estudio sobre estas aglomeraciones no es otro que alcanzar un buen estado del cauce del Manzanares a su paso y aguas abajo de la ciudad de Madrid, por ello, ha sido necesario definir e incluir en el Estudio de Impacto Ambiental, las actuaciones necesarias para adecuar la EDAR de La China al cumplimiento de la normativa actual y que además, realice su función con una afección mínima al entorno urbano dónde se ubica.

En este PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR LA CHINA se realiza una definición, a nivel de estudio informativo, de estas actuaciones con el fin de dotar de un documento técnico de apoyo al Estudio de Impacto Ambiental al cuál acompaña.

## 2.- ÁMBITO DEL ESTUDIO

### 2.1.- ÁMBITO GENERAL DEL ESTUDIO

El ámbito general del estudio lo componen todos los elementos del sistema de saneamiento de la ciudad de Madrid que vierte sus aguas al tramo urbano del río Manzanares (sistema Manzanares).

El esquema de saneamiento del sistema Manzanares está formado por los siguientes elementos:

- Una serie de cuencas o áreas de vertido. Se denomina cuenca a la parte de la ciudad cuyos vertidos confluyen a través de la red de alcantarillado hacia un punto concreto en la margen del río (en los que generalmente se han situado las EDAR). De aguas arriba a aguas abajo tenemos las cuencas de: Viveros, China, Butarque, Gavia, Sur y Suroriental.
- Colectores de saneamiento. Concentran las aguas residuales y pluviales recogidas por la red de alcantarillado y las dirigen aguas abajo hacia las EDAR para su tratamiento. Su funcionamiento en el sistema Manzanares es por gravedad. La red de colectores también permite enviar el agua de una cuenca hacia otras infraestructuras situadas aguas abajo. La mayor parte de la red de colectores de Madrid es unitaria.
- Aliviaderos. Se trata de instalaciones situadas en puntos donde se produce la confluencia de diversos colectores y se pueden realizar alivijs al cauce en el caso de que los caudales de entrada sean superiores a la capacidad aguas abajo. El principal aliviadero del ámbito de estudio es el denominado: Aliviadero General de la Margen Izquierda (AGMI). Se trata de un gran aliviadero (más 120 m de longitud de labio) en el que se unifican los principales colectores de la margen izquierda del Manzanares y desde el cual se reconduce el agua residual a las EDAR de China y Sur.
- Tanques de tormentas: Existen de dos tipos:
  - Tanques de tormenta de regulación (TT). Son de gran volumen y están asociados generalmente a una EDAR. Su función es almacenar las primeras aguas de un episodio de lluvia y evitar el vertido al río antes de alcanzar los parámetros de dilución que se hayan especificado.
  - Tanques de alivio (TA). Son de pequeño volumen y actúan en las conexiones entre los colectores transversales y los grandes colectores de transporte para que no se produzcan alivijs directos antes de alcanzar los parámetros de dilución que se hayan especificado.
- Estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR). De aguas arriba a aguas abajo tenemos las siguientes: Viveros de la Villa, La China, La Gavia, Butarque, Sur y Suroriental.
- Estaciones regeneradoras de aguas residuales (ERAR). Tratan el agua depurada para convertirla en agua regenerada utilizable para riego de parques y jardines. Están situadas y asociadas a algunas de las EDAR. En el sistema Manzanares se encuentran la ERAR Viveros, la ERAR La China y la ERAR La Gavia.

## 2.2.- EDAR DE LA CHINA

La EDAR de LA China fue la primera depuradora que se instaló en Madrid, su construcción se inició en el año 1934 pero a causa de la guerra civil y las dificultades del periodo posterior, su finalización no se produjo hasta el año 1950. Posteriormente, entre 1969 y 1979, se ampliaron las instalaciones hasta configurar la planta actual.

La EDAR de La China se emplaza al final de la calle de Embajadores, en el distrito de Puente de Vallecas (barrio de Entrevías), en la margen izquierda del río Manzanares. Está implantada en un espacio totalmente urbano. Recoge los vertidos de los distritos de Chamartín, Tetuán, Moncloa, Chamberí, Centro, Arganzuela, Retiro, Ciudad Lineal, Salamanca, Moratalaz y Puente de Vallecas.

Esta planta da servicio a los colectores de: Margen Izquierda, Axiles, Abroñigales, Bravo Murillo-Santa Engracia-Génova, Paseo de la Habana, Lopez de Hoyos, Goya, Alcalá, Francisco Silvela-Alcalá, Arturo Soria, Marqués de Corbera y Avenida de la Albufera.

Esta planta tiene asociado además el tanque de tormenta de La China de 136.000 m<sup>3</sup>.

De la información facilitada por el Ayuntamiento de Madrid y de las visitas realizadas a la planta se obtienen los siguientes datos básicos del funcionamiento actual de la EDAR.

EDAR DE LA CHINA			
Habitantes equivalentes		1.335.312 h-eq.	
Caudal medio de diseño		3,30 m <sup>3</sup> /s	285.120 m <sup>3</sup> /d
Caudal punta de diseño (tratamiento Biológico)		3,30 m <sup>3</sup> /s	285.120 m <sup>3</sup> /d
Caudal máximo de diseño (pretratamiento, canal a primario y primario)		4,80 m <sup>3</sup> /s	414.720 m <sup>3</sup> /d
Período enero/16-mayo/17 (Datos de producción)	Caudales medios influentes	1,87 m <sup>3</sup> /s	161.684 m <sup>3</sup> /d
	Caudales medios tratados	1,17 m <sup>3</sup> /s	101.268 m <sup>3</sup> /d
Período mayo/17-diciembre/18 (Datos de producción)	Caudales medios influentes	1,69 m <sup>3</sup> /s	145.777 m <sup>3</sup> /d
	Caudales medios tratados	0,82 m <sup>3</sup> /s	70.857 m <sup>3</sup> /d

Tabla 1. Datos básicos de funcionamiento de la EDAR de La China.

Existe una fuerte discrepancia entre los teóricos caudales de diseño y los que está tratando en la actualidad. Esto se debe a que se desvía una parte importante de las aguas residuales de su cuenca hacia la EDAR SUR situada aguas abajo para permitir su adecuado funcionamiento y el cumplimiento de los parámetros de vertido

Así pues, la planta no podría tratar en ningún caso el caudal de diseño con las cargas y las limitaciones de vertido actuales.

Los datos de estos caudales medios influentes y tratados se han dividido en dos períodos debido a que la EDAR de La China cambió el proceso del tratamiento biológico en mayo de 2017. Se adaptó el proceso para intentar eliminar parte del nitrógeno de entrada por vía biológica convirtiendo el proceso de fangos activos convencional en otro con eliminación biológica de nitrógeno denominado: AO sin recirculación interna.

Este cambio de sistema queda plasmado en los caudales medios tratados, ya que para aumentar el tiempo de retención celular en el reactor biológico, se disminuyen de forma importante los caudales de entrada al mismo.

En ambos períodos se presentan unos caudales medios influentes similares, por lo que el excedente que no se puede tratar en el reactor biológico en el segundo período se deriva a la EDAR Sur a través de una conexión situada después del primario hacia colector sur.

En la parcela de la EDAR La China está instalada una de las plantas de agua regenerada (ERAR) que alimenta la red de agua de riego de Madrid. Es la planta más antigua del sistema y además existe un depósito de regulación de agua regenerada de 5.000 m<sup>3</sup> y un bombeo para impulsar el agua a los anillos de distribución por los parques de Madrid. Además, forma parte de la instalación un punto de carga de agua regenerada para camiones de limpieza de calles y alcantarillado.



Ilustración 1. EDAR La China con la situación de la ERAR.

En esta ERAR mediante un proceso compuesto por una decantación, filtración y una desinfección UV se produce agua con el nivel denominado: “CALIDAD 1.2 SERVICIOS” según se especifica en el R.D. 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas para riego de parques públicos y agua de servicio para limpiezas urbanas”. Los datos medios de producción de las ERAR situadas en las plantas del Manzanares son:

ERAR	PRODUCCIONES MEDIAS. Años 2016-18 (m <sup>3</sup> /d)	
	Qmedio	Qmax.
LA CHINA	7.811	24.089
LA GAVIA	4.296	9.973
VIVEROS	4.851	22.890
TOTALES	16.958	56.952

Tabla 2. Producción media diaria de aguas regeneradas.



### **3.- DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA**

En el Anejo 3. Análisis de la situación actual se realiza un análisis del estado actual de los diferentes elementos de la EDAR.

La conclusión final de dicho análisis se resume en los siguientes puntos.

- La EDAR La China está en un entorno urbano y rodeado de cinco barrios con una población aproximada de 120.000 habitantes. No existe posibilidad de aumentar su parcela y dada la proximidad a la población existen numerosas quejas al respecto sobre ruidos, olores y otras molestias que los residentes próximos asocian a la propia EDAR.
- El proceso de la planta no se diseñó para eliminar nutrientes por ser su proyecto y construcción anterior a la normativa que limita su vertido. Por este motivo no tiene capacidad para eliminar nitrógeno y fosforo por vía biológica.
- Se trata de una planta antigua con equipos que han superado su vida útil.

#### **4.- ACTUACIONES PROPUESTAS Y ALTERNATIVAS**

Se indican a continuación las alternativas planteadas para la EDAR Sur. Hay que tener en cuenta que el estudio de alternativas se ha realizado para el sistema formado por las EDAR de La China, Butarque y Sur por lo que los aspectos aquí desarrollados son comunes a las tres plantas.

En el Anejo 9. Alternativas de desarrolla ampliamente el estudio de todas las alternativas.

##### **4.1.- EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE PLANTAS**

Respecto al número de plantas en los que realizar la depuración de las aguas residuales en principio se podrían considerar todas las combinaciones de una a tres plantas pero, realmente, la disposición de las plantas actuales y los condicionantes técnicos, sociales y ambientales existentes indican que no todas las combinaciones tienen sentido debido a:

- Imposibilidad física
- Complicación excesiva de las conexiones necesarias para concentrar los vertidos en una u otra disposición con todo lo que esto representa de incremento de coste de inversión y plazos de construcción sin mejoras de la calidad del servicio.

Así pues, se plantean tres opciones:

- **P1.** Mantener las tres parcelas actuales: La China, Butarque y Sur,
- **P2.** Concentrar los vertidos en dos instalaciones eliminando La China como planta de depuración de aguas residuales: el sistema se compondría de dos EDAR: Butarque en la margen derecha y Sur en la margen izquierda.
- **P3.** Concentrar todos los vertidos en una única instalación (Sur). Esta solución implica que hay que implantar otro trasvase para poder transportar la totalidad del caudal de aguas residuales de la margen derecha a la izquierda.

Cada una de estas alternativas tiene implicaciones en los tipos de tratamiento aplicables, tamaño de las parcelas necesarias y diseño del sistema de saneamiento (Tanques de tormenta y colectores).

##### **4.2.- EN FUNCIÓN DE LOS PROCESOS DE LAS LÍNEAS DE AGUA**

El tipo de proceso de depuración es el principal factor que condiciona la superficie y afección de una planta depuradora. Como criterio de selección previo se considera que todas las plantas deben tener procesos de tratamiento que sean seguros y suficientemente probados en plantas de gran tamaño equivalentes a las EDAR actuales de Sur, Butarque y China (tres de las plantas más grandes de España).

Además de lo señalado se tienen en cuenta estas premisas básicas:

- Se tiene que garantizar la eliminación de nutrientes (nitrógeno y fósforo) de acuerdo a los parámetros de las autorizaciones de vertido que serán exigidos a medio y largo plazo.



- Deben ser sistemas sólidos y seguros que puedan adaptarse a los cambios de caudales horarios del influente y pasar del estado en tiempo seco a tiempo de lluvias sin perder rendimiento de depuración.
- Tanto el proceso de forma global como cada equipo individualmente debe tener la máxima eficiencia energética posible
- Deben ser sistemas con costes de inversión y operación dentro de unos límites puesto que la escala de los caudales a tratar puede dar lugar a soluciones inviables.

Para el estudio de alternativas no se considera estudiar procesos concretos sino agrupados en dos familias que denominamos a efectos de clasificación como:

- Tratamientos abiertos, cuyos reactores biológicos se encuentran al aire libre
- Tratamientos cerrados, cuyos reactores se encuentran en espacios cerrados

En el caso de las EDAR de China y Butarque se estudiarán las dos alternativas, tratamientos abiertos y cerrados.

En el caso de la EDAR Sur no se considera un tratamiento cerrado puesto que la principal ventaja de éste, la eliminación de afecciones los residentes próximos, carece de sentido al estar situada la planta muy alejada de núcleos de población.

#### 4.3.- EN FUNCIÓN DE LA LÍNEA DE FANGOS

Como las plantas están cerca unas de otras, se plantea la posibilidad de transportar los fangos desde una de ellas a otra. Esta actuación tiene como aspectos positivos:

- Liberar espacio en las plantas.
- Disminuir los problemas de olores en las plantas donde se elimine la línea de fangos.
- Reducción de costes de la motogeneración al aumentar el tamaño de los equipos motogeneradores.
- Reducir el transporte por carretera de fangos deshidratados.

##### 4.3.1.- Sobre los fangos producidos en China

En el caso de que se mantenga la EDAR de La China (P1) se considera la implantación de una conducción de fangos a la EDAR Sur.

Consiste en la instalación de una impulsión de los fangos generados en la EDAR La China hasta la EDAR Sur. La línea de fangos de Sur se dimensionaría para tratar los fangos propios y los provenientes de China.

Así pues, no se considera la instalación de una línea de fangos propia para de esta forma reducir el tamaño de la EDAR y facilitar la eliminación de olores.

#### 4.3.2.- Sobre los fangos producidos en Butarque

Esta opción tiene sentido si se mantiene el emplazamiento de la EDAR Butarque (P1 y P2). En este caso se contemplan dos alternativas:

- **Implantar una línea de fangos en la EDAR Butarque.**  
Esta alternativa implica implantar una instalación completa de tratamiento de fangos.
- **Conducción de fangos a la EDAR Sur.**  
Consiste en instalar una impulsión de fangos hasta la EDAR Sur. La línea de fangos de Sur se dimensionará para tratar los fangos propios y los provenientes de Butarque.

Independientemente de la opción que sea la finalmente adoptada, en el caso de que se mantenga la EDAR de la China, el bombeo de fangos desde esta planta a la EDAR Sur pasará necesariamente por la EDAR de Butarque donde se realizará una estación intermedia entre los dos tramos del bombeo China-Butarque y Butarque-Sur. Tanto la estación intermedia como el segundo tramo del bombeo se dimensionarán en cualquier caso con capacidad para el bombeo de la totalidad de fangos generados en China y en Butarque.

De esta forma, aunque se planificase una línea de fangos propia en Butarque, se deja abierta la posibilidad (con un coste añadido asumible) que en un futuro esta planta también envíe los fangos sin tratar a Sur, además del aumento de eficiencia que da este bombeo en situaciones especiales como averías, mantenimientos o durante la fase de obras.

#### 4.3.3.- Sobre los fangos producidos en Sur.

En este caso tan solo se contempla implantar una línea de fangos completa en la EDAR Sur.

De acuerdo a las alternativas descritas existen cinco variantes en función de las alternativas seleccionables referidas al número de plantas y el punto de tratamiento de fangos en China y Butarque:

1. Se mantienen las 3 plantas y Sur trata los fangos propios y los generados en China.
2. Se mantienen las 3 plantas y Sur trata los fangos propios y los generados en China y en Butarque.
3. Se elimina China y Sur trata los fangos propios (incluyendo los fangos de los caudales que antes se trataban en La China).
4. Se elimina China y Sur trata los fangos propios (incluyendo los fangos de los caudales que antes se trataban en La China) y los generados en Butarque.
5. Se eliminan La China y Butarque y Sur trata los fangos propios (incluyendo los fangos de los caudales que antes se trataban en La China y en Butarque).



#### 4.4.- RESUMEN DE ALTERNATIVAS SOBRE LAS EDAR

Las alternativas seleccionadas están agrupadas por los aspectos fundamentales que definen todo el abanico de soluciones al problema planteado.

##### Alternativas según el número de EDAR:

Se considera que hay que estudiar:

- La renovación de las tres plantas,
- La eliminación la EDAR de La China y concentrar todo la depuración en las otras dos.
- Conservar solo la EDAR Sur y concentrar en ella las aguas residuales a depurar

##### Alternativas según la tecnología de depuración:

Existen varios tipos de procesos de depuración que pueden ser adecuados en este caso. Para su estudio están clasificados como:

- Tratamientos abiertos con reactores al aire libre.
- Tratamientos cerrados con toda la planta en espacios confinados.

##### Alternativas según el emplazamiento de la línea de fangos:

De acuerdo a los puntos de implantación de las líneas de fangos tenemos:

- 1 línea de fangos en Butarque y otra en Sur (que trata los fangos de Sur y La China).
- 1 línea de fangos en Sur (que trata los fangos de La China, Butarque y Sur).

##### Listado de alternativas de depuración

En la tabla siguiente figuran las alternativas que surgen de combinar los criterios enunciados.

ALTERNATIVAS		EDAR		
		LA CHINA	BUTARQUE	SUR
NÚMERO DE PLANTAS	3	SE RENUEVA	SE RENUEVA	SE RENUEVA
	2	SE ELIMINA	SE RENUEVA	SE RENUEVA
	1	SE ELIMINA	SE ELIMINA	SE RENUEVA
TECNOLOGÍAS DE DEPURACIÓN		SISTEMAS ABIERTOS	SISTEMAS ABIERTOS	SISTEMAS ABIERTOS
		SISTEMAS CERRADOS	SISTEMAS CERRADOS	
DISPOSICIÓN DE LAS LÍNEAS DE FANGOS (LF)		SIN LF. SE BOMBEAN A SUR	CON LF	CON LF
			SIN LF. SE BOMBEAN A SUR	

Tabla 3. Tabla de alternativas en función del número de plantas, de la tipología y del tratamiento de la línea de fangos



## **5.- SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA A DESARROLLAR**

En el Estudio de Impacto Ambiental que acompaña a este documento se realiza una valoración conjunta de todas las alternativas para diferentes EDAR aquí planteadas.

Esta valoración es triple;

- En primer lugar se realiza una valoración previa de las 13 alternativas propuestas que se obtienen combinando las alternativas en los tres bloques indicados para cada una de las 3 plantas, de esta valoración, obtenida mediante diferentes criterios (técnicos, ambientales, sociales y económicos) se obtienen 4 alternativas como mejor valoradas, de las cuales, la que obtiene una mayor puntuación es la Alternativa 4, que consiste en renovar totalmente las 3 plantas en su ubicación actual, con tratamientos cerrados en China y Butarque para eliminar ruidos y olores y concentrando todas las líneas de fangos en la EDAR Sur.
- De estas 4 alternativas se realiza una valoración de los efectos ambientales en detalle, obteniéndose de nuevo que la alternativa mejor valorada en este caso (la que menor impacto tiene sobre el medio) es la Alternativa 4.
- Finalmente, se vuelve a realizar una valoración de estas 4 alternativas incluyendo los resultados de la valoración ambiental en detalle junto con los criterios técnicos, sociales y económicos de la primera valoración. De nuevo en este caso se obtiene que la alternativa mejor valorada es la Alternativa 4.

Por ello queda justificada que la alternativa finalmente seleccionada y desarrollada en los diferentes proyectos informativos es aquella en la que se realiza una renovación completa de las plantas de China, Butarque y Sur, manteniendo sus ubicaciones actuales (en el caso de Sur es necesario ampliar levemente su ocupación), mediante tratamientos cerrados en las EDAR de La China y Butarque y abiertos en Sur, y concentrando las líneas de fangos de La China y Butarque en la EDAR Sur.

## 6.- POBLACIÓN Y CAUDALES

En el Anejo 8 se desarrolla el estudio de la población y caudales de manera detallada. Se incluyen a continuación los aspectos más relevantes.

### 6.1.- POBLACIÓN SERVIDA POR LAS TRES EDAR

La estimación de la población se fija para el año horizonte 2050, puesto que se consideran 25 años de vida útil de las EDAR, una vez se finalice su construcción, que podría fijarse sobre 2025.

La prognosis está basada en la realizada por el Ayuntamiento de Madrid para el período 2017-2023. Para ello, se ha obtenido el crecimiento interanual empleado en el análisis del ayuntamiento, y se aplica linealmente a la población actual para obtener la del año 2050. Tanto para obtener la tasa de crecimiento del análisis existente, como para la obtención de la población en el año horizonte, se utiliza la siguiente fórmula:

$$P_h = P_o(1 + i)^n$$

Donde  $P_h$  es la población al final de  $n$  años;  $P_o$  es la población inicial;  $i$  es la tasa de crecimiento anual en tanto por uno; y  $n$  es el número de años para los que se hace la previsión.

Puesto que para el municipio de Pozuelo de Alarcón no existe este tipo de prognosis para el año 2023, se ha tomado como tasa de crecimiento anual la media de los últimos 5 años, 0,40%, ya que tiene una dinámica de crecimiento estable que podría representar el de los próximos años.

A esta previsión, se le incorporan las viviendas de los nuevos desarrollos urbanísticos previstos. Si bien se considera que probablemente se ejecuten con grandes cambios sobre lo establecido en estos momentos, por lo que se estará del lado de la seguridad.

Los habitantes que se van a considerar por cada nueva vivienda construida se toman de las estadísticas del año 2017, 2,5 habitantes por vivienda

El número de habitantes para el año horizonte se muestran en la siguiente tabla.

Distrito/Municipio	Pob. 2017	Pob. 2023	Crecimiento anual	Desarrollos urbanísticos	Pob. 2050
<b>Total población</b>	<b>3.065.248</b>	<b>3.073.157</b>	<b>0,04%</b>		<b>3.439.276</b>
Arganzuela	151.965	158.458	0,70%	-	191.288
Carabanchel	243.998	247.968	0,27%	-	266.646
Centro	131.928	137.832	0,73%	-	167.848
Chamartín	143.424	142.979	-0,05%	2.510	143.503
Chamberí	137.401	133.448	-0,49%	-	117.023
Ciudad Lineal	212.529	207.757	-0,38%	-	187.573
Fuencarral El Pardo	238.756	240.631	0,13%	8.607	257.858
Hortaleza	180.462	184.808	0,40%	-	205.699
Latina	233.808	226.737	-0,51%	26.857	224.330
Moncloa-Aravaca	116.903	114.105	-0,40%	-	102.318

Distrito/Municipio	Pob.	Pob.	Crecimiento	Desarrollos	Pob.
Moratalaz	94.197	89.927	-0,77%	-	72.982
Pozuelo de Alarcón	85.605	-	0,40%	13.805	97.659
Puente de Vallecas	227.595	220.902	-0,50%	-	193.137
Retiro	118.516	113.022	-0,79%	-	91.287
Salamanca	143.800	139.096	-0,55%	-	119.759
San Blas-Canillejas	154.357	155.188	0,09%	-	158.985
Tetuán	153.789	156.038	0,24%	-	166.572
Usera	134.791	139.465	0,57%	-	162.587
Villa de Vallecas	104.421	122.067	2,64%	120.480	366.939
Villaverde	142.608	142.729	0,01%	2.008	145.284

Tabla 4. Población en el año horizonte en los distritos del estudio.

## 6.2.- DISCRETIZACIÓN DE LA POBLACIÓN PARA LA EDAR DE LA CHINA

El análisis poblacional se desarrolla en base a la distribución de la población en los diferentes distritos a los que afecta la remodelación de las EDAR, teniendo cada uno de ellos un crecimiento asociado, según las estadísticas de los últimos años. Dichos distritos, en su totalidad o parcialmente, conforman las cuencas vertientes de cada una de las EDAR objeto del estudio, quedando éstas delimitadas por el trazado de los colectores presentes en la red de saneamiento.

Se determina qué distritos pertenecen a cada cuenca y la proporción de población asociada para obtener la población que le corresponde a cada una de ellas:

Distrito/ Municipio	Población2050	La China	
<b>Total población</b>	<b>3.439.276</b>	<b>37,6%</b>	<b>1.292.790</b>
Arganzuela	191.288	100,0%	191.288
Carabanchel	266.646	0,0%	
Centro	167.848	100,0%	167.848
Chamartín	143.503	90,1%	129.311
Chamberí	117.023	100,0%	117.023
Ciudad Lineal	187.573	90,5%	169.710
Fuencarral-El Pardo	257.858	0,0%	
Hortaleza	205.699	3,6%	7.478
Latina	224.330	0,0%	
Moncloa-Aravaca	102.318	22,3%	22.829
Moratalaz	72.982	69,4%	50.672
Pozuelo de Alarcón	97.659	0,0%	
Puente de Vallecas	193.137	70,0%	135.278
Retiro	91.287	100,0%	91.287
Salamanca	119.759	100,0%	119.759
San Blas-Canillejas	158.985	0,2%	247
Tetuán	166.572	52,2%	86.977
Usera	162.587	0,0%	
Villa de Vallecas	366.939	0,8%	3.083
Villaverde	145.284	0,0%	

Tabla 5. Proporción de distritos.

### 6.3.- CAUDALES

Para la determinación del vertido unitario por habitante y día en tiempo seco se recurre a la información facilitada por el Canal de Isabel II, en la que aparece el volumen de agua facturada por distritos entre los años 2012 y 2017. Adicionalmente, se aplica un coeficiente que incrementa las dotaciones facturadas para obtener las dotaciones de suministro y finalmente las dotaciones de caudales vertidos a la red.

Como criterio de diseño para mantener los caudales del río en su tramo y alimentar la red de agua regenerada se fija un caudal en tiempo seco de 1,34 m<sup>3</sup>/s que equivale a 116.000 m<sup>3</sup>/d, de los que 86.000 m<sup>3</sup>/d son para mantener el caudal del río y los 30.000 m<sup>3</sup>/d restantes corresponden a la producción de agua regenerada para el riego de parques y jardines de Madrid en el mes de máxima demanda.

El coeficiente de punta (1,39) considerado es el necesario para tratar el agua de vaciado del tanque de tormentas en 3 días. Aun siendo un coeficiente reducido, se considera suficiente, ya que La EDAR La China funcionaría a caudal constante (o dentro de un intervalo de variación muy estrecho) con el objeto de suministrar agua de riego y mantener los caudales en el cauce. El caudal máximo que debería poder ser tratado en pretratamiento y tratamiento primario es 1,87 m<sup>3</sup>/s, derivando el resto hacia la EDAR Sur.

Así pues los caudales que resultan de las consideraciones anteriores quedan resumidos en la tabla que se presenta a continuación:

	LA CHINA
Caudal tº seco (m <sup>3</sup> /s)	1,34
Caudal punta tº húmedo (m <sup>3</sup> /s)	1,87
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)	1,87
Caudal tº seco (m <sup>3</sup> /d)	116.000
Caudal punta tº húmedo (m <sup>3</sup> /d)	161.133
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /d)	161.133
Coeficiente de máximo, C <sub>m</sub>	1,39

Tabla 6. Caudales obtenidos en tiempo seco, punta en tiempo húmedo y máximo en el año horizonte.

A partir de los caudales anteriores se definen los caudales de diseño:

	LA CHINA
<b>Caudal tº seco (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>1,50</b>
<b>Caudal punta tº húmedo (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>2,00</b>
<b>Caudal máximo (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>2,00</b>
Caudal tº seco (m <sup>3</sup> /d)	129.600
Caudal punta tº húmedo (m <sup>3</sup> /d)	172.800
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /d)	172.800
Coeficiente de máximo, C <sub>m</sub>	1,33

Tabla 7: Caudales DE CÁLCULO para tiempo seco, punta en tiempo húmedo y máximo en el año horizonte

## 7.- PARÁMETROS DE VERTIDO

Los parámetros de vertido con los que se van a diseñar la planta y la justificación de los mismos se encuentran recogidos en el Estudio de Impacto Ambiental en su Apéndice 9 Modelo de calidad.

En dicho documento se concluye con lo siguiente:

- Desde el punto de vista del estado del cauce el principal problema de la situación actual en tiempo seco es el nivel de nitrógeno (en forma de amonio) en las aguas.
- Dimensionando las EDAR únicamente para cumplir con las autorizaciones de vertido (incluyendo tratamientos terciarios) no se alcanzaría el Buen Estado Ecológico del cauce aguas abajo de Madrid.
- Los tratamientos terciarios son necesarios para cumplir al menos con los Objetivos Menos Rigurosos.
- Dimensionando las plantas para alcanzar este Buen Estado se producirá una reducción del 98 % del Amonio y del 77 % del Nitrógeno total del cauce. En el caso del Fósforo esta reducción es del 50 %.
- Así pues. los valores límite de vertido de las plantas para alcanzar el buen estado ecológico de la masa de agua receptora, y por lo tanto, los valores límite que deben establecerse para el dimensionamiento de las nuevas estaciones depuradoras son los siguientes:

VALORES DE VERTIDO (mg/l)	
SS	4,00
DBO <sub>5</sub>	4,00
DQO	25,00
NH <sub>4</sub>	0,58
N-NH <sub>4</sub>	0,45
NO <sub>3</sub>	27,9
N-NO <sub>3</sub>	6,30
N <sub>t</sub>	7,95
P <sub>t</sub>	0,24
PO <sub>4</sub>	0,25
P-PO <sub>4</sub>	0,08

Tabla 8. Parámetros de vertido

Además de esos parámetros el agua tratada en el terciario debe cumplir estos parámetros adicionales:

Turbidez:	NTU	< 2
E Coli:	NMP/100ml	< 2,2
Nematodos intestinales:	huevo/100ml	< 1
Reducción contaminación orgánica persistente media >95%		

Tabla 9: Parámetros microbiológicos

## 8.- DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES

A continuación se describe el proceso de la nueva EDAR a situar en La China. Se señala que el dimensionamiento se hace de forma que pueda tratar los caudales en tiempo seco y que adicionalmente trate los caudales almacenados en el tanque de La China

De forma que el tratamiento del agua almacenada en ellos después de un episodio de lluvias alcance el mismo grado de calidad que las aguas tratadas en tiempo seco y todo ello sin dejar de tratar el caudal diario que llega por el colector Sur.

De acuerdo al criterio anterior los caudales de diseño se han denominado Normal y de Vaciado:

<b>NORMAL</b> , equivalente al caudal medio en tiempo seco:	<b>1,50 m<sup>3</sup>/s</b>
<b>VACIADO</b> : Permite tratar de forma completa las aguas retenidas en el tanque en un plazo máximo de 3 días sin dejar de atender la curva diaria de influente en la EDAR.	<b>2,00 m<sup>3</sup>/s</b>

La EDAR debe poder trabajar a tiempo completo con el caudal denominado “VACIADO”

La EDAR La China forma parte de un conjunto formado por tres EDAR: La China, Butarque y Sur. En las tablas se adjuntan los caudales de diseño y las cargas de entrada de las tres plantas resultantes del estudio de caudales y cargas contaminantes:

EDAR		LA CHINA	BUTARQUE (*)	SUR
TIPO DE PROCESO DE DEPURACIÓN		Biofiltración	Biorreactores de membranas (MBR)	Fangos activos
<b>CAUDALES DE LLEGADA</b>				
<b>Caudal medio diario:</b>	<b>m<sup>3</sup>/s</b>	<b>1,5</b>	<b>2,0</b>	<b>3,0</b>
	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	<i>5.400</i>	<i>7.200</i>	<i>10.800</i>
	<i>m<sup>3</sup>/día</i>	<i>129.600</i>	<i>172.800</i>	<i>259.200</i>
<b>Caudal de vaciado (**):</b>	<b>m<sup>3</sup>/s</b>	<b>2,0</b>	<b>3,5</b>	<b>5,0</b>
	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	<i>7.200</i>	<i>12.600</i>	<i>18.000</i>
	<i>m<sup>3</sup>/día</i>	<i>172.800</i>	<i>302.400</i>	<i>432.000</i>
<b>Caudal máximo a pretratamiento:</b>	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	<i>2,0</i>	<i>10,5</i>	<i>30,0</i>
	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	<i>7.200</i>	<i>37.800</i>	<i>108.000</i>
<b>Caudal máximo a tratamiento primario:</b>	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	<i>2,0</i>	<i>7,5</i>	<i>14,0</i>
	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	<i>7.200</i>	<i>27.000</i>	<i>50.400</i>

Notas:

(\*) Se mantiene el pretratamiento y tratamiento primario de Butarque con sus caudales de diseño

(\*\*) Se denomina caudal de vaciado: Es la suma del caudal punta y el que permite vaciar los tanques de tormenta asociados en los tiempos especificados



EDAR		LA CHINA	BUTARQUE (*)	SUR	
TIPO DE PROCESO DE DEPURACIÓN		Biofiltración	Biorreactores de membranas (MBR)	Fangos activos	
<b>CONCENTRACIONES Y CARGAS CONTAMINANTES DE ENTRADA</b>					
	DBO <sub>5</sub>	<i>mg/l</i>	450,0	390,0	450,0
	DQO	<i>mg/l</i>	780,0	950,0	780,0
	SS	<i>mg/l</i>	384,0	425,0	384,0
	Nt	<i>mg/l</i>	76,6	75,0	76,6
	Pt	<i>mg/l</i>	9,5	8,5	9,5

Todas las láminas de agua de todos los elementos se encontraran en cámaras cerradas de hormigón armado o cubiertas con superficies de PRFV o similares que a su vez se encuentran dentro de edificios cerrados.

Este esquema permite optimizar la desodorización al actuar de forma diferenciada en los espacios confinados y en los generales del edificio. Este planteamiento junto con la utilización de equipos de desodorización avanzados permite reducir el nivel de olores al mínimo.

## 8.1.- LÍNEA DE AGUA

A continuación se describe el proceso de tratamiento del agua.

### 8.1.1.- Pretratamiento

**CANAL DE DESVIO.** Conduce el agua desde la entrada del colector de La China en la parcela hasta el edificio de pretratamiento. De hormigón armado, de 2,5 m de ancho y 3,15 de calado, cubierto y desodorizado.

**BYPASS GENERAL.** Se mantiene el bypass general de la planta actual situado unos metros después del punto de conexión de la entrada en planta con el canal de desvío. Se revisará y se repararán los desperfectos en la obra civil compuertas de cierre. Este bypass se conecta al colector Sur por lo que el agua que se alivie sería tratada en la EDAR SUR.

El tramo del canal de entrada que se mantiene estará cubierto y desodorizado.

#### 8.1.1.1.- EDIFICIO DE PRETRATAMIENTO

Este edificio contiene los pozos de gruesos, canales de desbaste, desarenadores-desengrasadores, recogida y compactación de residuos, arena y grasa, elevación a primarios, contenedores y espacios para instalar los equipos auxiliares y salas de cuadros eléctricos correspondientes.

Estará totalmente desodorizado. Forma un conjunto con el edificio de primarios que se describe en el próximo apartado.

**POZOS DE GRUESOS:** Se proyectan dos pozos de gruesos de 6 x 5,50 m y 3,60 m de altura recta total del agua. Cada uno de ellos dispone de compuertas en entrada y salida





de forma que se puede aislar para mantenimiento y limpieza. Están dotados de retirada de residuos mediante cuchara bivalva y contenedores.

**CANALES DE DESBASTE:** Parten de las salidas de los pozos de gruesos. En ellos se implantan las rejillas de gruesos y los tamices. Se proyectan cuatro canales de 1,10 m de ancho y 15,9 m de largo. Cada uno de ellos dispone de:

- 1 rejilla automática de 30 mm, ancho de 71 cm, superficie útil de 0,89 m<sup>2</sup> y descarga en tornillo transportador.
- 1 tamiz de escalera de 3 mm. ancho útil de 50 cm, superficie útil de 0,50 m<sup>2</sup> y descarga en tornillo transportador.
- 2 Tornillos transportadores cerrados (uno por rejillas y otro por tamices).
- 2 prensas de residuos (una para las rejillas y otra para los tamices).

Cada canal y cada equipo se pueden aislar mediante compuertas automáticas. Los residuos se extraen mediante tornillos de transporte perpendiculares a los canales que llevan los residuos a sendas prensas de residuos desde donde se depositan en contenedores cerrados.

**DESARENADO-DESENGRASADO:** Cuatro equipos de desarenado/desengrasado de 22,0 m de ancho y 5,20 m de calado útil. Se conectan mediante compuertas al canal de reparto situado entre los canales de desbaste y los desarenadores. Las dimensiones unitarias son:

Largo:	22,00 m
ancho total:	5,00 m
altura líquida total:	5,20 m
Superficie unitaria:	110,00 m <sup>2</sup>
Superficie de circulación unitaria:	17,22 m <sup>2</sup>
Volumen unitario:	378,84 m <sup>3</sup>

La aireación para desmenuamiento de grasas y concentración de arenas se efectúa por sendas parrillas de difusores alimentados por 4+1 soplantes de 550 Nm<sup>3</sup>/h.

Se aíslan mediante compuertas motorizadas. Las arenas se extraen mediante una bomba de extracción de arena situada en sendos puentes móviles. Las grasas se extraen en cuatro canales de recogida.

Ambos residuos se concentran en sendos equipos y se depositan en contenedores cerrados.

**ELEVACIÓN A DECANTACIÓN LAMELAR:** El agua que ha pasado por los desarenadores se concentra en un canal y mediante un bombeo formado por (4+1) bombas centrífugas sumergidas de 700 l/s se eleva al canal de reparto de la decantación primaria.

### 8.1.2.- Decantación lamelar.

Se encuentra en un edificio unido al de pretratamiento con el que comparte el sistema de desodorización. La decantación primaria se realiza en 5 equipos de decantación lamelar dotados de recirculación de fangos y dosificación de coagulantes y floculantes.



El caudal punta conjunto es de 7.200 m<sup>3</sup>/h y el medio de 5.400 m<sup>3</sup>/h.

Cada decantador está formado por un conjunto de:

- 1 Cámara de coagulación de 3,00x5,20 m de base y 6,60 m de altura útil con un agitador vertical de 5,5 kW. Se dosifica policloruro de aluminio.
- 1 Cámara de floculación de 4,90x5,50 m de base y 6,60 m de altura útil con un agitador vertical de 1,5 kW. Se dosifica polielectrolito aniónico.
- 1 Decantador lamelar de forma cuadrada y lamelas tubulares hexagonales de 12x12 m y 5,40 m de altura útil. Disponen de sistema de purga de fango y recirculación de los mismos a la cámara de coagulación. Los fangos purgados se recogen en una arqueta para su bombeo al depósito de regulación de fangos primarios.

El policloruro de aluminio se almacena en 4 depósitos de 26.500 l. El polielectrolito aniónico se almacena en palés dentro del edificio para su preparación y dosificación en dos equipos de preparación de polielectrolito.

El agua pretratada se eleva al Biofiltro mediante un bombeo de (4+1) bombas de 700 l/s situadas en un pozo de bombeo conectado con el canal de salida de los decantadores.

Entre el bloque de decantadores y la cámara de bombeo hay una arqueta conectada a los canales de entrada y salida, de esta arqueta parte un tubo Ø1.200 de acero de 82 m de longitud que vierte al colector Sur a modo de by-pass del tratamiento biológico. La conexión entre esta arqueta y el canal de entrada a los lamelares permite a su vez realizar un by-pass completo al primario.

### 8.1.3.- Biofiltro

Un Biofiltro se compone de un lecho de pequeñas bolas flotantes de poliestireno, retenido por un falso techo y aireado por una parrilla situada en el fondo de las celdas.

La alimentación se realiza a través de una cámara de mantenimiento de presión alimentada por la impulsión proveniente del edificio de decantación primaria. A partir de ese punto el proceso se desarrolla por gravedad.

El Biofiltro está formado por las siguientes partes:

#### 8.1.3.1.- *Etapa 1: Biofiltración con predesnitrificación (PreDN)*

Formado por 14 celdas de 16,7x10,34 m con un volumen unitario de 604 m<sup>3</sup> y una superficie total de 2.417 m<sup>2</sup> con una altura de material filtrante de 3,50 m. El material filtrante lo componen esferas de poliestireno de 5 mm de tamaño medio.

Se realiza un lavado diario de 15 minutos por celda requiriendo un caudal de 6.044 m<sup>3</sup>/h.

#### 8.1.3.2.- *Etapa 2: Biofiltración con nitrificación (N) en celdas aerobias.*

Formada por 20 celdas de 17,30 x 12,46 m con un volumen unitario de 754 m<sup>3</sup> y una superficie total de 4.306m<sup>2</sup> con una altura de material filtrante de 3,50 m. El material filtrante en este caso son esferas de poliestireno de 4 mm de tamaño medio.

Se realiza un lavado diario de 15 minutos por celda requiriendo un caudal de 7.536 m<sup>3</sup>/h.



Se implanta una recirculación entre las zonas N y PreDN formada por 5+1 bombas sumergibles de 2.309 m<sup>3</sup>/h.

#### *8.1.3.3.- Etapa 3: Biofiltración con postdesnitrificación (PostDN) en celdas anóxicas con dosificación de metanol.*

Formada por 4 celdas de 10,67 x 10,34 m. con un volumen unitario de 548 m<sup>3</sup> y una superficie total de 691 m<sup>2</sup> con una altura de material filtrante de 3,00 m. El material filtrante de esta etapa son esferas de poliestireno de 4,5 mm de tamaño medio.

Se realiza un lavado diario de 15 minutos por celda requiriendo un caudal de 5.180 m<sup>3</sup>/h.

Para permitir una correcta desnitrificación se dosifica metanol como fuente de materia carbonosa. Se prevé un consumo diario medio de 9.591 kg/día. Para ello se instalan 6 depósitos de 26.500 litros y los equipos auxiliares de carga de depósitos y dosificación.

#### *8.1.3.4.- Depósito de agua de lavado*

El agua de los lavados de las tres zonas se concentra en depósito situado en la zona central bajo los biofiltros de 5.372 m<sup>3</sup>. En él está situado el bombeo de fangos en exceso.

El caudal medio diario es de 3.719 m<sup>3</sup>/d.

#### *8.1.3.5.- Bombeo de fangos en exceso*

El fango en exceso, procedente de los lavados de las celdas y acumulado en el depósito de agua de lavado, se bombea al depósito regulador de fangos biológicos para su impulsión a la EDAR Sur para su tratamiento.

### *8.1.4.- Descripción de la Biofiltración*

A continuación se describe el proceso de tratamiento biológico mediante Biofiltros.

#### *8.1.4.1.- Celdas del Biofiltro PreDN*

El agua procedente de la decantación primaria se distribuye a las celdas filtrantes a través del canal de entrada. El agua bruta se distribuye a las celdas a través de las tuberías de entrada por gravedad desde la cámara de mantenimiento de presión.

Cada tubería está equipada con válvula de control y caudalímetro para asegurar un buen reparto del agua entre las celdas. En el canal de entrada, el agua bruta se mezclará con el efluente recirculado desde la etapa N, bombeado desde las celdas de nitrificación. Estas celdas carecen de aireación para que en el ambiente anóxico se produzca la desnitrificación.

Desde la tubería de entrada a cada filtro el agua entra por la parte inferior a través de un tubo de distribución con orificios. Desde aquí, se distribuirá por gravedad en flujo ascendente y se filtrará a través del medio filtrante situado en la parte superior. La masa filtrante está retenida por un techo dotado de boquillas para el paso del agua filtrada que se acumula en la parte superior. Esta disposición ejerce de tapón al paso de olores de la zona de filtración al exterior.

Para completar la eliminación de nitrógeno, los nitratos producidos en el Biofiltro N deben

convertirse en nitrógeno libre. Este proceso se llama desnitrificación y es llevado a cabo por bacterias que utilizan el carbono fácilmente degradable como fuente de energía y carbono. El Biofiltro PreDN utiliza el carbón fácilmente degradable del agua influente.

El agua procedente del tratamiento primario y del efluente del tratamiento de agua de lavado del Biofiltro, junto con el caudal rico en nitratos que se recircula desde el Biofiltro N, entra en las celdas PreDN. Aquí, las bacterias unidas al medio forman un biofilm que cubre la superficie del medio con una capa de un grosor aproximado de 100  $\mu\text{m}$ , y es donde el nitrato se convierte en nitrógeno libre.

#### 8.1.4.2.- Celdas del Biofiltro N

El agua procedente de las celdas PreDN, será distribuida a las celdas denominadas N a través del canal de entrada. El agua bruta se distribuye a las celdas a través de las tuberías de entrada. Cada tubería está equipada con válvula de control y caudalímetro para asegurar un buen reparto del agua entre las celdas.

Desde la tubería de entrada, el agua entra en el filtro por la parte inferior a través de un canal de distribución con orificios. Desde aquí, se distribuirá por gravedad en flujo ascendente y se filtrará a través del medio filtrante al igual que en la celdas PreDN.

El efluente del Biofiltro PreDN entra en las celdas N. Aquí, las bacterias unidas al medio forman un biofilm que cubre la superficie del medio con una capa de un grosor aproximado de 100  $\mu\text{m}$  donde tiene lugar la eliminación de compuestos orgánicos y nitrógeno. Es necesaria la toma de oxígeno para que este proceso tenga lugar.

El oxígeno se introduce con el aire proveniente de una parrilla de aireación situada en el fondo del filtro. La parrilla consiste en un conjunto de tuberías en acero inoxidable con orificios (agujeros de 3 mm) distribuidas sobre la superficie del filtro. El aire que sale de los orificios lleva oxígeno a las bacterias situadas en el biofilm. En esta zona aerobia, diferentes grupos de bacterias utilizan el oxígeno y la materia orgánica para formar biomasa (fango) y utilizan el amonio ( $\text{NH}_4$ ) junto con carbono inorgánico ( $\text{HCO}_3$ ) y oxígeno para formar biomasa y nitratos ( $\text{NO}_3$ ). El agua tratada abandona la celda a través del falso techo. Para eliminar este nitrato, una cantidad de agua de hasta dos veces el caudal de entrada, se recircula al canal de entrada de la etapa 1 (PreDN).

#### 8.1.4.3.- Celdas Biofiltro PostDN

Parte del agua procedente de las celdas Biofiltro N pasará al canal de entrada de las celdas Biofiltro PostDN desde donde se distribuirá en las celdas a través de las tuberías de entrada. Las tuberías de entrada están equipadas con válvula de control y caudalímetro. Esto garantizará una distribución uniforme del agua entre las celdas y asegurará una entrada baja de oxígeno, lo que reducirá al mínimo el consumo de metanol.

Desde la tubería de entrada, el agua entra en el filtro por la parte inferior a través de un canal de distribución con orificios. Desde aquí, circulará por gravedad en flujo ascendente y se filtrará a través del medio filtrante. Otra parte del agua procedente del Biofiltro N puede by-pasear las celdas PostDN. Esto se controla automáticamente con mediciones de nitrógeno y con control de caudal del agua a las celdas.



Para completar la eliminación de nitrógeno al nivel fijado en las especificaciones el nitrato restante que sale del Biofiltro N tiene que convertirse en nitrógeno libre mediante el mismo proceso de desnitrificación que se produce en las celdas PreDN. En estas celdas es necesario aportar una fuente de carbono de origen orgánico (metanol) para mantener la adecuada proporción entre materia carbonosa y nitrógeno a eliminar.

#### *8.1.4.4.- Dosificación de metanol*

Como se ha descrito anteriormente la post-desnitrificación necesitará una dosificación de una fuente externa de carbono. En este caso se ha considerado la utilización de METANOL. La dosificación necesaria será 3,0/3,5 kg de metanol por kilo de nitrógeno en forma de nitrato ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) eliminado.

Para asegurar una dosificación óptima y una calidad en la salida, el metanol se dosificará según la señal de sendos medidores de nitrato situados en la entrada y la salida de las celdas Biofiltro PostDN.

#### *8.1.4.5.- Medio filtrante*

El medio está compuesto por esferas de poliestireno de peso específico de 50  $\text{kg/m}^3$ . Este medio ha sido especialmente diseñado para agua residual con alto contenido de DQO soluble.

#### *8.1.4.6.- Boquillas – Falso techo*

El agua limpia saldrá de la celda a través del falso techo que mantiene el medio filtrante en su sitio. Este falso techo está compuesto por un número de placas prefabricadas con boquillas, realizadas en hormigón armado. Estas boquillas se enroscan en los insertos embebidos en el hormigón. Las boquillas están hechas de polipropileno y se enroscan en los orificios desde la parte superior de la placa. De este modo, cada boquilla puede cambiarse sin necesidad de vaciar el medio de las celdas.

#### *8.1.4.7.- Almacenamiento del agua de contralavado*

El agua limpia necesaria para el contralavado se almacenará sobre el falso techo. Con el fin de tener suficiente agua para el contralavado, todas las celdas están conectadas hidráulicamente a través del canal de agua filtrada, donde el agua limpia fluye a través de aberturas en la pared de celdas. La salida de este canal se realiza por un vertedero que alimenta a la tubería de salida.

#### *8.1.4.8.- Contralavado*

Como las celdas filtrantes se van ensuciando gradualmente, unas válvulas de apertura automática situadas en la base del filtro garantizan el contralavado del filtro mediante enjuagues por gravedad.

Existen válvulas manuales y automáticas situadas en las tuberías comunes de agua de lavado, una de cada tipo por cada tren de celdas, que fijarán la velocidad del agua de contralavado. Estas tuberías conducen el agua de lavado hasta el tanque de almacenamiento de agua de lavado común.



El agua de este tanque será bombeada a una planta de tratamiento con dosificación de químicos y decantación lamelar, dispuesta para este propósito. Un ciclo de contralavado consiste en un contralavado completo con fases sucesivas de agua y de aire, así como lavados simples (fase de agua solo).

#### 8.1.4.9.- Estudio de olores

El biofiltro proyectado se trata de una instalación limpia, sin malos olores debido a que el agua tratada se almacena en la superficie del filtro creando un tapón sobre la zona de reacción que evita el escape de olores. Además todos los espacios confinados y generales del sistema están cerrados y sometidos a un sistema de desodorización.

#### 8.1.5.- Tratamiento terciario

Esta fase del proceso tiene dos funciones:

- Eliminar el fósforo del efluente hasta el límite especificado en los parámetros de salida.
- Filtrar y desinfectar el agua tratada hasta alcanzar el nivel de agua regenerada para riego de parques que se ha determinado (Calidad 1.2 del RD 1620/2007).

La instalación se ha situado en paralelo al emisario que conecta el Biofiltro con el cauce de forma que se puede tratar el 100% del caudal y a su vez utilizar el emisario como by-pass si resultase necesario.

Todo el proceso está contenido en un edificio. Consta de los siguientes equipamientos:

**BOMBEO DE ELEVACIÓN.** Desde la arqueta de entrada al terciario situada en el emisario hasta el canal de reparto de los decantadores lamelares: 2+1 bombas de 3.600 m<sup>3</sup>/h.

**TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO.** Se realiza en 2 equipos de decantación lamelar lastrada dotados de recirculación de micro sílice de fangos y dosificación de coagulantes y floculantes situados en paralelo alimentados por un canal al que vierte el bombeo de elevación desde la arqueta de entrada.

Se ha incluido en los decantadores la posibilidad de utilizar microsílíce como material de lastrado y reforzar su capacidad si fuese necesario. La utilización de esta microsílíce se considera como un elemento auxiliar de seguridad, el equipo está dimensionado para trabajar sin requerir de su aportación.

Cada equipo está formado por:

- 1 Cámara de coagulación de 3,90x5,20 m de base y 6,60 m de altura útil con 1 agitador de 5,5 kW con dosificación de Policloruro de Aluminio (PAC).
- 1 Cámara de floculación de 5,50x5,50 m<sup>2</sup> de base y 6,60 m de altura útil con 1 agitador de 1,5 kW con dosificación de Polielectrolito aniónico.
- 1 Decantador lamelar de forma cuadrada y lamelas tubulares hexagonales de 9,50x9,50 m y 5,40 m de altura útil.
- 1 equipo de separación de arena de las purgas mediante hidrociclones para su reutilización.



El PAC se almacena en 4 depósitos de 26.500 l. El polielectrolito aniónico y la microsílíce se almacena en palés en el interior edificio para su preparación y dosificación.

La salida de la línea de decantación está conectada a la línea de filtración mediante un canal de reparto que une los decantadores lamelares.

**FILTRACIÓN.** Se realiza en 6 equipos de filtración textil por discos rotativos.. Cada filtro está contenido en un tanque que se puede aislar mediante compuertas para los trabajos de mantenimiento y limpiezas periódicas.

Cada filtro tiene una capacidad de 1440 m<sup>3</sup>/h. Está formado por 32 discos de 2,075 m de diámetro y un área de filtrado efectiva por filtro de 150 m<sup>2</sup>. El grado de filtración es de 10 micras.

Las purgas de los filtros textiles se unen a las de los decantadores lamelares en una arqueta para su impulsión al depósito de regulación de fangos primarios para su transporte mediante tubería hasta la EDAR SUR.

**DESINFECCIÓN AVANZADA.** Consta de dos fases:

- **DOSIFICACIÓN DE PERÓXIDO DE HIDROGENO.** Se adiciona en la salida de la filtración textil mediante 3 bombas dosificadoras de membrana de 15 l/h. El reactivo se almacena en un depósito de 26.500 l. Se prevé un consumo de peróxido diario de 523 l/día.
- **DESINFECCIÓN MEDIANTE ULTRAVIOLETA.** El sistema UV se instalará en 2 canales abiertos de 9.3 m de largo, 1,7 de ancho y 2,4 de profundidad.

Estarán situados a continuación de la filtración textil con capacidad para tratar un caudal punta 7.200 m<sup>3</sup>/h y mínimo de 2 500 m<sup>3</sup>/h. La cantidad máxima admisible de sólidos totales en suspensión resulta 5 mg/l . Cada canal está dotado de 3 bancadas de 24 lámparas.

## 8.2.- LÍNEA DE FANGOS

La EDAR carece de línea de fangos. La solución planteada es la de bombear los fangos generados a la EDAR Sur situada aguas abajo mediante una impulsión para su tratamiento conjunto con los de las otras dos plantas. Para ello los fangos se almacenan y bombean de forma diferenciada mediante una instalación formada por:

### DEPÓSITOS DE REGULACIÓN.

Se trata de un depósito de hormigón arado enterrado y desodorizado compuesto por dos cuerpos independientes y sin conexión entre ellos.

- Los fangos primarios producidos en la decantación lamelar y en el tratamiento terciario se transportan a uno de los cuerpos de 792 m<sup>3</sup>.
- Los fangos biológicos producidos en el Biofiltro se transportan al otro cuerpo, de 1.246 m<sup>3</sup> y contiguo al anterior.

### BOMBEOS



En cada depósito hay un bombeo para impulsar sus respectivos fangos. Las cámaras de bombas se encuentran en una sala cerrada y desodorizada anexa a los depósitos. Forma un conjunto totalmente cerrado para evitar olores al exterior. Las características de los bombeos son:

- Bombeo de fangos primarios y terciarios: 1+1 bombas de 4 kW y una impulsión de Ø400 PEAD16 y 4.420 m.
- Bombeo de fangos biológicos: 1+1 bombas de 4 kW y una impulsión de Ø400 PEAD16 y 4.420 m.

Además, en paralelo con los otros dos tubos de proyecta un tubo de reserva para averías y mantenimientos de Ø500 PEAD16 de 4.323 m. Este tubo está conectado a los otros dos en la salida y en la llegada de la impulsión mediante sendos juegos de válvulas de forma que se puede enviar cualquiera de los dos tipos de fangos por cualquier de los tubos e incluso enviar los dos fangos mezclados por el tubo de reserva si fuese necesario.

Los tres tubos discurrirán en paralelo y en zanja a una profundidad mínima en la clave del tubo de mayor diámetro de 1 m. En el primer tramo de la impulsión las tres conducciones deben cruzar mediante hincas los tres ramales del nudo de carreteras de la intersección de la M40 y la A-4 (Nudo Supersur). Las hincas tienen una longitud de 50, 145 y 50 m respectivamente y en cada caso se hincarán tres tubos (uno por cada colector de fangos). Las camisas y las condiciones de las hincas se ejecutarán siguiendo las indicaciones de Carreteras (Ministerios de Fomento).

El destino de los fangos es la EDAR SUR situada a unos 9.000 m aguas abajo. El transporte se hace en dos tramos. En el primero, mediante las impulsiones descritas, se transportan a una instalación similar situada en la EDAR Butarque y desde allí se impulsan a Sur mezclados con los producidos en la EDAR Butarque. De esta forma se evita cualquier manipulación de los fangos líquidos y se evitan cualquier emisión de olor,

Se señala que la cota del punto de llegada en Butarque está 16 m más baja que el punto de salida por lo que no hay desniveles que salvar. Las conducciones a lo largo de su trazado tendrán ventosas en los puntos alto y puntos de conexión a equipos de succión y limpieza en los puntos bajos para poder proceder a limpiezas y mantenimientos. La impulsión no tiene puntos de descarga en su trazado por la naturaleza del material que transporta.

### 8.3.- DESODORIZACIÓN

Para el diseño de la desodorización se ha proyectado el confinamiento de las distintas unidades de proceso que se encuentran dentro de los edificios de pretratamiento, primario, biofiltro, terciario y bombeo de fangos mediante cubiertas localizadas.

Todos los edificios disponen de extracción y tratamiento del volumen total de aire alojado para evitar la dispersión de posibles fugas. Se incluyen también los canales de entrada y los depósitos de fangos.

Con este planteamiento se logra optimizar el caudal de aire a tratar y se consigue la máxima eficiencia de todas las unidades de desodorización. Como ventajas adicionales



de este diseño se tiene la gran reducción de las emisiones de olor en los distintos ambientes de trabajo dentro de los edificios, mejorando sustancialmente las condiciones de trabajo del personal de explotación en cuanto a seguridad, salubridad y confort.

El sistema de desodorización está formado por una serie de equipos de desodorización por vía biológica o BIOTRICKLING DE 100.000 m<sup>3</sup>/h cada uno de ellos formado por:

- Dos (2) torres de contacto.
- Un (1) ventilador centrífugo de caudal total de tratamiento 100.000 m<sup>3</sup>/h, con una presión de 225 mm.c.a. y 65 kW de potencia.
- Dos (2) bombas de recirculación de 100,00 m<sup>3</sup>/h de caudal unitario.
- Almacenamiento en dos depósitos de 1.000 litros de nutrientes, con sus correspondientes bombas de dosificación.

La distribución de equipos resulta como sigue:

EDIFICIO	Nº EQUIPOS
OBRA DE ENTRADA	
EDIFICIO DE PRETRATAMIENTO	2
EDIFICIO DE LAMELARES	
EDIFICIO DE BIOFILTROS	4
TERCIARIO	
DEPÓSITO Y BOMBEO DE FANGOS	1

#### 8.4.- DEPÓSITO DE AGUA REGENERADA

A la salida del tratamiento terciario se implanta un nuevo depósito de almacenamiento de agua regenerada, en sustitución del actual, de 10.000 m<sup>3</sup>. Se proyecta un depósito enterrado de hormigón armado con entrada desde el emisario de salida de la planta.

El depósito se llena por gravedad a partir de este emisario y se vacía mediante un bombeo situado en el edificio contiguo desde el cual se realiza la conexión a la red de agua regenerada del Ayuntamiento de Madrid.

#### 8.5.- DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Se ha comprobado que la acometida y centros de transformación actuales que suministran a la EDAR de La China disponen de margen suficiente de potencia para la nueva planta. Tan sólo se realizarán las renovaciones de los equipos que se considere en el momento de redactar el proyecto constructivo.

Se dispondrá de una línea principal desde el CT que conecte los CCM en donde se conectarán los cuadros de todo el equipamiento, el suministro de los edificios y la red de alumbrado.

CT	ACTUAL
CCM1	PRETRATAMIENTO
CCM2	BIOFILTRO
CCM3	TERCIARIO
CCM4	BOMBEO DE FANGOS

### 8.5.1.- Potencia

La potencia absorbida por la planta de acuerdo al proceso descrito resulta:

EDAR LA CHINA					
<b>2. PRETRATAMIENTO</b>					
<b>2.2.1 OBRA DE LLEGADA</b>					
Compuertas		2	2	0,5 kW	1,0 kW
<b>pozos de gruesos</b>					
compuertas		4	4	0,5 kW	2,0 kW
Cuchara bivalva		1	1	0,3 kW	0,3 kW
Puente grúa		1	1	6,0 kW	6,0 kW
<b>2.2.2 PREDESBASTE</b>					
<b>2.2.3 SEPARACIÓN DE GRUESOS</b>					
Tipo de reja:	Automática	4	4	2,5 kW	10,0 kW
compuertas		8	8	0,5 kW	4,0 kW
Sistema de evacuación de residuos:	Tornillo transportador	2	2	3,0 kW	6,0 kW
Descarga de sólidos:	prensa de residuos	2	2	5,5 kW	11,0 kW
<b>2.2.4 SEPARACIÓN DE FINOS</b>					
Tipo de reja:	Tamiz autolimpiable	4	4	3,0 kW	12,0 kW
Compuerta motorizada		8	8	0,5 kW	4,0 kW
Sistema de evacuación de residuos:	Tornillo transportador	2	2	3,0 kW	6,0 kW
Sistema de prensado de residuos:	Prensa de residuos	2	2	5,5 kW	11,0 kW
<b>2.2.5 DESARENADO-DESENGRASADO</b>					
<b>Nuevo diseño desarenado-desengrasado</b>					
Tipo desarenador-desengrasador:	Rectangular aireado	4	4	2,5 kW	10,0 kW
Sistema de elevación :	Puente grúa.	2	2	5,0 kW	10,0 kW
Compuerta motorizada		8	8	0,5 kW	4,0 kW
<b>2.2.6 DESEMULSIÓN DE GRASAS</b>					
Sistema aportación aire:	Motosoplantes	5	4	100,0 kW	400,0 kW
<b>2.2.6 EXTRACCIÓN Y BOMBEO DE ARENAS</b>					
Sistema de extracción:	Bombas de arenas	4	4	2,0 kW	8,0 kW
<b>2.2.7 LAVADO DE ARENAS</b>					
Nº de clasificadores:		1	1	0,8 kW	0,8 kW
<b>2.2.8 EXTRACCIÓN Y SEPARACIÓN DE GRASAS</b>					
<b>Extracción y separación de grasas existente</b>					
Nº de concentradores:	Concentrador de grasas	1	1	5,0 kW	5,0 kW
<b>2.2.9 ELEVACIÓN AGUA PRETRATADA</b>					
Tipo de bombas instaladas:	Bombas centrífugas sumergibles	5	4	35,0 kW	140,0 kW
Compuertas motorizadas		4	4	0,5 kW	2,0 kW
Sistema de elevación de bombas:	Puente grúa.	2	2	5,0 kW	10,0 kW
<b>3 TRATAMIENTO PRIMARIO</b>					
<b>3.1 NUEVO DISEÑO TRATAMIENTO PRIMARIO</b>					
Compuertas motorizadas		18	18	0,5 kW	9,0 kW
<b>3.2 CÁMARAS DE MEZCLA</b>					
agitadores		5	5	5,5 kW	27,5 kW

EDAR LA CHINA				
<b>3.3 CÁMARAS DE FLOCULACIÓN</b> agitadores	5	5	1,5 kW	7,5 kW
<b>3.4 DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS PAC (17% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b> Nº bombas dosificadoras instaladas:	12	12	0,2 kW	2,4 kW
<b>ALMACENAMIENTO DE PAC</b> Nº depósitos de almacenamiento:			0,5 kW	
<b>POLIELECTROLITO ANIÓNICO</b> Nº bombas dosificadoras instaladas:	2	2	1,0 kW	2,0 kW
<b>3.5. DECANTADORES LAMELARES</b> Nº de decantadores instalados:	3	3	15,0 kW	45,0 kW
lamelar con recirculación de fangos				
<b>Recirculación de fangos primarios</b> Nº de bombas	4	3	5,2 kW	15,6 kW
<b>Bombeo de fangos primarios</b> Nº de bombas	4	3	11,4 kW	34,2 kW
<b>3.8. ELEVACIÓN AGUA PRETRATADA</b> Nº de bombas instaladas:	5	4	35,0 kW	140,0 kW
Bombas centrífugas sumergibles				
<b>4. TRATAMIENTO BIOLÓGICO</b>				
<b>4.1. REACTOR BIOLÓGICO</b>				
<b>4.4. FILTROS BIOLÓGICOS PRE-DN</b> Bombas de lavado	3	2	10,0 kW	20,0 kW
<b>4.6. FILTROS BIOLÓGICOS N</b> bombas de lavado	3	2	10,0 kW	20,0 kW
<b>4.7. RECIRCULACIÓN DE AGUA TRATADA</b> Nº de bombas en servicio:	6	5	10,0 kW	50,0 kW
<b>4.9. FILTROS BIOLÓGICOS POST DN</b> Nº de bombas en servicio:	3	2	20,0 kW	40,0 kW
<b>AIREACIÓN DE FILTROS N</b> Soplantes	4	3	200,0 kW	600,0 kW
<b>Dosificación de metanol</b> Dosificadores	4	3	0,3 kW	0,9 kW
Trasiego	2	2	0,4 kW	0,8 kW
<b>4.14 BOMBEO FANGOS EN EXCESO</b> Nº unidades instaladas:	5	4	5,0 kW	20,0 kW
<b>2.7 TRATAMIENTO TERCIARIO</b>				
<b>2.7.2 IMPULSIÓN A TRATAMIENTO TERCIARIO</b> Nº de bombas instaladas:	3	2	86,4 kW	172,8 kW
<b>2.7.3 TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO</b>				
<b>2.7.3.2 CÁMARAS DE MEZCLA</b> Nº de agitadores por línea:	1	1	5,5 kW	5,5 kW
<b>2.7.3.3 CÁMARAS DE FLOCULACIÓN</b> Nº de agitadores por línea:	1	1	1,5 kW	1,5 kW
<b>5.3.4. DECANTADORES</b>				

EDAR LA CHINA				
<b>LAMELARES</b>				
Potencia absorbida	2	2	10,0 kW	20,0 kW
<b>2.7.3.4 DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS</b>				
Nº bombas dosificadoras instaladas:	12	10	0,3 kW	3,3 kW
<b>ALMACENAMIENTO DE PAC</b>				
Nº depósitos de almacenamiento:	4	4	0,2 kW	0,8 kW
<b>POLIELECTROLITO ANIÓNICO</b>				
Nº de equipos de preparación:	2	2	2,0 kW	4,0 kW
<b>2.7.4 FILTRACIÓN</b>				
Nº de filtros a instalar:	6	5	5,0 kW	25,0 kW
<b>2.7.6. DOSIFICACIÓN DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO</b>				
Nº de bombas dosificadoras:	3	3	0,3 kW	1,0 kW
<b>Almacenamiento</b>				
Nº de depósitos:	1	1	0,2 kW	0,2 kW
<b>5.6 DESINFECCIÓN MEDIANTE ULTRAVIOLETA</b>				
Nº total de lámparas:	144	144	0,3 kW	36,0 kW
<b>5.7 DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO DE AGUA REGENERADA</b>				
Bombeo de vaciado	2	2	5,0 kW	10,0 kW
<b>Iluminación y servicios</b>	1	1	400,0 kW	400,0 kW
<b>Desodorización</b>				
PRETRATAMIENTO+LAMELARES	2	2	30,0 kW	60,0 kW
TERCIARIO	1	1	30,0 kW	30,0 kW
BIOFILTRO	4	4	30,0 kW	120,0 kW
				2.588 kW
<b>COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD</b>		<i>0,85</i>	<b>2.200 kW</b>	

Así pues, la potencia absorbida resulta de 2.200 kW.

### 8.5.2.- Acometida eléctrica

La empresa distribuidora es UNIÓN FENOSA DISTRIBUCIÓN. La acometida es de su propiedad hasta los polos del seccionador general de la subestación de la EDAR. El último tramo de la acometida es aéreo, pero la mayor parte de la acometida fue soterrada con motivo de las obras de la "Caja Mágica".

Los derechos de acometida reconocidos actualmente por la distribuidora son de 3.200 kW. La subestación tiene una potencia instalada de 12.000 kVA.

Así pues, no es necesario modificar la acometida actual ni realizar otra nueva.



## 8.6.- INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN

La instalación de control será Sistema de Control Distribuido (DCS), basado en controladores lógicos. Por ello, toda la señalización eléctrica concurrirá en cuadros donde se puedan centralizar todas las señales necesarias para arrancar dicho sistema.

Existirá una red de fibra óptica que unirá todos los autómatas en un anillo redundante.

La instalación de control tendrá esta estructura:

### NIVEL DE SUPERVISIÓN - OPERACIÓN

- Una estación de operación para supervisión y operación de toda la planta. Contará con impresora de inyección para informes y matricial para alarmas.
- Un Sistema de Alimentación Ininterrumpida para emergencias en caso de caída de la tensión.
- El bus de comunicaciones entre estos puestos será del tipo Ethernet Ofimática.
- Un sistema videowall para visualización de la planta a gran escala situado en la sala de control.

### NIVEL DEL PROCESO

- Un controlador lógico (PLC), asociado a cada Centro de Control de Motores, para gestión de los equipos asociados a él.

PLC 00	SALA DE CONTROL
PLC 01	PRETRATAMIENTO
PLC 02	BIOFILTRO
PLC 03	TERCIARIO
PLC 04	BOMBEO DE FANGOS

- El bus de comunicación entre los procesadores y el nivel de supervisión será de tipo Ethernet Industrial y se ejecutará en fibra óptica.
- Los controladores lógicos estarán sobredimensionados para que sigan siendo válidos en ampliaciones o cambios de equipamiento futuros.

### NIVEL DE CAMPO

Cada PLC tendrá asociadas tantas estaciones remotas como sean necesarias. Cada estación remota se encargará de la adquisición de las señales de entrada y salida correspondientes.

El bus de comunicación entre los PLC y las estaciones remotas será de tipo Profibus, sobre fibra óptica, y totalmente redundante. Todas las estaciones remotas estarán sobredimensionadas con un 25 % más de las señales necesarias y con los bastidores de capacidad suficiente para asimilar las tarjetas a instalar en un futuro.

En la definición de las señales digitales y analógicas de los equipos, se seguirán los criterios siguientes:

- Motores con un solo sentido de giro.

- Dos entradas digitales para confirmación de marcha y aviso de desactivación del relé de vigilancia activa (disparo de protecciones).
- Una salida digital para orden de marcha.
- Tantas entradas digitales como sondas de protección incorporen el equipo.
- Motores con doble sentido de giro para válvulas o compuertas: dos entradas digitales para indicación de abierta o cerrada.
  - Dos entradas digitales para confirmación de abriendo o cerrando.
  - Una entrada digital para aviso de desactivación del relé de vigilancia activa (disparo de protecciones).
  - Si el motor, además del mando manual local, admite otra modalidad de funcionamiento, una entrada digital para indicación de activación de la misma.
  - Dos salidas digitales para órdenes de abrir y cerrar.
  - Tantas entradas digitales como sondas de protección incorporen el equipo.
- Motores regulados por variadores de frecuencia.
  - Dos entradas digitales para confirmación de marcha y aviso de desactivación del relé de vigilancia activa (disparo de protecciones).
  - Si el motor, además del mando manual local, admite otra modalidad de funcionamiento, una entrada digital para indicación de activación de la misma.
  - Una salida digital para orden de marcha.
  - Tantas entradas digitales como sondas de protección incorporen el equipo.
  - Una salida analógica para orden desde el variador de frecuencia.
- Electroválvulas.
  - Una salida digital para orden de activación.
  - Una entrada digital para indicación de estado.
- Instrumentación.
  - Una entrada digital para indicación de estado.
  - Una entrada analógica para recepción del valor medido.
- Equipos compactos con cuadro propio.
  - Tantas entradas digitales como procedan en cada caso; pero, como mínimo, una para confirmación de funcionamiento, más una de aviso de anomalía.

El sistema de control, así como la gestión general de las instalaciones, se realizará mediante esquemas realizados en una programación gráfica y orientada a objetos.

### **INSTRUMENTACIÓN.**

Asociado a la red de control se implantará un conjunto de elementos de medida que cubran todos los parámetros necesarios para controlar la EDAR.

- Estaciones automática de entrada y salida con medida en línea de DBO5, DQO, SS, N y P.
- Caudalímetros electromagnéticos.
- Caudalímetros por correlación ultrasónica para canales abiertos o tuberías semillenas.



- Caudalímetros ultrasónicos sobre vertedero.
- Medidores de caudal de tipo másico en conducciones de aire.
- Medidores de presión.
- Medidores de pH.
- Medidores de temperatura.
- Medidores de oxígeno disuelto.
- Medidores de potencial Redox.
- Medidores de nitrógeno, nitratos y amonio.
- Medidores de fosforo y fosfatos.
- Medidores másicos de fangos.
- Medidores de nivel tipo radar en depósitos de reactivos, arquetas y canales.

## 9.- GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

En el Anejo 5 se realiza un estudio detallado de la geología de la zona de las actuaciones así como de los aspectos geotécnicos más relevantes.

El objetivo es, a partir de la información recopilada de la zona, en conjunción con los nuevos datos obtenidos y recopilados, obtener un conocimiento preciso de los materiales afectados y de sus características y propiedades geotécnicas básicas, que ayuden a la toma de decisiones inicial, en cuanto a las cimentaciones especiales que se deberían adoptar, y al diseño de las infraestructuras que para la construcción del sistema se necesite ejecutar.

Geológicamente, la zona de ubicación de la EDAR de a China y de la conducción de fangos hasta la EDAR de Butarque, se encuadra dentro de la denominada Cuenca Terciaria del Tajo, y dentro de ella en la subcuenca conocida como Cuenca de Madrid.

Los materiales presentes se depositaron durante el Mioceno, pudiendo ser incluidos en la Unidad Inferior del Mioceno. En esta unidad, los sistemas deposicionales varían según la disposición de la zona dentro de la cuenca, identificándose grandes sistemas de abanicos aluviales en los bordes de cuenca con sedimentación mecánica de los materiales procedentes de la erosión de macizos ígneos y sistemas lacustres con sedimentación de tipo químico en el interior de la cuenca. A lo largo del trazado se atraviesan materiales de las facies intermedias y centrales (formación peñuelas y formación yesífera), aunque todos estos materiales están recubiertos por depósitos de origen aluvial o antrópico.

Los aspectos geomorfológicos más destacados son las superficies divisorias y las terrazas del Manzanares. El sistema morfogenético más importante es el fluvial, ya que es el río Manzanares de fondo plano, asimétrico y fuerte control estructural con dirección N -S, el que marca la morfología general de la zona. La escorrentía superficial produce acarreamiento en los taludes arenosos y acanaladura dendriforme en los arcillosos. El paisaje resulta una superficie alomada con amplias vaguadas y suaves laderas en las que se han constituido dos niveles de erosión distintos.

Hidrogeológicamente la zona de estudio pertenece a la Unidad Hidrogeológica 03.05 Madrid – Talavera, formando parte del Acuífero Detrítico Terciario de Madrid, el cual es un acuífero multicapas, constituido por una serie de niveles arenosos, más permeables, englobados en una masa arcillosa o arenarcillosa que funciona como un acuitardo, drenando agua muy lentamente a los niveles arenosos.

En lo referente a la sismicidad de la zona, según se indica en el mapa recogido en la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, la zona de estudio se ubica en un sector con aceleración sísmica básica inferior a 0,04 g, lo que implica valores de aceleración sísmica de cálculo inferiores a 0,052 g. En el apartado 1.2.3 de la Norma (criterios de aplicación), se indica que no es obligatoria la aplicación de esta Norma cuando la aceleración sísmica de cálculo sea inferior a 0,06 g, por lo que, aunque se tendrá en cuenta el efecto sísmico en el cálculo o diseño de las diferentes estructuras proyectadas, no es obligado normativamente.





## **10.- OTROS ASPECTOS DEL ESTUDIO**

### **10.1.- ACOMETIDAS DE SERVICIOS**

Las nuevas infraestructuras definidas en este estudio no necesitarán de ninguna acometida nueva de servicios. Se han revisado las acometidas actuales y sus características son válidas para la nueva planta diseñada.

### **10.2.- SEGURIDAD Y SALUD**

Las obras aquí definidas necesitan de un Estudio de Seguridad y Salud según lo dispuesto en Real Decreto 1627/1997, de 24 octubre por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, y en concreto de lo establecido en el Artículo 4: Obligatoriedad del Estudio de Seguridad y Salud:

El presupuesto de ejecución por contrata del proyecto es superior a 75 millones de pesetas (450.759,08 €).

La duración estimada de las obras es superior a 30 días laborales empleándose en algún momento más de 20 trabajadores simultáneamente.

El volumen de mano de obra estimado es superior a 500 días de trabajo.

Sin embargo, no se incluye el Estudio de Seguridad y Salud por no ser necesario para un Estudio Informativo pero sí que se incluye en el presupuesto una valoración aproximada del coste de los elementos para la Seguridad y Salud durante la construcción de las obras.

### **10.3.- RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN**

En el anejo 14 Residuos de construcción y demolición se incluye el estudio y la estimación de los residuos de construcción generados durante las obras.

La mayor cantidad de residuos se corresponde con las demoliciones, en este caso se obtienen 195.012,18 m<sup>3</sup> de residuos de demolición.

Estos materiales serán transportados a vertedero autorizado. En el Estudio de Impacto Ambiental se detallan los vertederos existentes en la zona.

### **10.4.- MEDIDAS CORRECTORAS**

En el anejo 11 Medidas correctoras contenidas en el Estudio de Impacto Ambiental se muestra el listado y la valoración de las medidas correctoras de acuerdo con el Estudio de impacto Ambiental que acompaña a este Estudio Informativo.

### **10.5.- SERVICIOS AFECTADOS**

En el anejo 13 Servicios afectados y acometidas de servicios se realiza una relación de los servicios de terceros que pueden verse afectado por las obras y cuya reposición ha sido debidamente valorada en el presupuesto final de las obras. Estos servicios afectados se producen por la canalización del bombeo de fangos a la EDAR de Butarque.



### 10.6.- TERRENOS AFECTADOS

En el anejo 12 Parcelario y terrenos afectados se indican los terrenos que se van a ver afectados por la ejecución de las obras descrita en este estudio. Las únicas parcelas afectadas a parte de la propia de la EDAR son las parcelas por las que pasa el bombeo de fangos a la EDAR de Butarque.

### 10.7.- INUNDABILIDAD

En el Anejo 6 Inundabilidad e hidrología se analiza la afección a las zonas inundables, Zona de Flujo Preferente y zona de DPH de las nuevas infraestructuras. La nueva planta propuesta no aumenta la afección a estas zonas respecto a la situación actual.

- Parte de las infraestructuras de la EDAR se encuentran en la zona inundable del cauce.
- No existe afección a la Zona de Flujo Preferente en la EDAR
- Parte de las infraestructuras de la EDAR se encuentran dentro de la Zona de Policía aunque no se trata de infraestructuras de depuración sino auxiliares (aparcamientos, edificaciones para el personal, almacenes, etc.).
- En lo referente a la canalización del bombeo de fagos a la EDAR de Butarque
  - Está en zona inundable en parte de su trazado.
  - Afecta a la ZFP en su tramo final, en una longitud aproximada de 800 m.
  - Está en Zona de Policía en parte de su trazado.
  - Afecta al DPH únicamente el cruce del cauce final previo a su llegada a la EDAR de Butarque.



## 11.- VALORACIÓN ESTIMADA

El coste total de las obras definidas en el Estudio informativos se indica en las siguientes tablas.

<b>RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO</b>		
1	Colectores	1.842.248,29 €
1.1	Obra civil	1.842.248,29 €
2	EDAR	112.235.255,47 €
2.1	Obra civil	20.141.629,80 €
2.2	Urbanización	9.127.202,23 €
2.3	Equipos	43.248.815,80 €
2.4	Edificación	28.328.843,00 €
2.5	Electricidad e instrumentación	11.388.764,64 €
3	Gestión de residuos	1.715.362,08 €
4	Otros	8.820.906,96 €
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>124.613.772,80 €</b>

Asciende el presupuesto de ejecución material a la cantidad de CIENTO VEINTICUATRO MILLONES SEISCIENTOS TRECE MIL SETECIENTOS SETENTA Y DOS EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS (124.613.772,80 €)

<b>RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>		
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>124.613.772,80 €</b>
Gastos generales	13,00%	16.199.790,46 €
Beneficio industrial	6,00%	7.476.826,37 €
Suma		148.290.389,63 €
IVA	21,00%	31.140.981,82 €
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>		<b>179.431.371,45 €</b>

Aplicando los porcentajes de Gastos Generales (13%), del Beneficio Industrial (6%) y el IVA (21 %) asciende el presupuesto base de licitación a la cantidad de CIENTO SETENTA Y NUEVE MILLONES CUATROCIENTOS TREINTA Y UN MIL TRESCIENTOS SETENTA Y UN EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS (179.431.371,45 €)



## **12.- CONTENIDO DEL ESTUDIO**

El Estudio informativo consta de los siguientes documentos:

### **DOCUMENTO I. MEMORIA Y ANEJOS**

**MEMORIA**

**ANEJOS**

1. ANTECEDENTES
2. FICHA-RESUMEN
3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL
4. TOPOGRAFÍA
5. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
6. INUNDABILIDAD E HIDROLOGÍA
7. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE VERTIDO
8. ESTUDIO DE POBLACIÓN, CAUDALES Y CARGAS CONTAMINANTES
9. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS
10. DIMENSIONAMIENTO DEL PROCESO DE DEPURACIÓN
11. MEDIDAS CORRECTORAS CONTENIDAS EN EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
12. PARCELARIO Y TERRENOS AFECTADOS
13. SERVICIOS AFECTADOS Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS
14. RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

### **DOCUMENTO II. PLANOS**

### **DOCUMENTO III. PRESUPUESTO**

1. MEDICIONES
2. CUADRO DE PRECIOS Nº1
3. PRESUPUESTOS PARCIALES Y GENERAL



### **13.- CONCLUSIONES**

Se considera que el Proyecto Informativo cumple con la normativa vigente y que está correctamente redactado.

Madrid, Septiembre de 2020

Por CYGSA

Dirección General del Agua

El autor del Proyecto Informativo  
Joaquín Briones Martínez  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

El Director del Contrato  
Ángel Cajigas Delgado  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

## ANEJOS



## ANEJO Nº1. ANTECEDENTES

### ÍNDICE

1.- ANTECEDENTES.....	2
2.- ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	3
3.- OBJETO DEL ESTUDIO INFORMATIVO .....	4



## 1.- ANTECEDENTES

El Ministerio de Medio Ambiente (ahora Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), en colaboración con las Comunidades Autónomas, redactó el “Plan Nacional de Calidad de las Aguas: Saneamiento y Depuración 2007-2015”, para dar respuesta a las nuevas necesidades planteadas por la Directiva Marco del Agua y establecer un conjunto de actuaciones derivadas de las declaraciones de zonas sensibles que exigen la ejecución de una serie de ampliaciones y reformas para implantar un tratamiento más riguroso en muchas de las estaciones de depuración de agua residuales (EDAR en adelante) situadas en esas zonas.

Con fecha 21 de septiembre de 2009 se firmó el “Protocolo General de Colaboración en Ejecución del Plan Nacional de Calidad de las Aguas: Saneamiento y Depuración 2007-2015” entre el entonces Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y el Ayuntamiento de Madrid. En dicho Protocolo se estableció que la Administración General del Estado ejecutaría y financiaría las siguientes actuaciones, **declaradas posteriormente de Interés General del Estado por Ley 26/2009 de Presupuestos Generales:**

- **Aglomeración de La China-Butarque**
- **Aglomeración Sur**

La finalidad de esta actuación es proporcionar la infraestructura necesaria para el tratamiento de las aguas residuales que son conducidas a las EDARs de China, Butarque y Sur hasta alcanzar la calidad requerida para cumplir con el buen estado de las aguas del río Manzanares, tanto en tiempo seco como en tiempo de lluvia, así como también para adecuar las instalaciones existentes ya obsoletas para su integración ambiental en el entorno.

La normativa básica que rige el tratamiento de aguas residuales urbanas es:

- La **Directiva 2000/60/CE (Directiva Marco del Agua)** por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas entró en vigor el 22 de diciembre del 2000. La trasposición de esta Directiva se realizó mediante la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social que incluye, en su artículo 129, la modificación del **texto refundido de la Ley de Aguas** por la que se incorpora al derecho español la Directiva 2000/60/CE, estableciendo un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- El **Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental**, tiene por objeto establecer criterios básicos y homogéneos para el diseño y la implantación de los programas de seguimiento del estado de las masas de agua superficiales y para el control adicional de las zonas protegidas; definir los criterios, condiciones de referencia y los límites de cambio de clase para clasificar el estado ecológico de las masas de agua; establecer las NCA de las sustancias prioritarias y preferentes para clasificar el estado de las aguas, así como definir el procedimiento para el cálculo de estas





normas para los contaminantes específicos; y por último, recoger las obligaciones de intercambio de información y definir el sistema de información sobre el estado de las aguas en aras del cumplimiento de legislación que regula los derechos de acceso a la información y de participación pública.

- La **Directiva 91/271/CE, de 21 de mayo**, la cual establece cuáles son los requerimientos mínimos para realizar la recogida, el tratamiento y los vertidos de las aguas residuales urbanas. Esta Directiva ha sido transpuesta a la normativa española por **RD 817/2015**, el **R.D. Ley 11/1995**, el **R.D. 509/1996**, que lo desarrolla, y el **R.D. 2116/1998** que modifica el anterior
- **Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre**, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas

El largo periodo de tiempo transcurrido desde la construcción de dichas EDAR y la necesidad de adaptarlas a las nuevas exigencias requiere un análisis en profundidad del estado de las instalaciones existentes y como consecuencia la determinación de las actuaciones a llevar a cabo.

## **2.- ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

La Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, en su artículo 7 describe los proyectos que deben ser objeto de evaluación de impacto ambiental ordinaria o simplificada. La Ley hace referencia a los proyectos contenidos en sus anexos I (para evaluaciones ordinarias) y II (para las simplificadas).

La Ley contempla en su anexo I las plantas de tratamiento de aguas residuales cuya capacidad sea superior a 150.000 habitantes-equivalentes.

El estudio de soluciones de las aglomeraciones urbanas de La china, Butarque y Sur busca, entre otros aspectos, el tratamiento de aguas residuales de tres plantas que juntas suman una capacidad de más de 5.800.000 habitantes equivalentes y que independientemente tienen una capacidad aproximada de 1.300.000 habitantes-equivalentes La China, 1.600.000 habitantes-equivalentes Butarque y 2.900.000 habitantes-equivalentes Sur.

Por tanto el estudio de soluciones se encuentra dentro de las actividades consideradas en el anexo I y debiendo ser sometido a procedimiento de evaluación de impacto ambiental ordinario.

Dicho Estudio de Impacto Ambiental debe ir acompañado de un proyecto o documento técnico en el cuál se definan las actuaciones sometidas a evaluación ambiental.



### **3.- OBJETO DEL ESTUDIO INFORMATIVO**

Durante el análisis de la situación actual del sistema de saneamiento de las aglomeraciones China-Butarque-Sur se pudo observar que la actual Estación Depuradora de La China (EDAR de La China) había quedado obsoleta y que su diseño no permitía la eliminación biológica de nutrientes en condiciones óptimas.

El objetivo final del estudio sobre estas aglomeraciones no es otro que alcanzar un buen estado del cauce del Manzanares a su paso y aguas abajo de la ciudad de Madrid, por ello, ha sido necesario definir e incluir en el Estudio de Impacto Ambiental, las actuaciones necesarias para adecuar la EDAR de La China al cumplimiento de la normativa actual y que además, realice su función con una afección mínima al entorno urbano dónde se ubica.

En este PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR LA CHINA. se realiza una definición, a nivel de estudio informativo, de estas actuaciones con el fin de dotar de un documento técnico de apoyo al Estudio de Impacto Ambiental al cuál acompaña.



## ANEJO Nº2. FICHA RESUMEN

### ÍNDICE

1.- FICHA RESUMEN .....	2
-------------------------	---



## 1.- FICHA RESUMEN

A continuación se presenta la ficha RESUMEN del proyecto.

### DATOS GENÉRICOS

Nombre de la EDAR:	CHINA
Nombre de la aglomeración	CHINA-BUTARQUE-SUR
Municipios a los que da servicio:	MADRID

### VERTIDO

Cauce inmediato	MANZANARES
Cauce principal	JARAMA

### DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROYECTADA:

Ocupación (ha)	9,4
Superficie liberada (ha)	9,9

### COSTE DE IMPLANTACIÓN

Presupuesto estimado (con IVA):	179.431.371,45 €
---------------------------------	------------------

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

#### DATOS DE PARTIDA

Habitantes equivalentes (e-h)	1.335.312
Q nominal(m <sup>3</sup> /s)	1,5
Q tiempo de lluvia (m <sup>3</sup> /s)	2

#### LÍNEA DE AGUA

##### PRETRATAMIENTO

Pozo de gruesos	SI
Desbaste de gruesos	SI
Desbaste de finos	SI
Bombeo AB	SI
Desarenado/desengrasado	SI

##### TRATAMIENTO PRIMARIO

Tipología	LAMELAR
Estación de bombeo	SI

##### TRATAMIENTO SECUNDARIO

###### REACTOR

Tipología de la tecnología existente:	FANGOS ACTIVOS
Tipología de la tecnología proyectada:	BIOFILTRO

##### DECANTADOR SECUNDARIO

Unidades	NO
Recirculación de fangos	

##### TRATAMIENTO TERCIARIO

Tratamiento	SI
Filtración textil de 10 micras	SI
Desinfección ultravioleta:	SI
Desinfección H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	SI

#### LÍNEA DE FANGOS

Destino	BUTARQUE - SUR
---------	----------------



## ANEJO Nº3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### ÍNDICE

1.- ELEMENTOS DEL SISTEMA .....	2
1.1.- CUENCAS .....	3
1.1.1.- Cuenca de la EDAR de Viveros .....	4
1.1.2.- Cuenca de la EDAR de La China.....	5
1.1.3.- Cuenca de la EDAR de La Gavia.....	6
1.1.4.- Cuenca de la EDAR Butarque .....	7
1.1.5.- Cuenca de la EDAR Sur .....	8
1.1.6.- Cuenca de la EDAR Suroriental.....	10
1.2.- EDAR DE LA CHINA.....	10
1.3.- ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DEL MANZANARES.....	12
2.- DIAGNOSIS DE LA PLANTA.....	14
2.1.- LÍNEA DE AGUA. PRETRATAMIENTO .....	14
2.2.- LÍNEA DE AGUA. TRATAMIENTO PRIMARIO .....	18
2.3.- LÍNEA DE AGUA. TRATAMIENTO BIOLÓGICO.....	21
2.4.- LÍNEA DE AGUA. DECANTACIÓN SECUNDARIA.....	25
2.5.- LÍNEA DE AGUA. TRATAMIENTO TERCIARIO .....	27
2.6.- LÍNEA DE AGUA. ESTACIÓN REGENERADORA DE AGUAS RESIDUALES (ERAR).....	31
2.7.- LÍNEA DE FANGOS.....	35
2.8.- LÍNEA DE GAS .....	40
2.9.- OTROS .....	42
2.10.- CONCLUSIONES DEL ESTADO ACTUAL .....	42

## 1.- ELEMENTOS DEL SISTEMA

El ámbito del estudio lo componen todos los elementos del sistema de saneamiento de la ciudad de Madrid que vierte sus aguas al tramo urbano del río Manzanares (sistema Manzanares).

El esquema de saneamiento del sistema Manzanares cuenta con los siguientes elementos:

- Una serie de cuencas o áreas de vertido, denominando cuenca a la parte de la ciudad cuyos vertidos, a través de la red de alcantarillado, confluyen hacia un punto concreto (en el que generalmente se han situado las EDAR).  
De aguas arriba a aguas abajo tenemos las cuencas de: Viveros, China, Butarque, Gavia, Sur y Suroriental.
- Colectores de saneamiento. Concentran las aguas residuales y pluviales recogidas por la red de alcantarillado y las dirigen aguas abajo hacia las EDAR para su tratamiento. Su funcionamiento en el sistema Manzanares es por gravedad excepto casos puntuales. La red de colectores también permite enviar el agua de una cuenca hacia otras infraestructuras situadas aguas abajo.
- Aliviaderos, puntos donde se producen confluencia de diversos colectores y se pueden realizar alivijs al cauce en el caso de que la los caudales de entrada sean superiores a la capacidad aguas abajo.  
El principal aliviadero del ámbito de estudio es el Aliviadero General de la Margen Izquierda (AGMI). Se trata de un gran aliviadero (120 m de longitud aproximadamente) en el que se unifican los principales colectores de la margen izquierda del Manzanares y desde donde se reconduce el agua a las EDAR de China y Sur
- Tanques de tormentas: Existen de dos tipos:
  - Tanques de tormenta de regulación (TT). Son de gran volumen y están asociados generalmente a una EDAR. Su función es almacenar las primeras aguas de un episodio de lluvia y evitar el vertido al río antes de alcanzar los parámetros de dilución que se hayan especificado.
  - Tanques de alivio (TA). Son de pequeño volumen y actúan en las conexiones entre los colectores transversales y los grandes colectores de transporte para que no se produzcan alivijs directos antes de alcanzar los parámetros de dilución que se hayan especificado.
- Estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR). De aguas arriba a aguas abajo tenemos las siguientes: Viveros de la Villa, La China, La Gavia, Butarque, Sur y Suroriental.
- Estaciones regeneradoras de aguas residuales (ERAR). Tratan el agua depurada para convertirla en agua regenerada utilizable para riego de parques y jardines. Están situadas y asociadas a algunas de las EDAR. En el sistema Manzanares se encuentran la ERAR Viveros, la ERAR La China y la ERAR La Gavia.

### 1.1.- CUENCAS

Como se ha señalado en el apartado anterior, la parte de Madrid que vierte hacia el Manzanares, que se podría denominar la cuenca urbana del Manzanares, se encuentra dividida en áreas conformadas por las redes de alcantarillado que recogen las aguas de una zona servida por la red y la concentran en un punto.

Estas áreas se han ido desarrollando a través de la historia con el crecimiento urbano de Madrid. A cada una de estas áreas se la denomina cuenca. En cada margen del cauce se tienen:

- Por la margen derecha: la cuenca de Butarque y parte de la cuenca de Viveros
- Por la margen izquierda: parte de la cuenca de Viveros, la cuenca de La China, la cuenca de la Gavia, la cuenca Sur y la cuenca Suroriental.

En la figura siguiente se pueden apreciar todas las cuencas de Madrid. En este estudio se analizan todas las del sistema Manzanares excepto la Cuenca Suroriental que por su localización, aguas abajo, no tiene ninguna influencia en la funcionalidad de las EDAR de La China, Butarque y Sur.

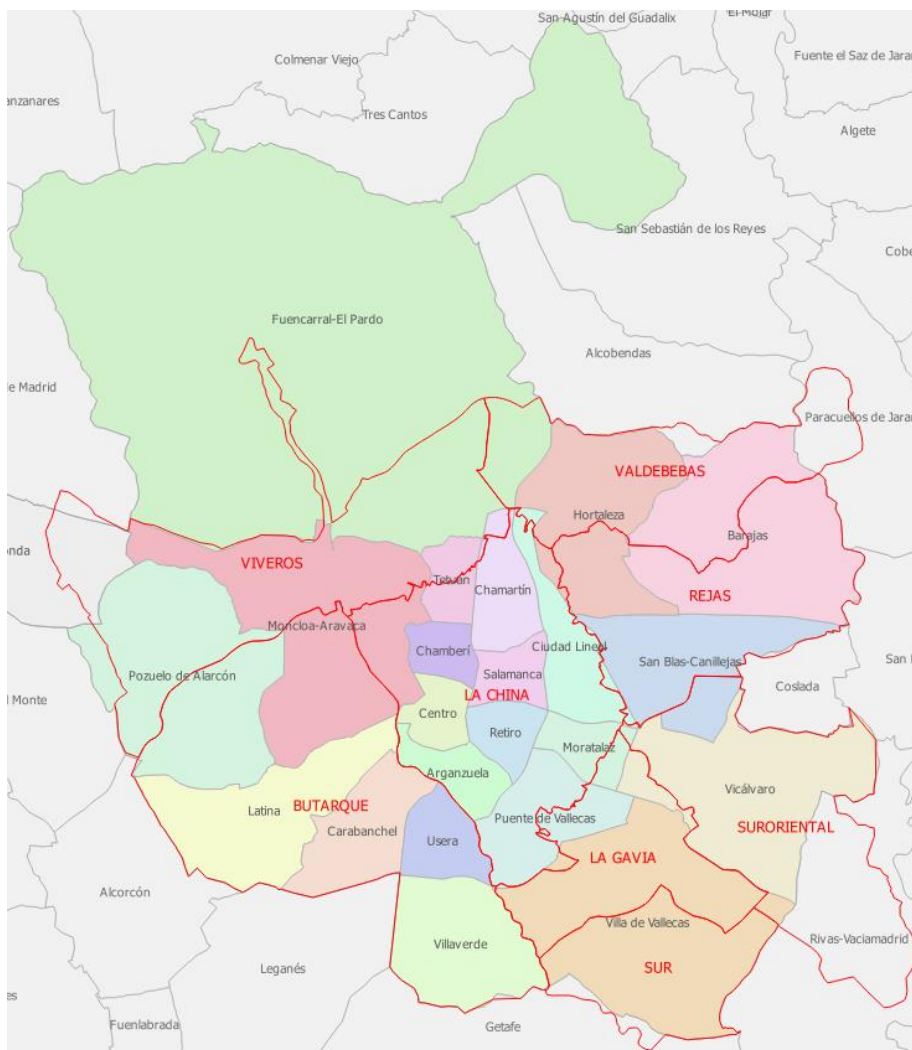


Ilustración 1: Cuencas vertientes Madrid.

Se debe destacar que por falta de capacidad de algunas EDAR para asumir las aguas residuales y las pluviales generadas en sus cuencas y debido a las conexiones existentes entre cuencas a través de colectores y trasvases, en la práctica no existe esta separación estricta de las cuencas, pudiendo las diferentes EDAR tratar aguas residuales y pluviales de su propia cuenca, de otras situadas aguas arriba o derivarlas hacia otras situadas aguas abajo.

Seguidamente se detallan las características más relevantes de cada una de las cuencas vertientes del estudio.

### 1.1.1.- Cuenca de la EDAR de Viveros

La cuenca de Viveros viene configurada por la red de colectores que vierten en la EDAR de Viveros de la Villa, y cuenta con una superficie aproximada de 77 km<sup>2</sup>. Recibe las aguas de la zona norte de Madrid, de la mayor parte de Pozuelo de Alarcón y parte de Majadahonda.

Es la única cuenca del sistema que recoge aguas de ambos márgenes del río. En la margen derecha los colectores de Valdemarín y Pozuelo se unen en una cámara desde la cual, a través de un trasvase, se envía el vertido a la margen izquierda donde está situada la EDAR de Viveros.

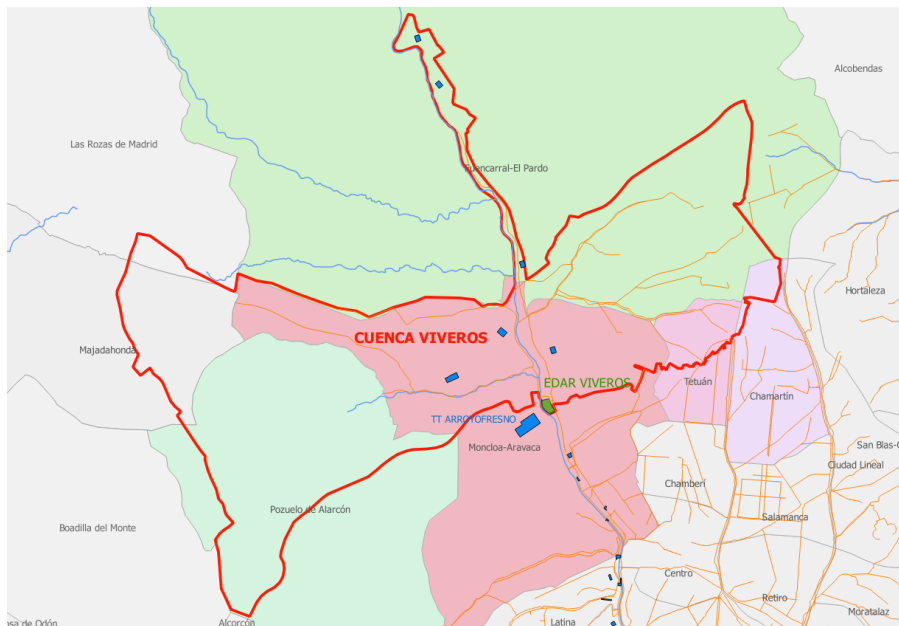


Ilustración 2: Cuenca de Viveros

Su población y los caudales vertidos en tiempo seco son:

CUENCA VIVEROS DE LA VILLA			
Año de referencia		2017	2050
Población	nº hab	419.166	438.447
Caudales medios	m <sup>3</sup> /d	112.327	116.505
	m <sup>3</sup> /s	1,30	1,35

Tabla 1: Población y caudales. Cuenca viveros



La cuenca dispone de un tanque de tormentas de 400.000 m<sup>3</sup> denominado Arroyofresno que está asociado de la EDAR de Viveros. Por problemas de espacio, el tanque está situado en la margen derecha, prácticamente enfrente de la planta, aunque da servicio a la zona de la cuenca situada en margen izquierda (la más urbana). Este tanque se alimenta del colector de Arroyofresno (situado en la margen izquierda) y del primer tramo del colector margen derecha. Su vaciado se realiza a través de unos bombeos que pueden enviar el agua hacia la propia EDAR, hacia los colectores de margen izquierda o hacia los colectores de margen derecha.

### 1.1.2.- Cuenca de la EDAR de La China

La cuenca de La China comprende la mayor parte de la margen izquierda del Manzanares y cuenta con una superficie aproximada de 72 km<sup>2</sup>. Toda su superficie es absolutamente urbana. Recoge los vertidos de los distritos de Chamartín, Tetuán, Moncloa, Chamberí, Centro, Arganzuela, Retiro, Ciudad Lineal, Salamanca, Moratalaz y Puente de Vallecas.

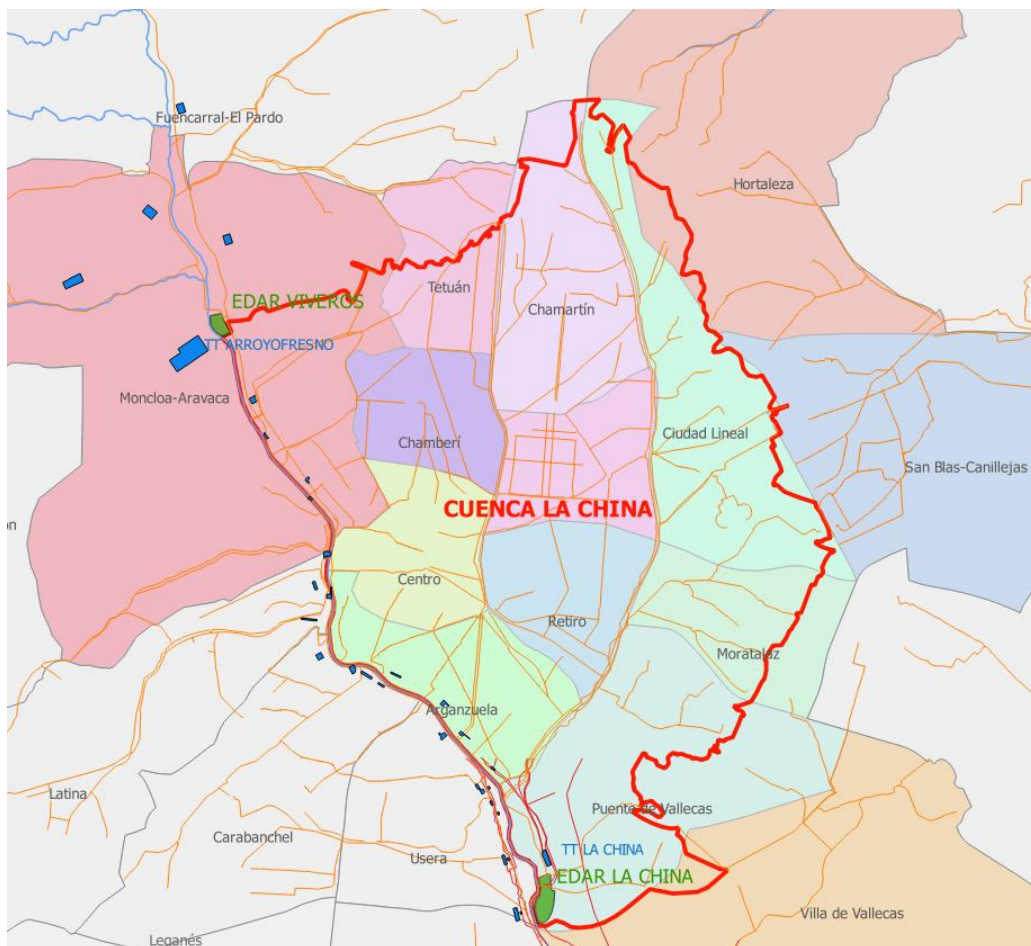


Ilustración 3: Cuenca de La China

La red de alcantarillado está subdividida en tres áreas cuyos vertidos se concentran y transportan en tres familias de colectores que confluyen en el Aliviadero General de la Margen Izquierda. (A.G.M.I.):



- Colector Margen Izquierda, que recoge las aguas de la franja próxima al cauce.
- Colectores Axiles, que discurren bajo el eje de La Castellana.
- Colectores Abroñigales que recogen las aguas de la subcuenca del antiguo arroyo de Abroñigales que hoy es la M-30 y se unen a los colectores axiles en el partidor de Abroñigales.

Los caudales que llegan a este partidor, se pueden enviar hacia el AGMI o hacia el by-pass de Abroñigales, que conecta con el TT Abroñigales y el Colector Sur.

La EDAR de La China está situada aguas abajo del AGMI y tiene asociado el tanque de tormentas de La China de 136.000 m<sup>3</sup>. Sus influentes llegan desde un colector que parte del AGMI.

Desde el propio AGMI también arranca el colector Sur el cual transporta los caudales que no puede tratar la EDAR La China hacia la EDAR Sur situada aguas abajo.

Su población y caudales vertidos en tiempo seco son:

CUENCA LA CHINA			
Año de referencia		2017	2050
Población considerada	<i>nº hab</i>	1.344.018	1.292.790
Caudales medios	<i>m<sup>3</sup>/d</i>	297.463	289.787
	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	3,44	3,35

Tabla 2: Población y caudales. Cuenca China

### 1.1.3.- Cuenca de la EDAR de La Gavia

La cuenca de La Gavia, con una superficie de 33 km<sup>2</sup>, anteriormente formaba parte de la cuenca Sur y fue segregada al construir la EDAR de La Gavia.

Las aguas que se generan en la cuenca son tratadas en la EDAR de La Gavia, donde, además, se pueden incorporar caudales de las cuencas de aguas arriba por medio de un bombeo que alimenta la EDAR desde el colector Sur.

Esta cuenca contiene la mayor parte de los denominados “Desarrollos urbanísticos del Sureste” A efectos del presente estudio se considera que en el horizonte del estudio se alcanzará el máximo de población al alcanzarse la urbanización completa de la zona.

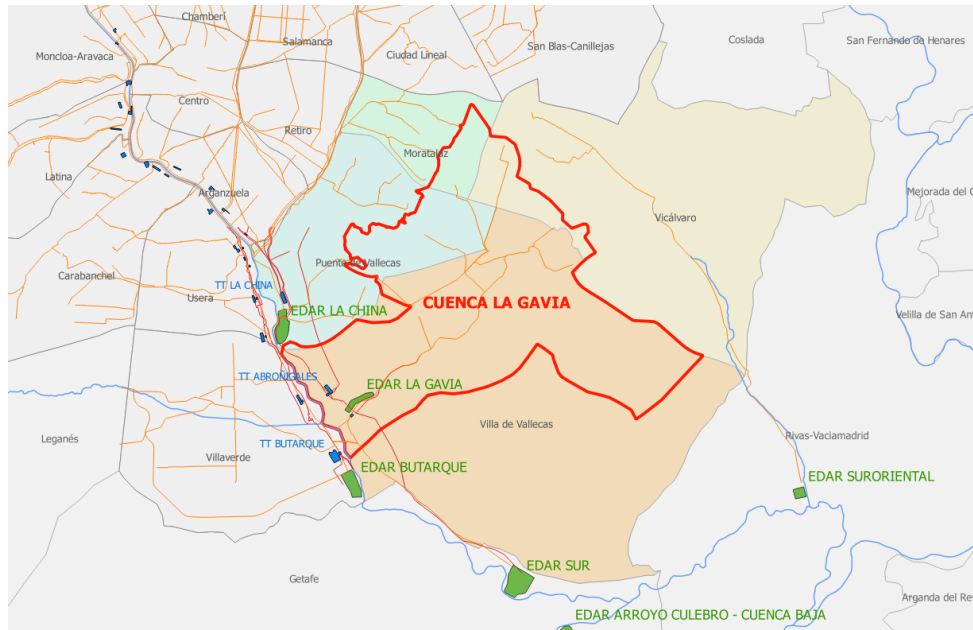


Ilustración 4: Cuenca de La Gavia

Su población y caudales en tiempo seco son:

CUENCA LA GAVIA			
Año de referencia		2017	2050
Población considerada	<i>nº hab</i>	163.591	315.817
Caudales medios	<i>m³/d</i>	29.226	60.436
	<i>m³/s</i>	0,34	0,70

Tabla 3: Población y caudales. Cuenca La Gavia

Esta cuenca dispone además de un tanque de 55.000 m³.

#### 1.1.4.- Cuenca de la EDAR Butarque

La cuenca de Butarque viene delimitada por los colectores que envían caudales a la EDAR Butarque. Estos vertidos provienen de la parte del municipio de Madrid situada en la margen derecha del río Manzanares. La parte de la cuenca drenada mediante colectores tiene una superficie de unos 71 km<sup>2</sup>.

En la cuenca de Butarque se dispone de un tanque de tormentas asociado a su EDAR de 359.000 m³.

En esta cuenca existen, además, dos trasvases que conectan el colector margen derecha con el colector Sur y que permiten trasvasar 1,5 y 2 m³/s respectivamente desde margen derecha a margen izquierda del sistema.

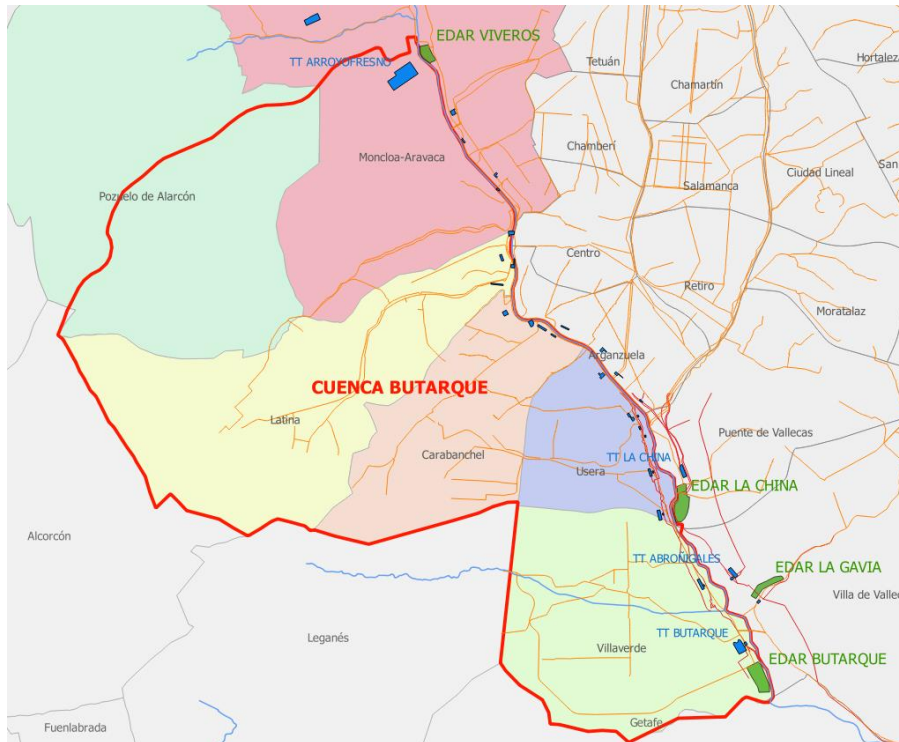


Ilustración 5: Cuenca de Butarque

Su población y caudales en tiempo seco son:

CUENCA BUTARQUE			
Año de referencia		2017	2050
Población considerada	<i>nº hab</i>	777.585	822.982
Caudales medios	<i>m³/d</i>	138.349	146.050
	<i>m³/s</i>	1,60	1,69

Tabla 4: Población y caudales. Cuenca Butarque

### 1.1.5.- Cuenca de la EDAR Sur

La cuenca de Sur es reducida y no hay sistema de colectores que recojan los vertidos de la mínima población situada en ella. Actualmente, los caudales de aguas residuales que se tratan en la EDAR Sur provienen de los excedentes de las cuencas de Viveros, Butarque y La China.

A efectos del estudio se considera que se conectarán a corto o medio plazo los vertidos de la zona de la Cañada Real y a largo plazo la parte de los desarrollos urbanísticos del sureste que se incluyen en esta cuenca.

En cierta forma se puede establecer que la cuenca asociada a la EDAR Sur es toda la cuenca del Manzanares pues a través del sistema de colectores todas las aguas vertidas aguas arriba de la EDAR Sur pueden llegar hasta ella. Esta situación se observa perfectamente tanto en los caudales que llegan, su evolución y en las cargas contaminantes. El efecto es especialmente significativo en tiempo de lluvias.

En la cuenca de Sur, propiamente dicha, no hay ningún tanque de tormentas, sin embargo, existe el tanque de tormentas de Abroñigales (206.000 m<sup>3</sup>) al que llegan las aguas residuales y pluviales derivadas de parte de la cuenca de La China en el denominado: “Partidor de Abroñigales” y que se vacía sobre el colector Sur, por lo que éste se puede asociar a la cuenca de Sur.

El colector que parte del partidor y que desvía parte de los caudales de la Cuenca China hacia este TT de Abroñigales se denomina “by-pass de Abroñigales”. Su función básica es desviar las aguas pluviales, pero por diseño permite derivar una parte de las residuales que llegan al partidor de Abroñigales.

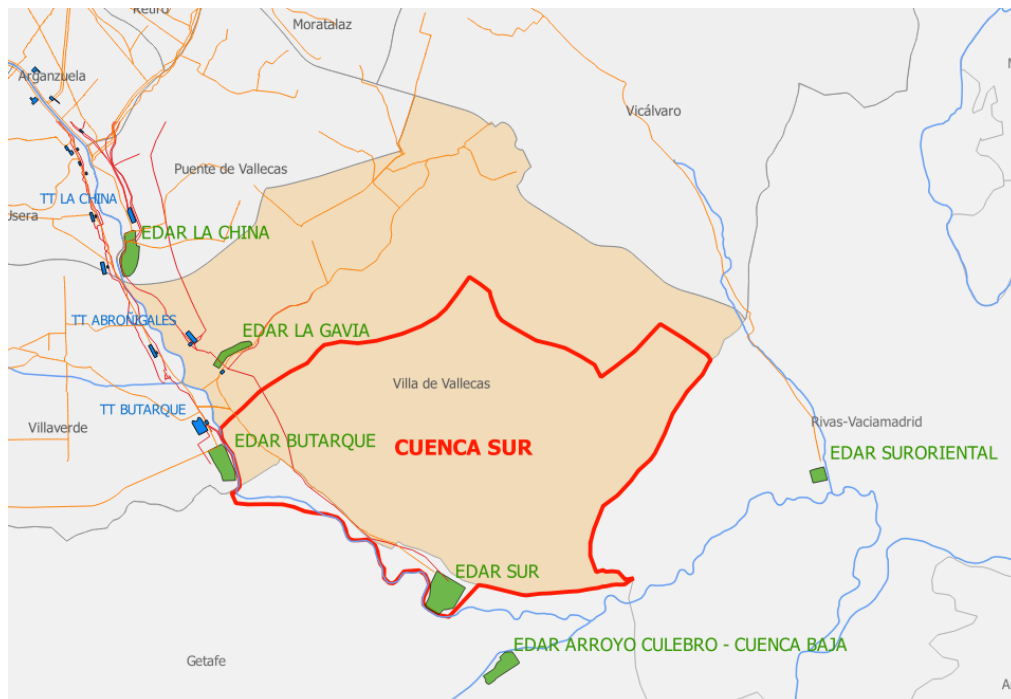


Ilustración 6: Cuenca Sur

Los datos de población y caudales vertidos en tiempo seco en la cuenca Sur son:

CUENCA SUR			
Año de referencia		2017	2050
Población considerada	nº hab	37.707	132.505
Caudales medios	m <sup>3</sup> /d	7.595	26.689
	m <sup>3</sup> /s	0,09	0,31

Tabla 5: Población y Caudales. Cuenca Sur

Originalmente, la cuenca de Sur recibía, a través del colector del Culebro, los caudales de aproximadamente un millón de habitantes del sur del área metropolitana de Madrid (Leganés, Getafe, Parla, Fuenlabrada). La construcción de las dos EDAR del Arroyo Culebro eliminó esta aportación.

Sin embargo, el colector de Culebro sigue operativo. En momentos de fuertes lluvias puede derivar aguas pluviales de la cuenca Culebro a la EDAR SUR (En marzo de 2018

se produjo un episodio). Además, la población de Perales del Río (8.800 habitantes) realiza sus vertidos mediante una EBAR que envía las aguas residuales al Colector de Culebro en un punto situado a unos 500 m de la EDAR Sur.

En el momento de redactar este estudio el bombeo no funciona, pero está en tramitación por el ayuntamiento de Getafe el proyecto de renovación del mismo por lo que este vertido se deberá considerar a corto plazo.

#### 1.1.6.- Cuenca de la EDAR Suroriental

Esta cuenca comprende el distrito de Vicálvaro, parte de San Blas y la localidad de Rivas-Vaciamadrid. Sus vertidos se tratan en la EDAR Suroriental situada aguas arriba de la confluencia del Manzanares con el Jarama.

Esta cuenca no está conectada con el resto del sistema de saneamiento del Manzanares y no está incluida en el estudio de soluciones de La China, Butarque y Sur. Recientemente la EDAR Suroriental fue renovada y tienen capacidad para tratar sus influentes y alcanzar los parámetros de vertido de la autorización de vertido en todos los parámetros.

#### 1.2.- EDAR DE LA CHINA

La EDAR de La China se emplaza al final de la calle de Embajadores, en el distrito de Puente de Vallecas (barrio de Entrevías), en la margen izquierda del río Manzanares. Está implantada en un espacio totalmente urbano. Recoge los vertidos de los distritos de Chamartín, Tetuán, Moncloa, Chamberí, Centro, Arganzuela, Retiro, Ciudad Lineal, Salamanca, Moratalaz y Puente de Vallecas.

Esta planta da servicio a los colectores de: Margen Izquierda, Axiles, Abroñigales, Bravo Murillo-Santa Engracia-Génova, Paseo de la Habana, Lopez de Hoyos, Goya, Alcalá, Francisco Silvela-Alcalá, Arturo Soria, Marqués de Corbera y Avenida de la Albufera.

Como se indica posteriormente, esta planta tiene asociado el tanque de tormenta de La China de 136.000 m<sup>3</sup>.

De la información facilitada por el Ayuntamiento de Madrid y de las visitas realizadas a la planta se obtienen los siguientes datos básicos de funcionamiento actuales de la EDAR.

EDAR DE LA CHINA			
Habitantes equivalentes		1.335.312 h-eq.	
Caudal medio de diseño		3,30 m <sup>3</sup> /s	285.120 m <sup>3</sup> /d
Caudal punta de diseño (tratamiento Biológico)		3,30 m <sup>3</sup> /s	285.120 m <sup>3</sup> /d
Caudal máximo de diseño (pretratamiento, canal a primario y primario)		4,80 m <sup>3</sup> /s	414.720 m <sup>3</sup> /d
<b>Período enero/16 – mayo/17</b> <b>(Datos de producción)</b>	Caudales medios influentes	1,87 m <sup>3</sup> /s	161.684 m <sup>3</sup> /d
	Caudales medios tratados	1,17 m <sup>3</sup> /s	101.268 m <sup>3</sup> /d
<b>Período mayo/17 - diciembre/18</b> <b>(Datos de producción)</b>	Caudales medios influentes	1,69 m <sup>3</sup> /s	145.777 m <sup>3</sup> /d
	Caudales medios tratados	0,82 m <sup>3</sup> /s	70.857 m <sup>3</sup> /d

Tabla 6. Datos básicos de funcionamiento de la EDAR de La China.

Aunque actualmente la planta esté tratando caudales inferiores a los de diseño, la planta no podría tratar en ningún caso el caudal de diseño con las cargas y las limitaciones de vertido actuales.

Los datos de estos caudales medios influentes y tratados, se han dividido en dos períodos debido a que la EDAR de La China cambió el proceso del tratamiento biológico en mayo de 2017. Se adaptó el proceso para intentar eliminar parte del nitrógeno de entrada por vía biológica convirtiendo el proceso de fangos activos convencional en otro con eliminación biológica de nitrógeno denominado: AO sin recirculación interna

Este cambio de sistema queda plasmado en los caudales medios tratados, ya que para aumentar el tiempo de retención celular en el reactor biológico, se disminuyen de forma importante los caudales de entrada al mismo.

En ambos períodos se presentan unos caudales medios influentes similares, por lo que el excedente que no se puede tratar en el reactor biológico en el segundo período se deriva a la EDAR Sur a través de una conexión situada después del primario hacia colector sur.

En la parcela de la EDAR La China está instalada una de las plantas de agua regenerada (ERAR) que alimenta la red de agua de riego de Madrid. Es la planta más antigua del sistema y además existe un depósito de regulación de agua regenerada de 5.000 m<sup>3</sup> y un bombeo para impulsar el agua a los anillos de distribución por los parques de Madrid. Además, forma parte de la instalación un punto de carga de agua regenerada para camiones de limpieza de calles y alcantarillado.



*Ilustración 7. EDAR La China con la situación de la ERAR.*

En esta ERAR mediante un proceso compuesto por una decantación, filtración y una desinfección UV se produce agua con el nivel denominado: “CALIDAD 1.2 SERVICIOS” según se especifica en el R.D. 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el



*régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas para riego de parques públicos y agua de servicio para limpiezas urbanas”.*

Los datos medios de producción de las ERAR situadas en las plantas del Manzanares son:

ERAR	PRODUCCIONES MEDIAS. Años 2016-18 (m <sup>3</sup> /d)	
	Qmedio	Qmax.
LA CHINA	7.811	24.089
LA GAVIA	4.296	9.973
VIVEROS	4.851	22.890
TOTALES	16.958	56.952

*Tabla 7. Producción media diaria de aguas regeneradas.*

### 1.3.- ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DEL MANZANARES

En el esquema que figura seguidamente se observa la estructura del sistema. En él aparecen las conexiones entre los elementos del sistema indicados en este apartado, tanto colectores como los tanques de tormentas importantes y las propias EDAR.



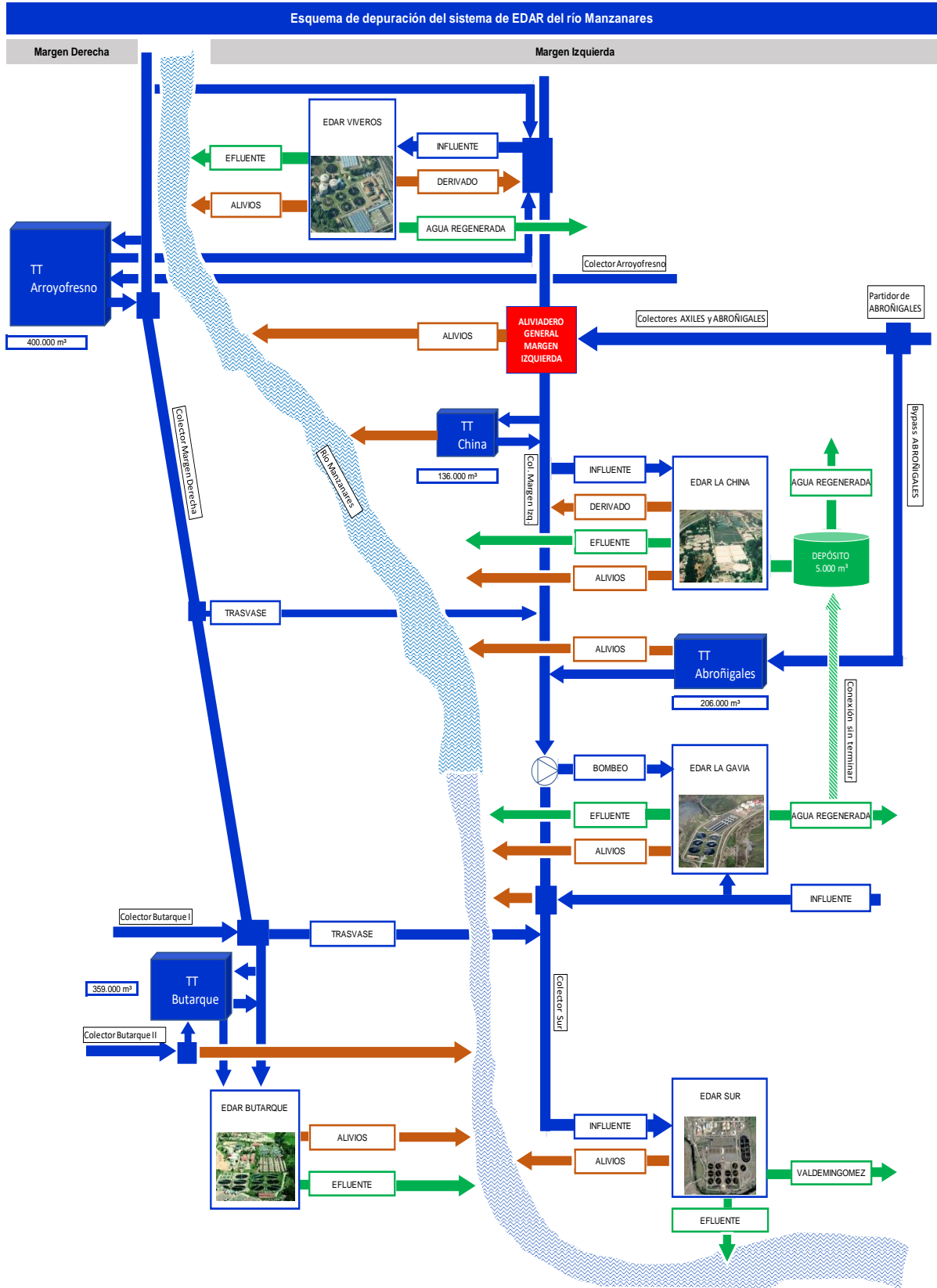


Ilustración 8. Esquema funcional de conexiones del sistema estudiado actual

## 2.- DIAGNOSIS DE LA PLANTA

### 2.1.- LÍNEA DE AGUA. PRETRATAMIENTO



Consta de los siguientes elementos:

- 2 pozos de gruesos de 44 m<sup>3</sup> cada uno.
- 1 cuchara bivalva.
- Predesbaste de gruesos con reja de 300 mm de luz y limpieza manual con polipasto para ayuda.
- 4 líneas de separación de gruesos con rejillas de 30 mm de luz y accionamiento electro - hidráulico, recogida de sólidos por cinta y prensa de residuos.
- 4 líneas de separación de finos con tamices tipo escalera de 6 mm de luz y accionamiento eléctrico, recogida de residuos sólidos por tornillo - prensa.
- 4 desarenadores antiguos fuera de servicio.
- 6 tornillos de elevación a desarenado actual de 22 kW y 0,85 m<sup>3</sup>/s cada uno.
- 4 tanques de desarenado-desengrasado aireados de 30 x 9 x 4 m cada uno.
- 2+2 (reserva) soplantes de 37 kW, con un caudal de aire de 2.400 m<sup>3</sup>/h cada uno, 960 difusores de membrana, 8 bombas de arenas, 3 clasificadores de arenas tipo vaivén y 1 desnatador de arrastre de paletas de 0,55 kW.
- Sistema de desodorización química.



➤ **Conservación**

- Obra civil, se encuentra en un estado aparentemente adecuado, pero se aprecian grietas en el hormigón y los edificios de las instalaciones son antiguos.



- Rejas, en muy buen estado mantenimiento. Han sido sustituidas recientemente, por lo que están prácticamente nuevas.



- Equipos, el estado de mantenimiento no es el adecuado, existen elementos con un alto grado de corrosión.



➤ **Operación**

El pretratamiento tiene una operatividad limitada, se encuentra cubierto, y en algunos puntos existe muy poco espacio para los operarios que tienen que realizar labores de mantenimiento. Las rejas nuevas instaladas poseen sistema de autolimpieza.

➤ **Funcionalidad**

- Se han instalado cubiertas en todos los canales y equipos para evitar olores.
- Funcionamiento correcto en general. Sin embargo, los desarenadores-desengrasadores podrían funcionar mejor, no cumplen su misión completamente.



- Los equipos tienen un funcionamiento limitado, se trata en la mayoría de los casos de equipos bien mantenidos pero obsoletos.
- El compactador de grasas existente es muy pequeño para los caudales que se tratan en la planta, en el momento de la visita no estaban funcionando.



### ➤ **Conclusiones**

- Se debe renovar completamente, tanto la obra civil como los equipos que intervienen.
- Los equipos a instalar deberán ser los estándares del mercado para facilitar la explotación, y reducir costes asociados explotación y mantenimiento.
- El nuevo pretratamiento debe de estar cubierto y tener un adecuado sistema de desodorización para evitar que se produzcan problemas de olores, ya que la planta se encuentra en una localización muy cercana a la ciudad.
- Como se aprecia en una de las imágenes, al pozo de gruesos llegan 3 tubos con diámetro 600 mm provenientes de Mercamadrid, vertido que no está controlado. Para la futura remodelación de la planta habrá que considerar su existencia a la hora de dimensionarla.

## 2.2.- LÍNEA DE AGUA. TRATAMIENTO PRIMARIO



Está formado por los siguientes elementos:

- 6 decantadores primarios cuadrados con puente telescópico y fondo en forma de embudo de 35 m de lado y 3,75 m de altura media.
- 1 decantador circular de 40 m de diámetro y 3 m de altura. Volumen total en decantación de 32.000 m<sup>3</sup>.
- 5+1 (reserva) tornillos de elevación a tratamiento biológico de 75 kW y 0,85 m<sup>3</sup>/s cada uno.
- Purga de fangos primarios mediante 4 bombas centrífugas sumergibles de 150 m<sup>3</sup>/h y 11,4 kW cada una.
- Sistema de desodorización por vía biológica.

### ➤ **Conservación**

- Obra civil, en buen estado de conservación en general, pero presenta una serie de desperfectos (grietas, visualización de armaduras, etc.).
- Equipos, en un estado no adecuado para el funcionamiento, se trata de equipos obsoletos, algunos de ellos muy afectados por la corrosión.



➤ **Operación**

- La operatividad es inadecuada, los toldos que cubren los decantadores se rompen con facilidad por efecto del viento y su reparación es costosa, ya que cuentan con un acceso deficiente. Dificultad de llevar a cabo las labores de mantenimiento.



- Las estructuras de sostenimiento del toldo, así como los puentes de los decantadores más alejados del sistema de desodorización se encuentran con un alto grado de corrosión, que dificulta la labor de operarios, e incluso en algunos casos la impide.
- Los espacios que generan los toldos son insuficientes para realizar las tareas de mantenimiento de una forma cómoda y segura.



➤ **Funcionalidad**

- El funcionamiento de los decantadores es en general correcto para los caudales actuales.
- La planta está funcionando solamente con 4 de los decantadores rectangulares y el circular, debido a que los rectangulares restantes se encuentran en pésimas condiciones y es imposible que trabajen.
- Existe un problema de funcionamiento en el sistema de desodorización, los decantadores que se encuentran más alejado del mismo disponen de un menor volumen de renovación del aire, por lo que los elementos metálicos presentan un alto grado de corrosión.
- El sistema de desodorización por vía biológica no funciona a pleno rendimiento, se presentan problemas para mantener el fango en óptimas condiciones, por lo que deben de añadir nuevo fango, con la consecuente inestabilidad que provoca.



➤ **Conclusiones**

- El funcionamiento de los decantadores es en general correcto para los caudales tratados.



- Se deben de renovar completamente, tanto obra civil como equipos que intervienen en el proceso, debido a que están obsoletos.
- Los equipos nuevos a instalar deben ser modernos, de modo que reduzcan los costes de explotación y mantenimiento.
- Todas las conducciones deberán renovarse por completo.

### 2.3.- LÍNEA DE AGUA. TRATAMIENTO BIOLÓGICO



Está formado por:

- 16 balsas de aeración en paralelo de 104 x 10 m y 5 m de altura, con un volumen total de 63.000 m<sup>3</sup> y 22.000 difusores cerámicos.
- 2 turbocompresores de 43.000 Nm<sup>3</sup>/h unitarios y 900 kW y 3+2 (reserva) soplantes tipo Root de 22.900 Nm<sup>3</sup>/h unitarios y 475 kW.
- 2 depósitos de almacenamiento de cloruro férrico para la reducción del fósforo por vía química, con una capacidad total de 80 m<sup>3</sup> y equipos de dosificación con 2+1 (reserva) bombas peristálticas de 0,45 m<sup>3</sup>/h a 8 kg/cm<sup>2</sup> y 0,75 kW.
- 3 +1 (reserva) tornillos de Arquímedes para recirculación de fangos de caudal unitario de 1,5 m<sup>3</sup>/s.

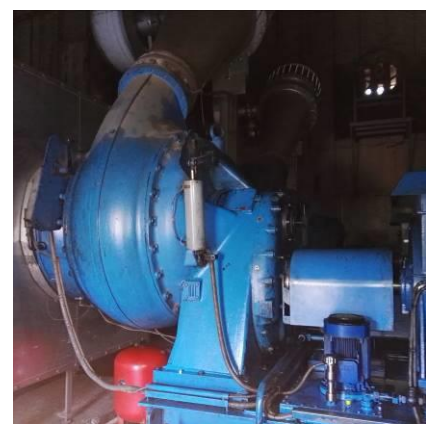


➤ **Conservación**

- Obra civil, en mal estado de conservación en general, se observan desperfectos en el hormigón, e incluso han proliferado plantas entre los canales que llegan a introducirse en los mismos.



- Equipos, en buen estado de mantenimiento en general, aunque se trata de elementos al final de su vida útil.



➤ **Operación**

La operatividad es adecuada parcialmente, pues el reactor es accesible solamente por algunas de las pasarelas existentes para realizar las tareas de mantenimiento.



Los turbocompresores, aunque bien mantenidos, están obsoletos y tienen un alto nivel sonoro de funcionamiento. Existen en la actualidad turbocompresores más eficientes y silenciosos.

➤ **Funcionalidad**

- El funcionamiento es correcto en cuanto a la calidad del efluente que pasa a los decantadores secundarios, sin embargo, esta calidad se consigue disminuyendo el caudal tratado considerablemente.
- La recirculación de fango para la eliminación del nitrógeno solamente se produce desde la decantación secundaria al biológico. Se debería recircular también dentro del propio tanque biológico haciéndolo pasar por las diferentes zonas (anaerobia, anóxica y óxica).
- Aproximadamente un 25% del volumen está funcionando como zona anóxica con el fin de eliminar nitrógeno.
- Los difusores cerámicos instalados, al igual que el resto de los equipos está anticuado y no cumple con la función para la que fueron proyectados.
- Se elimina algo de fósforo por vía biológica aunque la mayor parte se elimina por adición de cloruro férrico.

➤ **Conclusiones**

- El funcionamiento es adecuado para su diseño (no fue diseñado para eliminar nutrientes).
- Para eliminar nitrógeno por vía biológica se han disminuido los caudales tratados, derivando al colector Sur aproximadamente un 50% del caudal influente una vez superado el tratamiento primario. De esta forma, al disminuir caudal de entrada al biológico, se puede aumentar la recirculación y, por lo tanto, el tiempo de retención celular, favoreciendo la eliminación de nitrógeno.

Durante los meses más fríos ha sido necesario disminuir aún más el caudal de entrada al biológico para lograr el proceso de desnitrificación.

- Se debe eliminar completamente, y el proyectado debe permitir la zonificación del reactor para eliminar nutrientes por vía biológica (aunque manteniendo la dosificación de cloruro férrico para ajustar la salida de P).
- El nuevo tratamiento no debe producir olores ni ruidos que puedan ser molestos para las personas que habitan en los bloques de viviendas cercanos.
- Los equipos nuevos a instalar deben ser modernos, de modo que reduzcan los costes de explotación y mantenimiento.
- Los tornillos de elevación al reactor y los de recirculación de fangos se deben sustituir en el nuevo reactor por equipos de bombeo estándar.



## 2.4.- LÍNEA DE AGUA. DECANTACIÓN SECUNDARIA



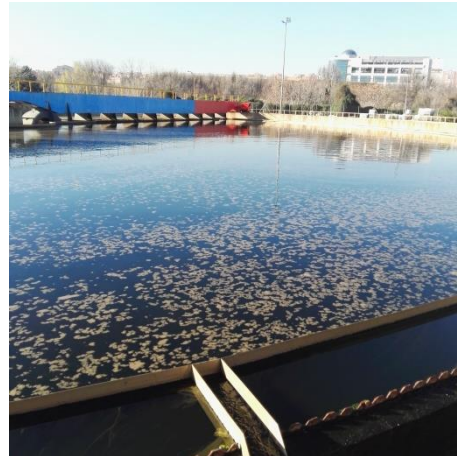
Está formada por:

- 6 decantadores secundarios de 62 m. de diámetro y altura útil de 3,5 m, con un volumen útil total de 63.400 m<sup>3</sup>.
- Purga de fangos biológicos mediante 1+1 (reserva) bombas de 90 m<sup>3</sup>/h y 1+1 (reserva) bombas de 150 m<sup>3</sup>/h.



### ➤ Conservación

- Obra civil, en buen estado de mantenimiento en general, sin embargo se aprecia una especie de pátina verde formada de algas sobre el hormigón y alguno de los elementos restantes.



- Equipos, en buen estado de conservación en general. Los puentes están obsoletos pero se encuentran bien conservados.



### ➤ Operación

La operatividad es adecuada, los decantadores están descubiertos y los puentes cuentan con pasarela dotada de barandillas. No obstante, en algunos puntos existen obstáculos que podrían dificultar el tránsito del personal. Cuenta con sistema de desodorización.



➤ **Funcionalidad**

- El funcionamiento de los decantadores es óptimo para los caudales actuales. El calado (3,50 m) es adecuado.

➤ **Conclusiones**

- El funcionamiento actual es adecuado aunque será necesario adaptarlo a las nuevas características de la planta, ya que hay que renovarla prácticamente por completo.
- Los equipos nuevos a instalar deben ser modernos, de modo que reduzcan los costes de explotación y mantenimiento.
- Existe una toma de riego en la salida del caudal efluente de los decantadores secundarios. Este caudal, que da servicio a la comunidad de regantes de la vega baja del Manzanares, incumple el RD 1620/2007 al no pasar por el tratamiento terciario de la planta. No obstante, en conversaciones con el personal de la planta, se nos ha advertido que no deber tenerse en cuenta en las futuras actuaciones a implantar en la misma.
- Los tornillos de recirculación deben sustituirse por equipos de bombeo estándares.

## 2.5.- LÍNEA DE AGUA. TRATAMIENTO TERCIARIO



Consta de los siguientes elementos:

- 6 cámaras de mezcla y agitación de 3,1 x 3 x 2,4 m cada una. Un agitador de velocidad rápida por cámara (fuera de servicio).

- 3 cámaras de floculación de 10 x 10 m, y 5,1 m de altura de lámina de agua. Un agitador de velocidad lenta por cámara (fuera de servicio).
- 14 filtros de arena de 14 x 9,3 x 3,8 m cada uno.
- 2+1 (reserva) bombas de agua de 1.400 m<sup>3</sup>/h a 10 mca y 75 kW para el lavado de filtros.
- 2+1 (reserva) soplantes de aire de 3.400 m<sup>3</sup>/h y 45 kW.
- 2+1 (reserva) bombas de agua industrial de 150 m<sup>3</sup>/h a 80 mca y 55 kW cada una.
- 3 bombas de evacuación de agua de lavado de 666 m<sup>3</sup>/h a 24 mca y 18,5 kW cada una.
- 2 bombas de envío de agua filtrada a planta de reutilización riego parques de 850 m<sup>3</sup>/h a 12 mca y 45 kW cada una.
- 1 bomba de envío de agua sin filtrar a planta de reutilización riego parques de 547 m<sup>3</sup>/h a 8 mca.

#### ➤ Conservación

- Obra civil, en buen estado de mantenimiento en general, el hormigón se nota deteriorado en algunos puntos por su antigüedad.



- Equipos, en buen estado de mantenimiento, se aprecian equipos nuevos, sin embargo otros están obsoletos, por lo que habría que sustituirlos.





### ➤ Operación

La operatividad es adecuada, existen barandillas de seguridad en escaleras y bordes de los tanques para evitar caídas, y los equipos están a cubierto. No obstante, hay equipo instalado en salas en las que el espacio debería ser mayor para permitir una movilidad fluida de los operarios de mantenimiento.



### ➤ Funcionalidad

- El funcionamiento es adecuado para los caudales que se tratan actualmente.
- Una vez superado el terciario, parte se vierte al río y parte pasa a un tratamiento cuaternario en el que se dota al agua de la calidad necesaria para poder ser utilizada en riego de parques y jardines de Madrid.
- Una parte de los filtros de arena está en desuso, solamente se funciona con una línea.



- Existe un antiguo canal de cloración que se utiliza como depósito ocasionalmente.



### ➤ Conclusiones

- El funcionamiento es adecuado para los caudales que se están tratando.
- Se debe renovar completamente el tratamiento terciario para adaptarlo a los nuevos requerimientos de la planta, ya que va a ser remodelada prácticamente en su totalidad.
- Los equipos nuevos a instalar deben ser modernos, de modo que reduzcan los costes de explotación y mantenimiento.

## 2.6.- LÍNEA DE AGUA. ESTACIÓN REGENERADORA DE AGUAS RESIDUALES (ERAR)



Sistema de regeneración de aguas, repartido en dos líneas, compuesto por los siguientes elementos:

- 2+1 bombas de  $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$  para captación desde cámara de cloración.
- 2+1 bombas de  $0,24 \text{ m}^3/\text{s}$ , para captación desde depósito de agua de salida de filtración terciaria.
- Cámaras de mezcla – coagulación de  $4,2 \times 2,3 \times 1,8 \text{ m}$  y un agitador de  $1,5 \text{ kW}$  (tres líneas independientes).
- Cámaras de floculación de  $6,75 \times 13,8 \times 1,8 \text{ m}$  y un agitador de  $1,1 \text{ kW}$  (tres líneas independientes).
- 3 decantadores lamelares de  $9,4 \times 6,75 \times 1,8 \text{ m}$ .
- 6 filtros tipo “Hydroclear” de  $9,15 \times 3,7 \times 0,25 \text{ m}$ .
  - 1+1 (reserva) soplantes de aire de  $22,8 \text{ m}^3/\text{min}$  y  $5,5 \text{ kW}$ , otra soplante de  $9,52 \text{ m}^3/\text{min}$  y  $5,5 \text{ kW}$ .
  - 1+1 (reserva) bombas de retro lavado de  $980 \text{ m}^3/\text{h}$  a  $7 \text{ mca}$  y  $45 \text{ kW}$ .
  - 3 bombas en pozo de fangos de  $102 \text{ m}^3/\text{h}$  a  $6 \text{ mca}$  y  $45 \text{ kW}$ .
- 7 filtros malla de paso de 25 micras.
  - 3+1(reserva) bombas de envió de agua a filtros malla de  $523 \text{ m}^3/\text{h}$  a  $27 \text{ mca}$  y  $47.5 \text{ kW}$ .

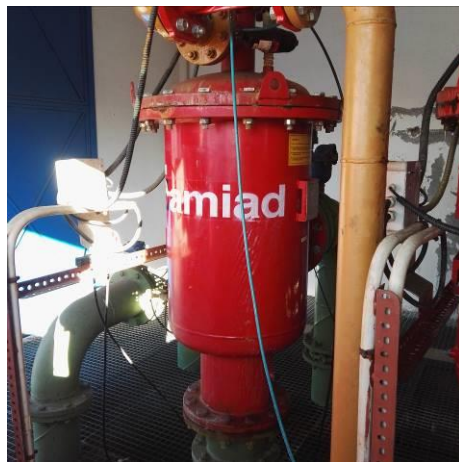
- Desinfección mediante rayos UV (2 canales, uno para 0,29 m<sup>3</sup>/s y otro para 0,15 m<sup>3</sup>/s).
- Desinfección mediante dióxido de cloro.
- Bombeo intermedio de agua tratada a deposito 3+1 bombas de 522 m<sup>3</sup>/h a 15 mca y 37 kW.
- Depósito para agua tratada de 5.700 m<sup>3</sup> de capacidad.
- Estación de bombeo e impulsiones a parques.

➤ **Conservación**

- Obra civil, estado de mantenimiento adecuado en general, salvo algunas zonas con imperfecciones en el hormigón propias de la dilatada vida útil que posee.

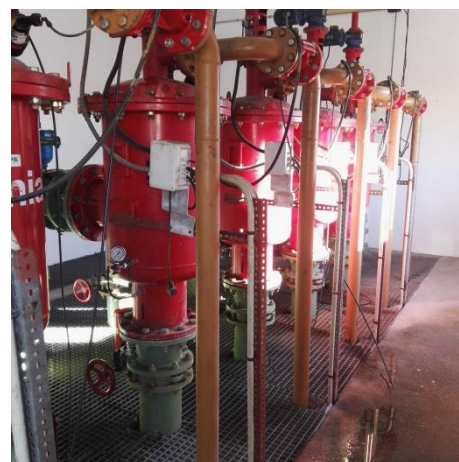


- Equipos, estado de mantenimiento adecuado en general, no obstante, se aprecian fugas en los filtros malla de eliminación de los huevos de nematodos. En parte de los elementos antiguos se aprecian signos de corrosión, los equipos modernos están en perfectas condiciones.



### ➤ Operación

La operatividad en la estación regeneradora de aguas residuales es la adecuada, existen barandillas de seguridad en escaleras y los bordes de los tanques para evitar caídas. Los equipos que están a cubierto cuentan con el espacio necesario para la realización de las labores de mantenimiento.



### ➤ Funcionalidad

- El funcionamiento del tratamiento para regeneración de agua es el adecuado para los caudales de riego demandados.



- Uno de los filtros de arena tipo “HydroClear” se encuentra fuera de servicio en el momento de la visita.



- El volumen del depósito destinado a almacenar el agua tratada resulta inferior a la necesitada, debido a que la capacidad del bombeo instalado es mayor a la producción de la planta.



### ➤ Conclusiones

- El funcionamiento es adecuado para los caudales que se están tratando. Sin embargo, se deben renovar completamente las instalaciones de este proceso para adaptarlas a los requerimientos de la nueva planta, ya que va a ser remodelada prácticamente en su totalidad.
- En cuanto a sostenibilidad, este tratamiento es óptimo, ya que se le da un uso al agua regenerada que en caso de no existir habría que llevarlo a cabo con agua de la red de abastecimiento. Por ello, habría que estudiar la posibilidad de aumentar el volumen de agua regenerada en la nueva planta, adaptándose a un posible aumento de la demanda.
- El volumen del depósito que almacena el agua tratada es inferior al necesario. Al dimensionar la nueva planta, se ha de tener en cuenta esta experiencia, de modo que habrá que proyectar un depósito mayor.
- Los equipos nuevos a instalar deben ser modernos, de modo que reduzcan los costes de explotación y mantenimiento.

### 2.7.- LÍNEA DE FANGOS



Está compuesta por:

- Línea de tamizado y desarenado con posterior homogeneización.
- 4 tamices rotativos de 120 m<sup>3</sup>/h para fangos primarios.

- 2 espesadores por gravedad para fango primario de 34 m de diámetro y 3 m de altura.
- 3 espesadores por flotación para fango biológico, dos de 12 m y uno de 15 m de diámetro.
- 7 digestores primarios, cuatro unidades de 25 m de diámetro y 12,3 m de altura, uno de 29 m de diámetro y 12,3 m de altura y dos más de 27 m de diámetro y 11,5 m de altura.
- 2 digestores secundarios de 27 m de diámetro y 12,3 m de altura.
- Calefacción de fangos mediante seis calderas o aprovechamiento de los circuitos de refrigeración de los motogeneradores.
- 2 depósitos dotados de agitación para el fango digerido de 6.000 m<sup>3</sup> cada uno.
- 3 filtros banda de 20 m<sup>3</sup>/h cada uno.
- 3 centrífugas de 32 m<sup>3</sup>/h cada una.
- 1 centrífuga de 35 m<sup>3</sup>/h.
- Tolva de almacenamiento de fangos deshidratados de 125 m<sup>3</sup>.

➤ **Conservación**

- Obra civil, el estado en el que se encuentra es deficiente, los digestores están contruidos con muros de mampostería de ladrillo.



- Equipos, en general en buen estado de mantenimiento, aunque las tecnologías están obsoletas en muchos casos. Se aprecian signos de corrosión en la mayoría de los elementos metálicos de estructuras y equipos.





➤ **Operación**

- La operatividad es limitada, parte de los habitáculos donde están instalados los equipos tienen falta de espacio para realizar labores de mantenimiento. En la zona de los digestores aparecen un gran número de escaleras que forman prácticamente un laberinto, por lo que la movilidad dista de ser la necesaria.



- En las zonas donde existe el riesgo de caída a distinto nivel hay instaladas barandillas de seguridad.
- Se está instalando un nuevo sistema de desodorización para el tamizado proveniente de los decantadores primarios.



➤ **Funcionalidad**

- El espesador por flotación de 15 m de diámetro no funciona correctamente.



- El funcionamiento actual es adecuado en general, excepto los tamices del fango primario que se atascan con facilidad.



- Dos de los digestores secundarios que no se utilizan en el proceso de digestión se están utilizando actualmente como depósitos de fango digerido.
- Actualmente, se trabaja solamente con dos de las centrifugas, y se trata de equipos obsoletos.
- **Conclusiones**
  - Se deben sustituir prácticamente todos los elementos de la línea de fangos.
  - El nuevo diseño deberá ser ordenado de modo que facilite la explotación y evite bombeos innecesarios.
  - Al encontrarse en una zona cercana a bloques de viviendas, en la planta nueva habrá de diseñar un sistema de desodorización para evitar que se repitan las quejas por olores desagradables de los vecinos.
  - El funcionamiento es adecuado de acuerdo a los caudales tratados.
  - Es necesaria una retirada de los equipos y demolición de la obra civil fuera de uso.
  - En necesario la sustitución de los tamices del fango primario.
  - Es necesario rediseñar el sistema de digestores para que cada elemento se destine a un fin concreto.
  - Las centrifugas hay que cambiarlas por completo, y hay que retirar los filtros banda.
  - Hay que implantar un sistema de tratamiento de los retornos tipo Anammox o similar para disminuir la carga de nutrientes a cabeza de planta.

## 2.8.- LÍNEA DE GAS



Formada por:

- 2 compresores de gas.
- Campana gasométrica de 7.000 m<sup>3</sup>.
- 2 compresores de gas de 700 m<sup>3</sup>/h.
- Esfera de almacenamiento de 1.400 m<sup>3</sup>
- 2 motogeneradores de 900 kW.
- Antorcha de 750 m<sup>3</sup>/h.

### ➤ **Conservación**

- Obra civil, en buen estado de conservación en general.
- Equipos, en general en buen estado de mantenimiento aunque parte de ellos, como los motogeneradores y los compresores están al final de su vida útil.



➤ **Operación**

La operatividad es adecuada. Los equipos se encuentran a cubierto en un edificio que dispone de grúa y de gran espacio para desarrollar las tareas pertinentes de mantenimiento.



➤ **Funcionalidad**

➤ El funcionamiento es adecuado en general, los motogeneradores producen actualmente del orden del 60% de la energía requerida por la planta completa, aunque este porcentaje podría aumentarse renovando los equipos.



## ➤ Conclusiones

- El funcionamiento es adecuado.
- La sala de calderas y motogeneración podría mantenerse en la nueva planta, ya que cuenta con las dimensiones y las características necesarias.
- Se deben renovar completamente todos los elementos de la línea de gas, sustituyéndolos por equipos modernos que reduzcan los costes de explotación y produzcan un porcentaje mayor de la energía necesaria por la planta. El dimensionamiento se hará en función de la nueva planta.
- Es necesario la renovación de los motogeneradores por otros modernos que tengan un mayor rendimiento.



- El gasómetro de campana debe sustituirse por gasómetro de membrana.

## 2.9.- OTROS

La planta cuenta además con otros elementos a destacar como:

- La planta cuenta con sistema SCADA completo. Es de reciente instalación y deberá actualizarse con los nuevos elementos a diseñar. La comunicación entre los diferentes elementos de la planta y el SCADA deberá ser mediante fibra óptica.

## 2.10.- CONCLUSIONES DEL ESTADO ACTUAL

La EDAR La China está en un entorno urbano y rodeado de cinco barrios con una población aproximada de 120.000 habitantes. No existe posibilidad de aumentar su parcela y dada la proximidad a la población existen numerosas quejas al respecto de ruidos, olores y demás molestias que los residentes próximos asocian a la propia EDAR.

El proceso de la planta no se diseñó para eliminar nutrientes por ser su proyecto y construcción anterior a la normativa que limita su vertido. Por este motivo no tiene capacidad para eliminar nitrógeno y fósforo por vía biológica.

Se trata de una planta antigua con equipos que han superado su vida útil.



## ANEJO N°4. TOPOGRAFÍA

### ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	2
2.- CARTOGRAFÍA EMPLEADA .....	2
PLANOS.....	3



## **1.- INTRODUCCIÓN**

El objeto del presente anejo consiste en la representación gráfica de la planta general topográfica de toda la extensión abarcada por las actuaciones descritas en el proyecto.

Se ha empleado cartografía a escala 1:1000 del Ayuntamiento de Madrid.

## **2.- CARTOGRAFÍA EMPLEADA**

Actualización cartográfica generada por la restitución de vuelo fotogramétrico 2016 con sistema de referencia EPSG:25830.

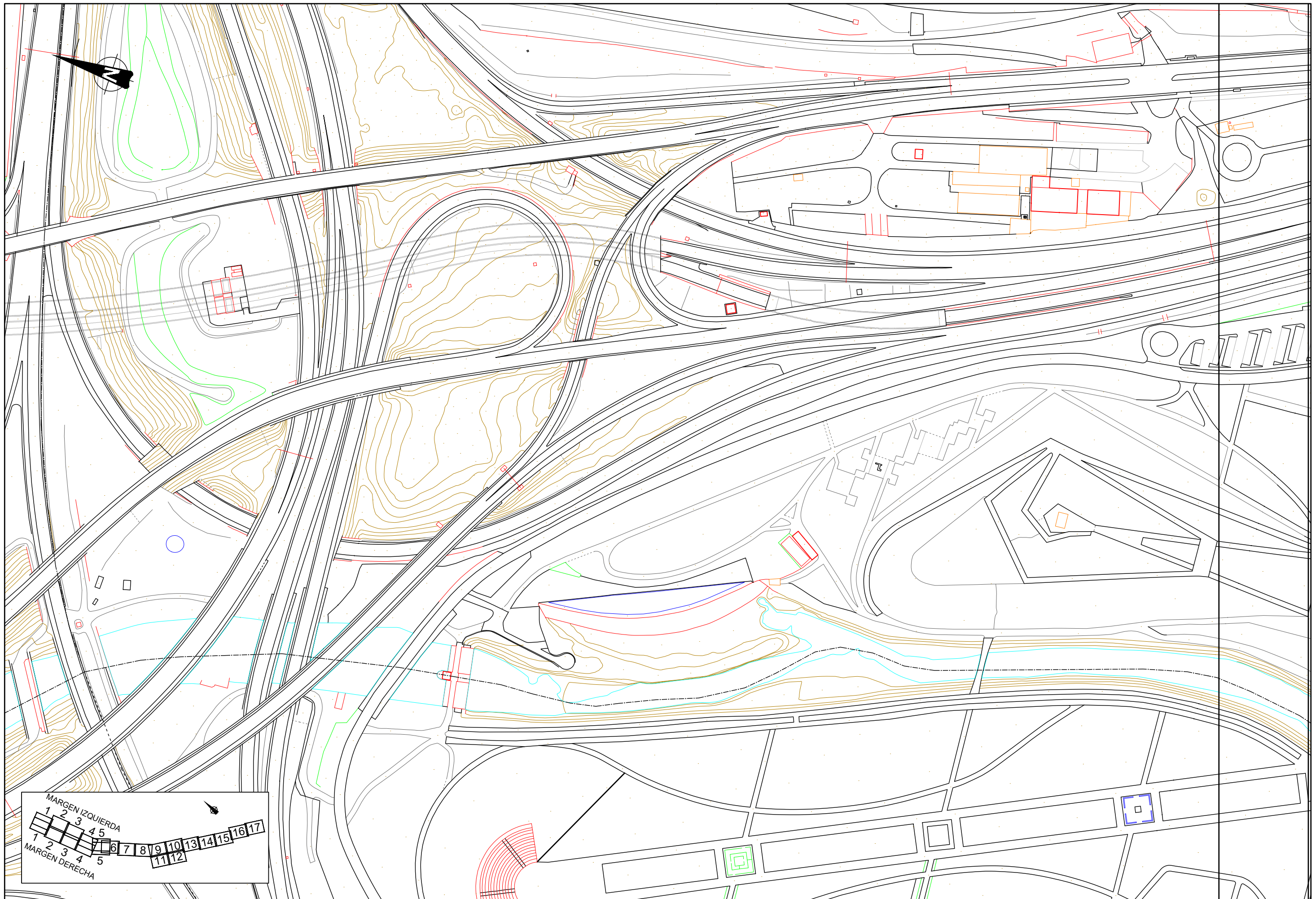
La información vectorial obtenida mediante la digitalización sobre la ortofoto se muestra en los siguientes temas representados: edificaciones, construcciones y cerramientos, edificios singulares, parcelario de viario, hidrografía, altimetría (puntos acotados en terreno y edificios, en zonas abiertas curvas de nivel de equidistancia 1m), movilidad, medio ambiente, monumentos, red eléctrica y elementos auxiliares, a estos datos se incorpora la información de callejero municipal, toponimia y rotulación auxiliar, red topográfica municipal, divisiones administrativas y proyectos de obra.

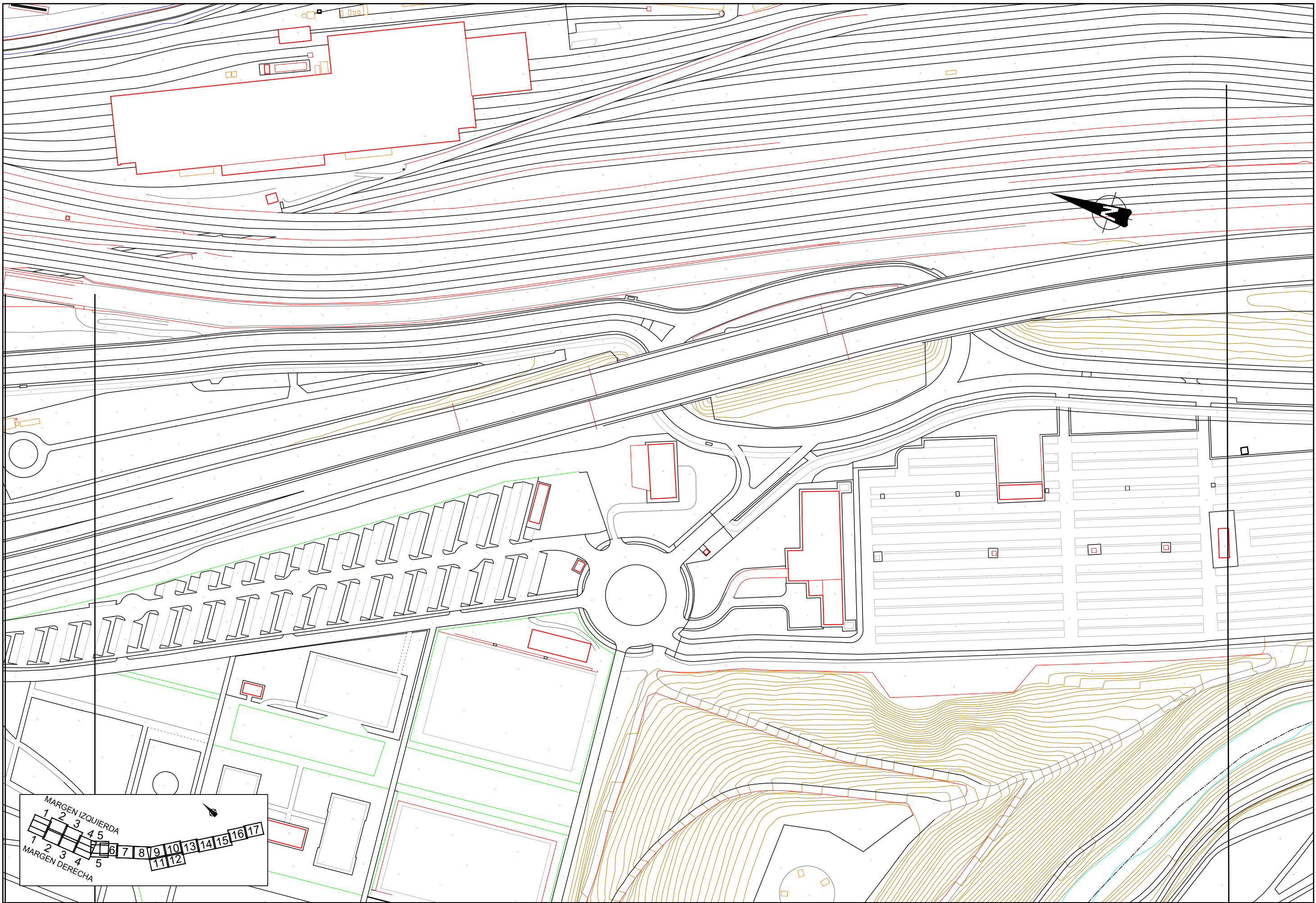
En esta versión se incorpora el trazado de los túneles obtenido mediante técnicas de captura de datos de `mapeo móvil` y deja de incluirse el parcelario catastral que figuraba en versiones anteriores.

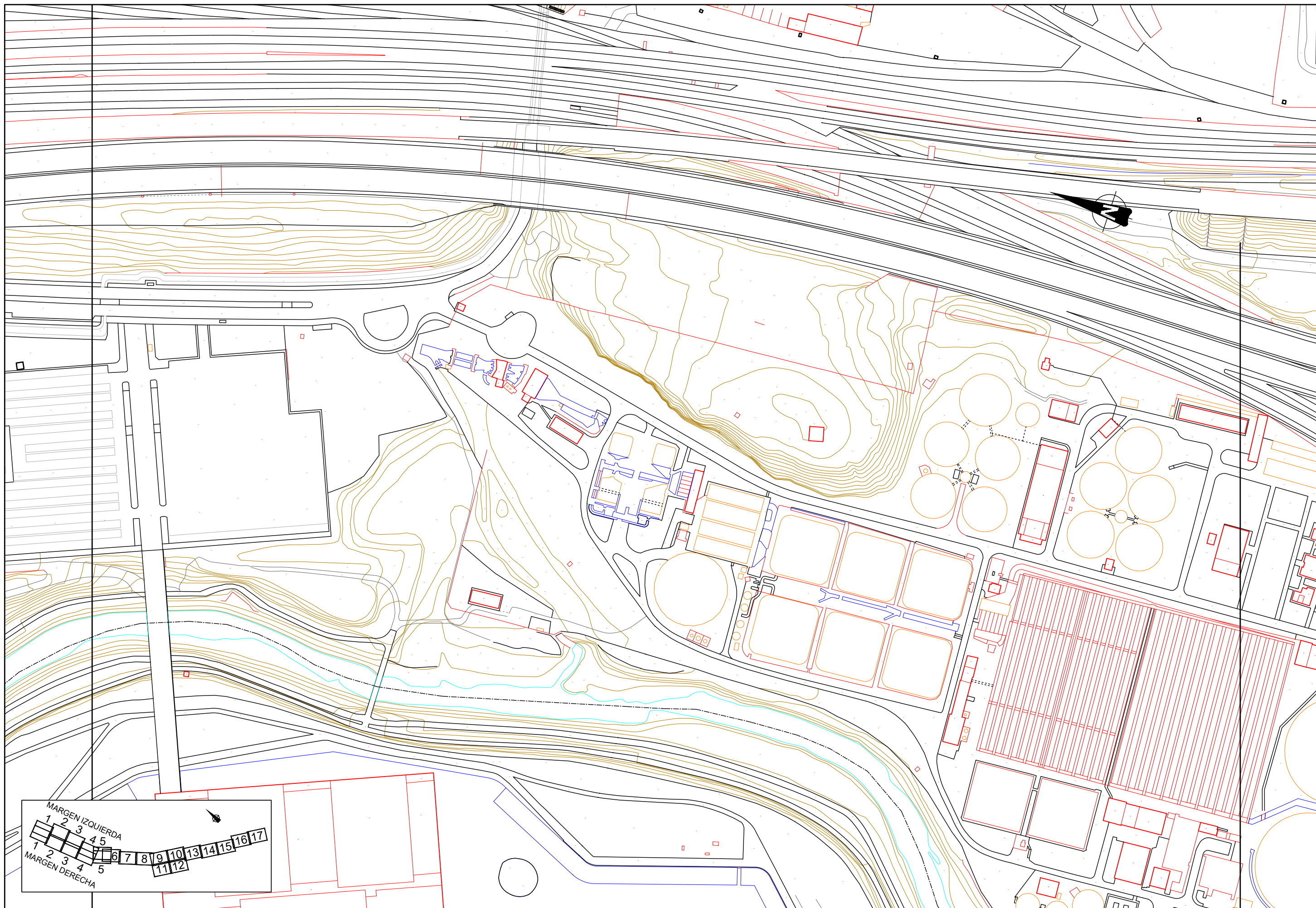


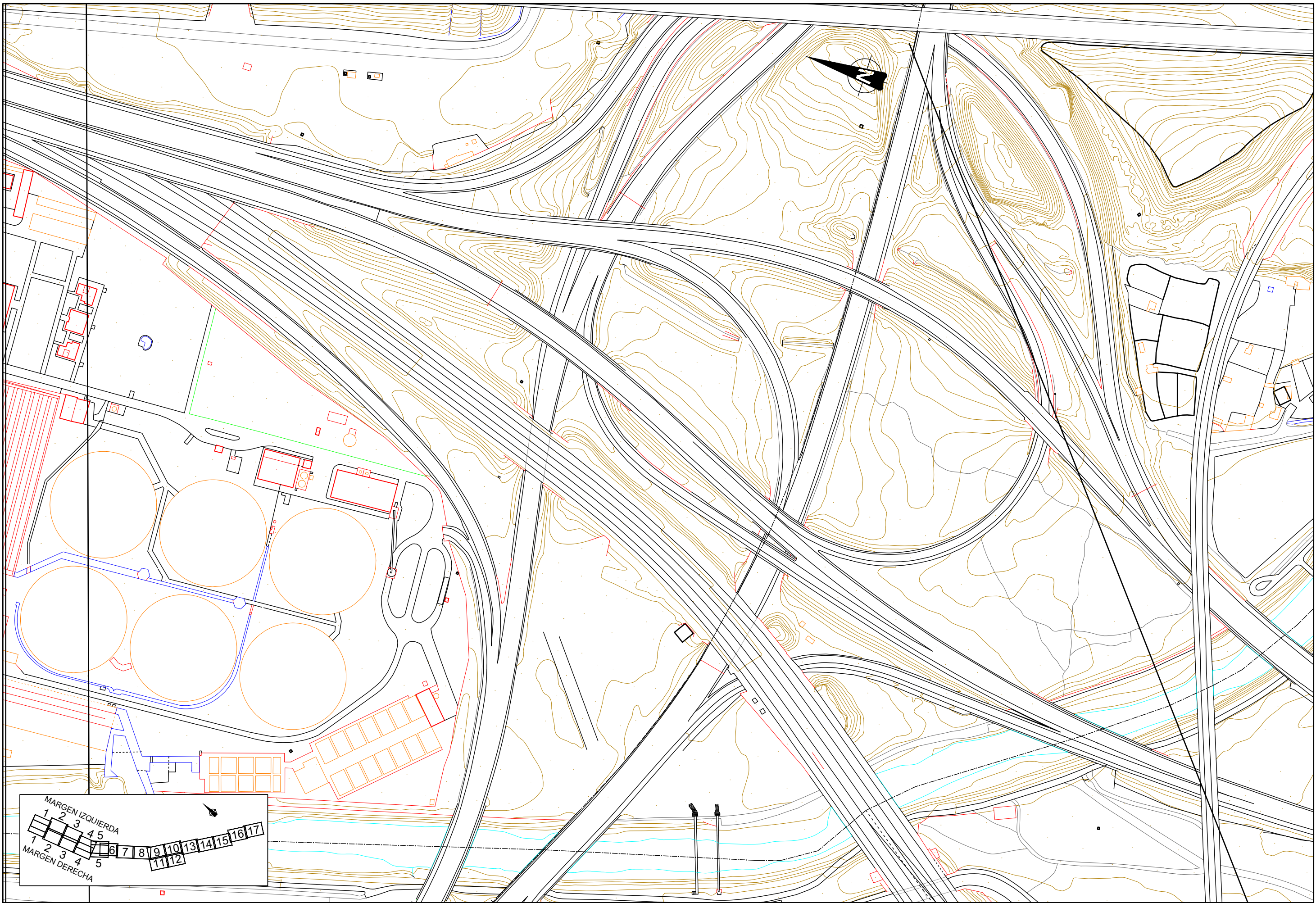


PLANOS

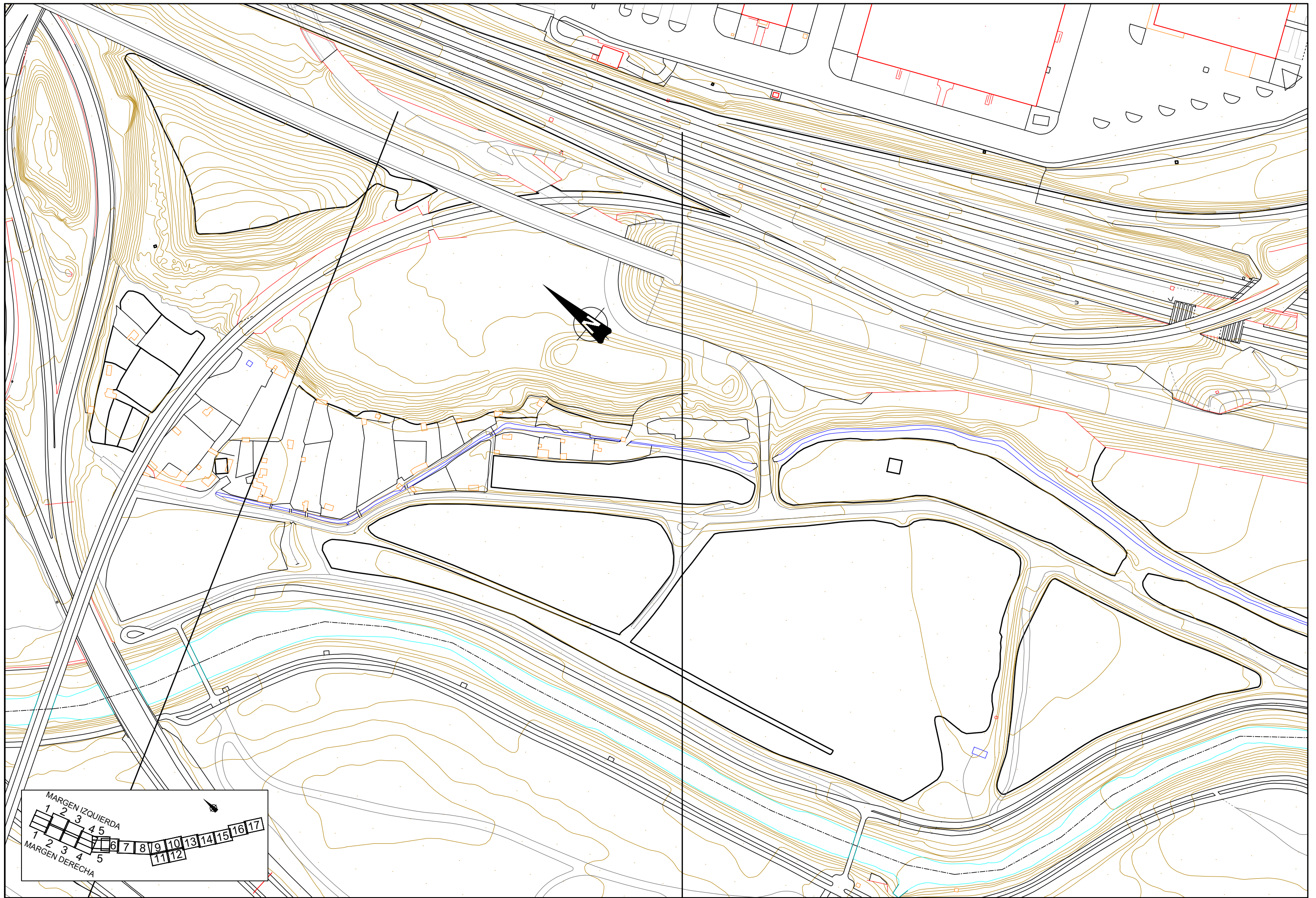


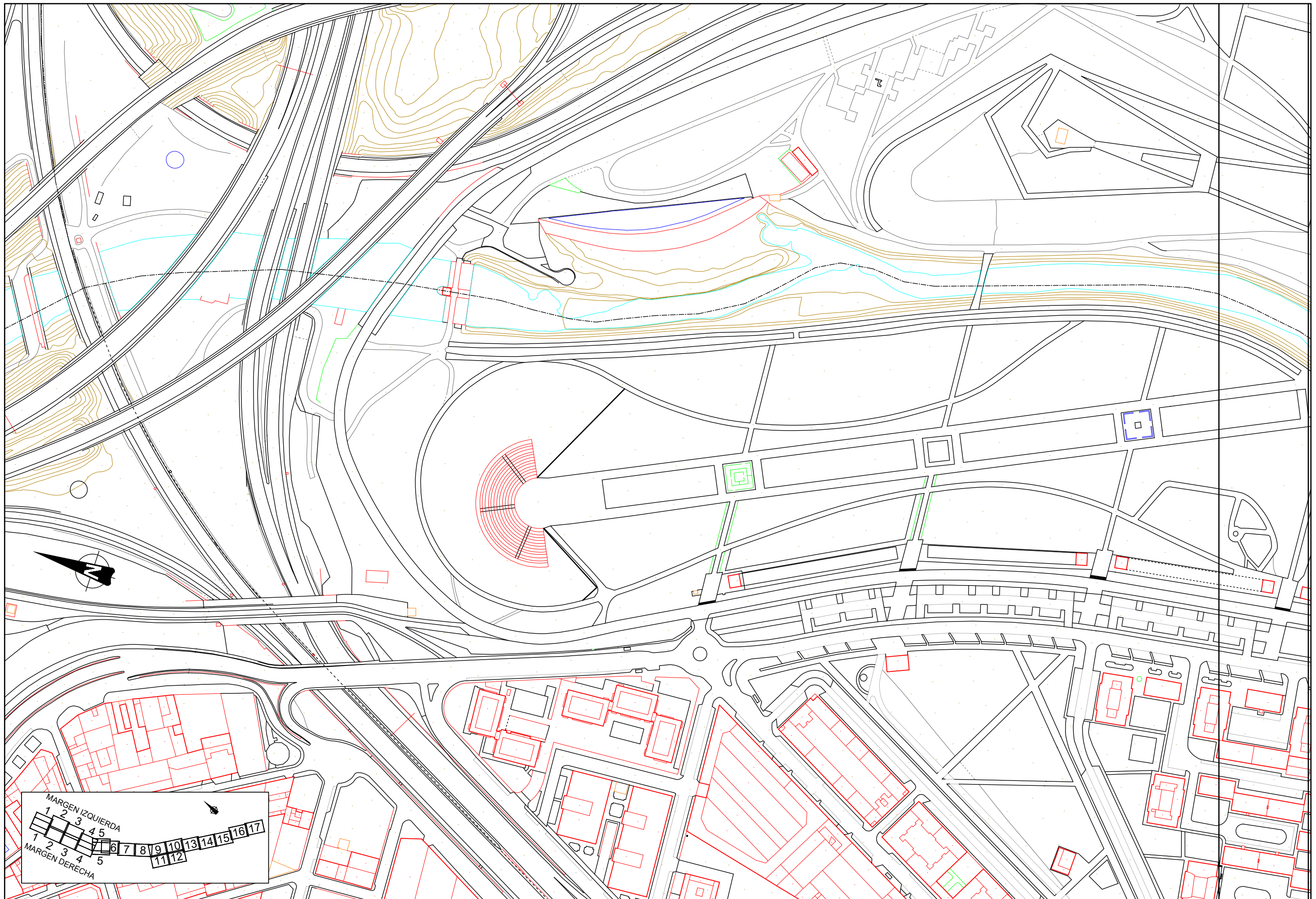


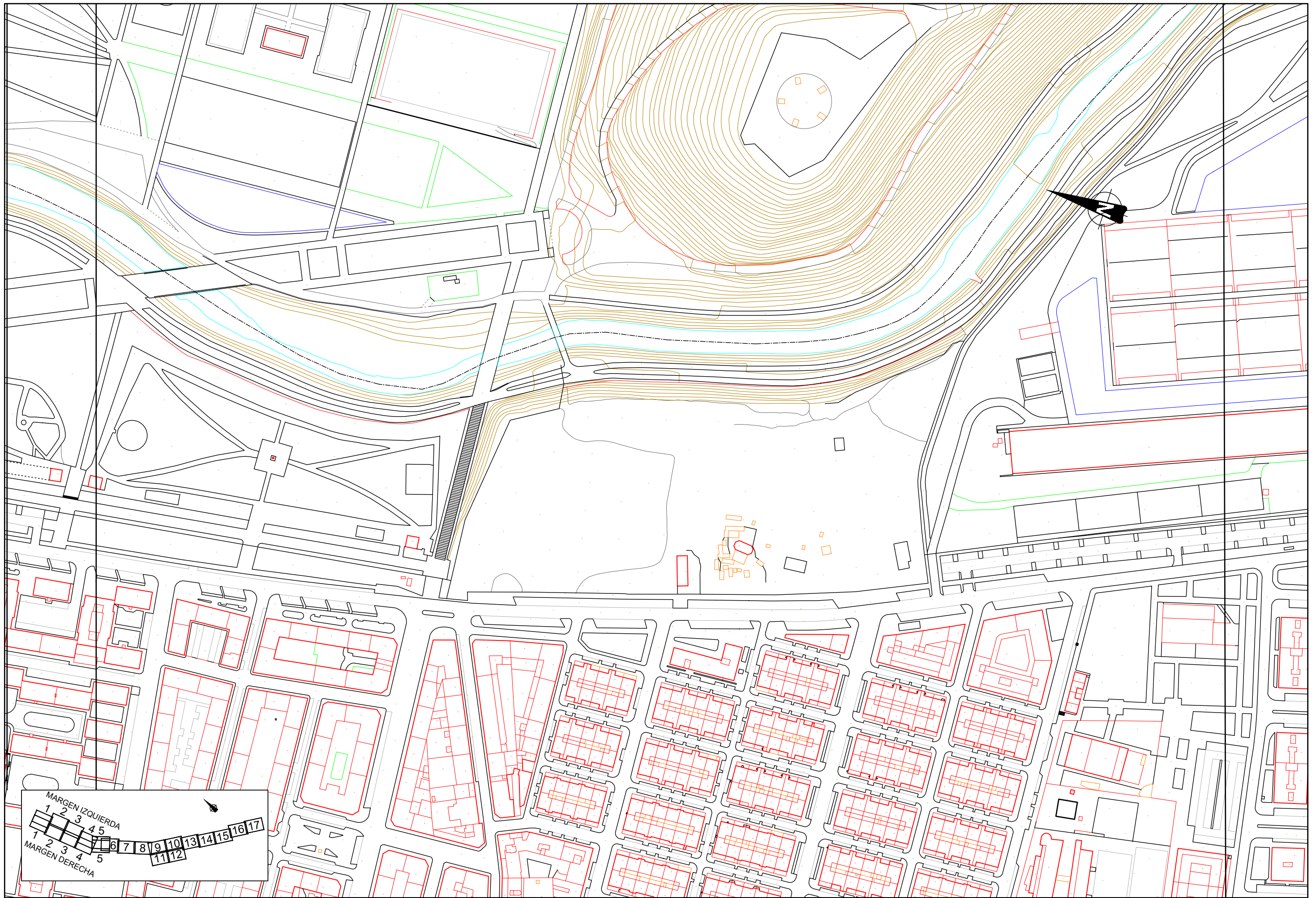




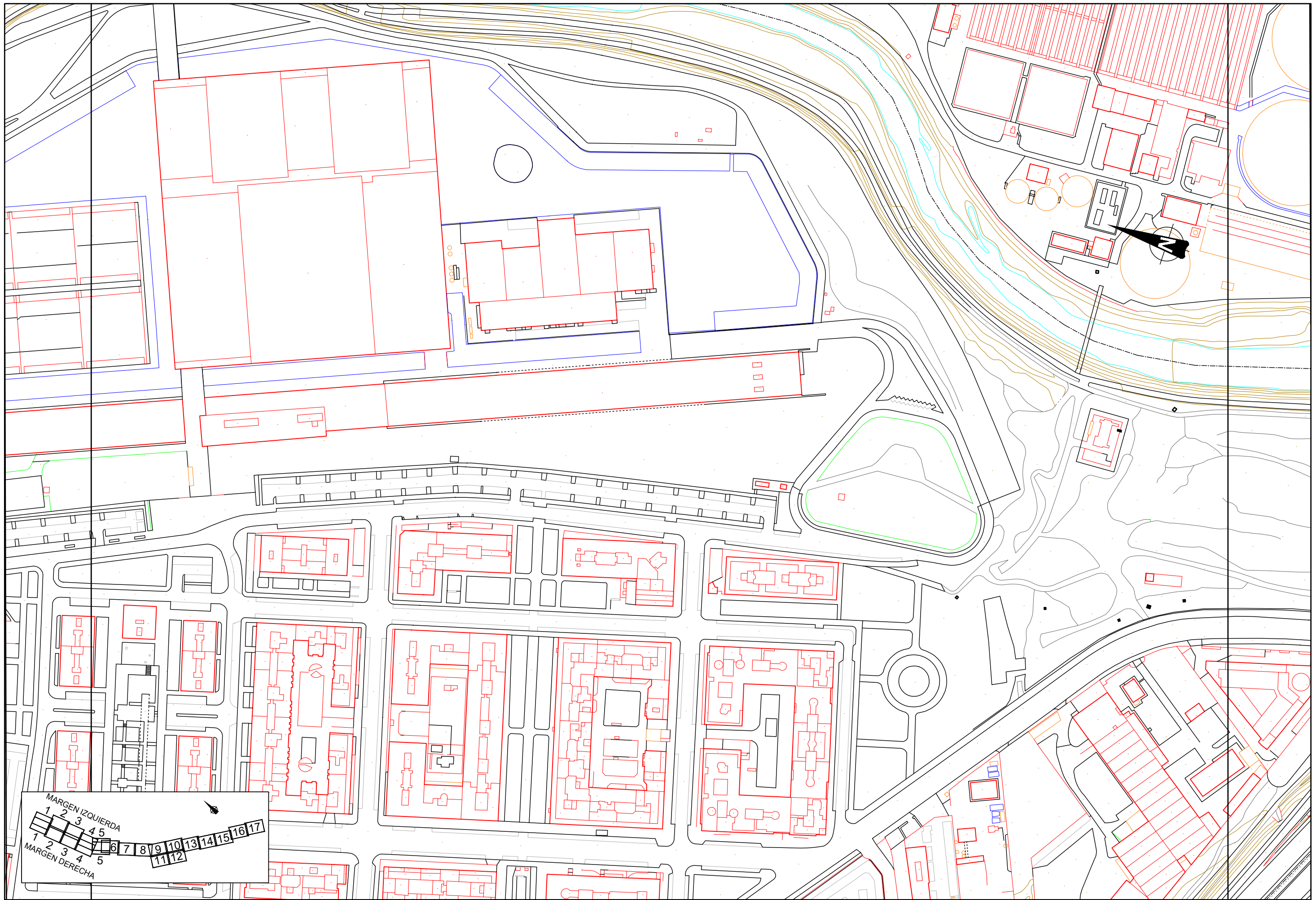
MARGEN IZQUIERDA														
1	2	3	4	5										
1	2	3	4	5										
MARGEN DERECHA														
			6	7	8	9	10	13	14	15	16	17		
													11	12

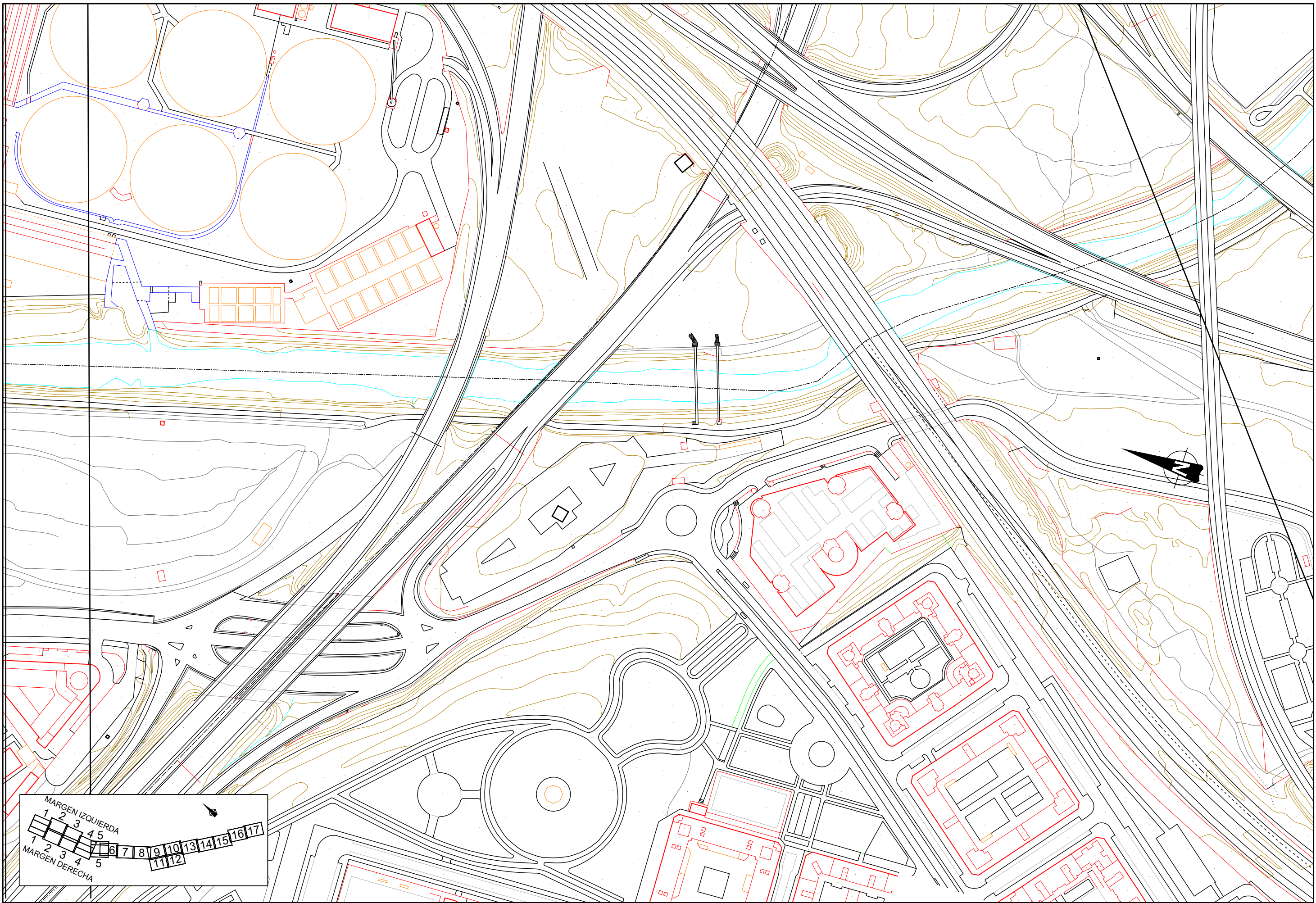




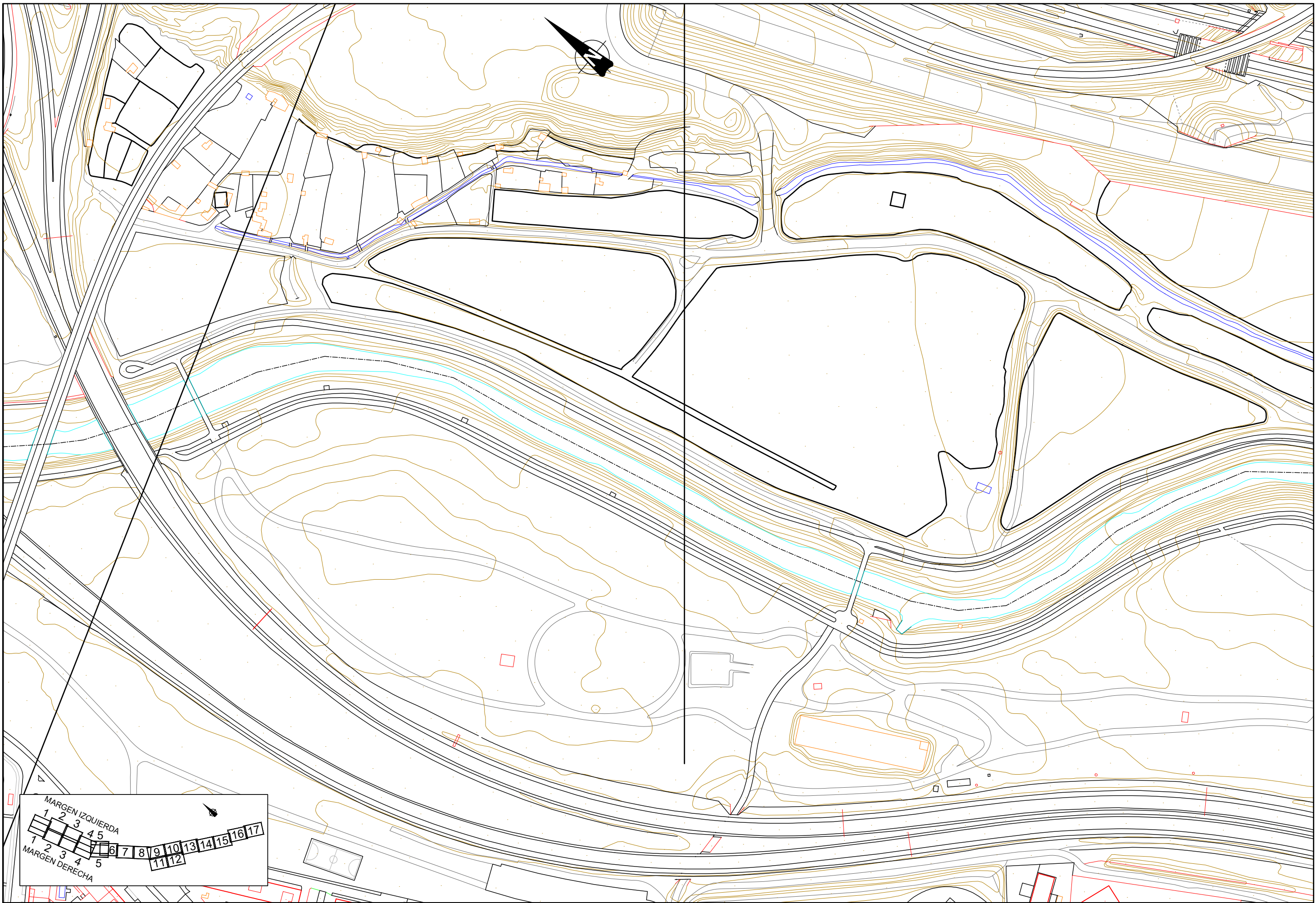


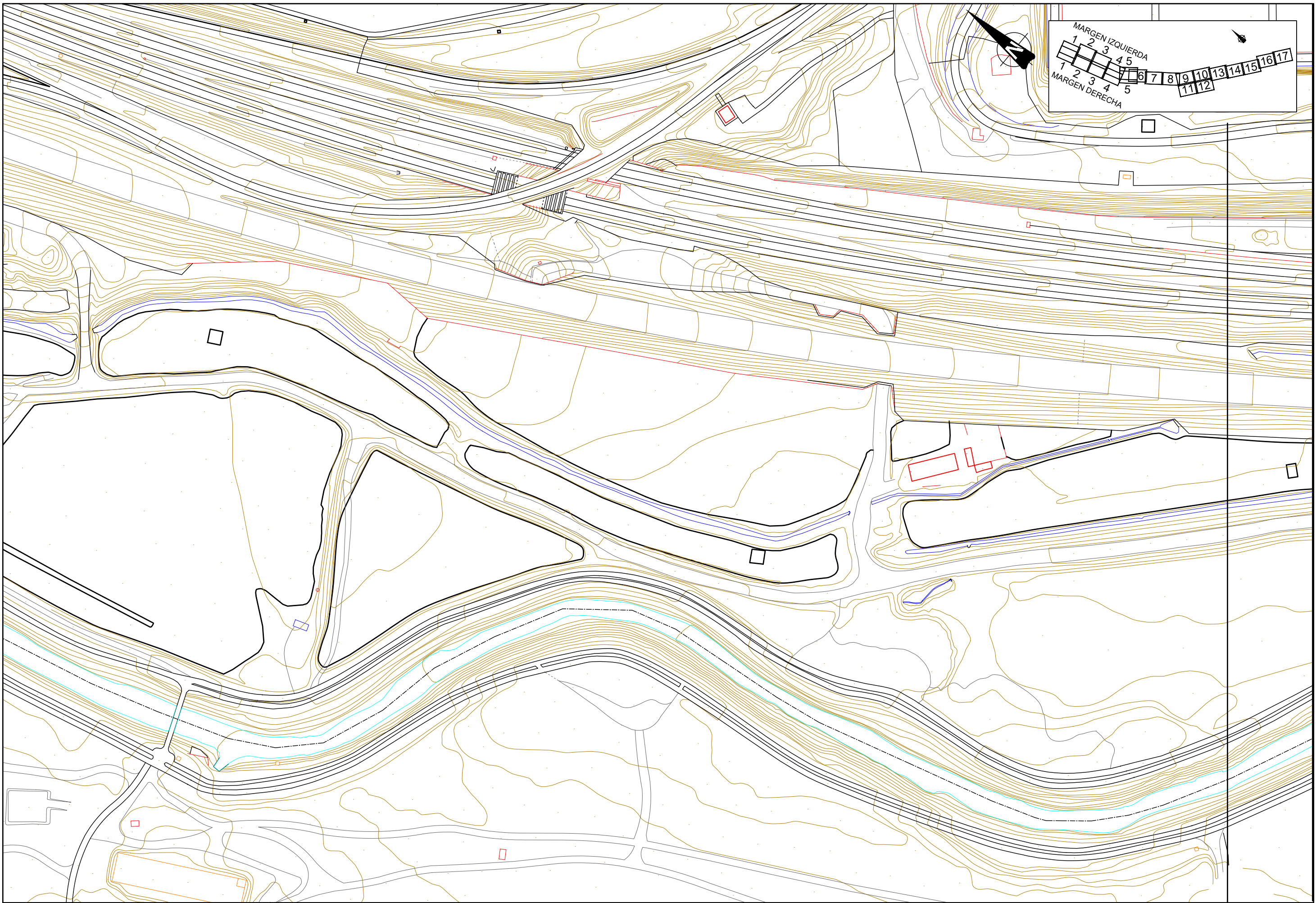


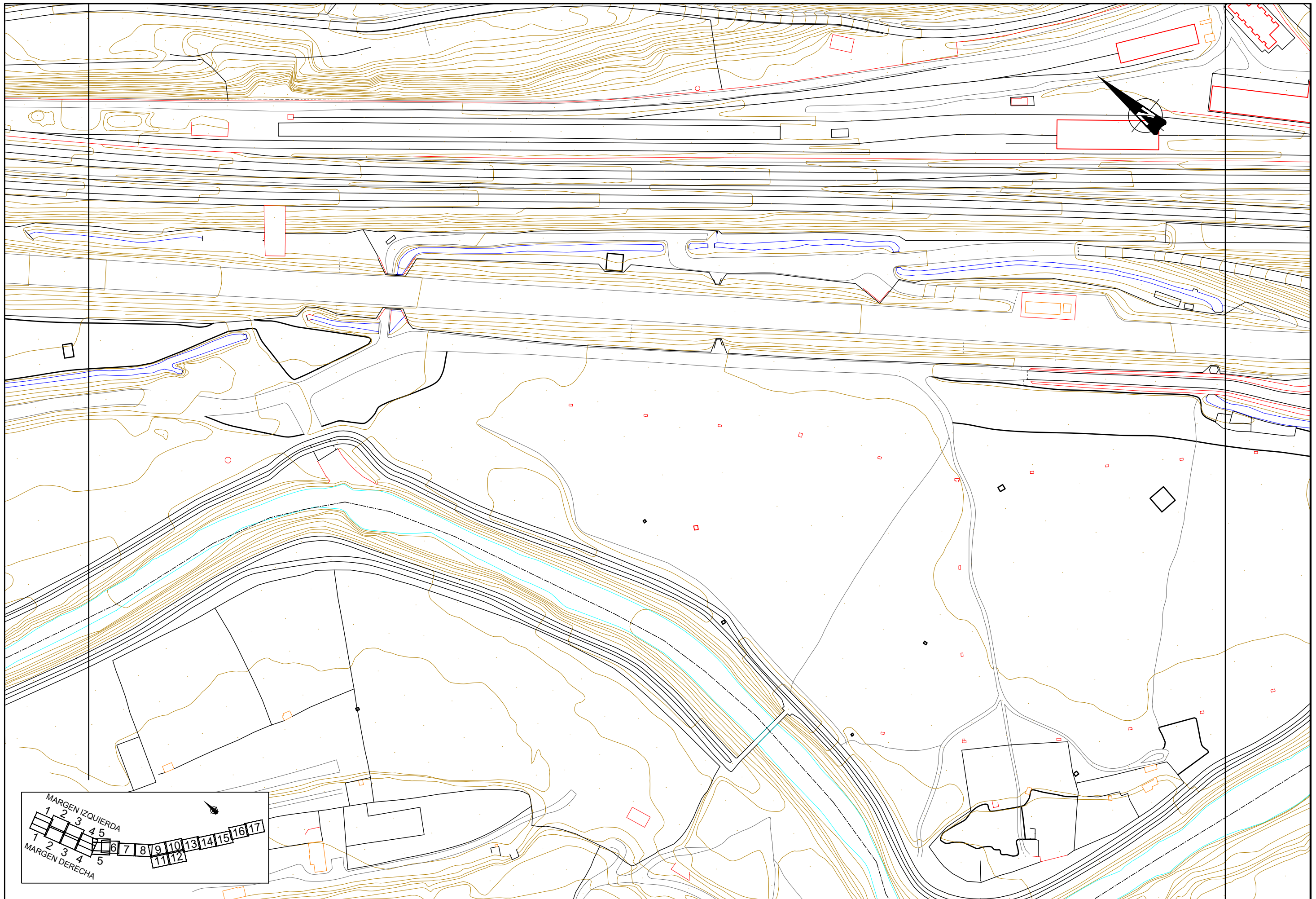




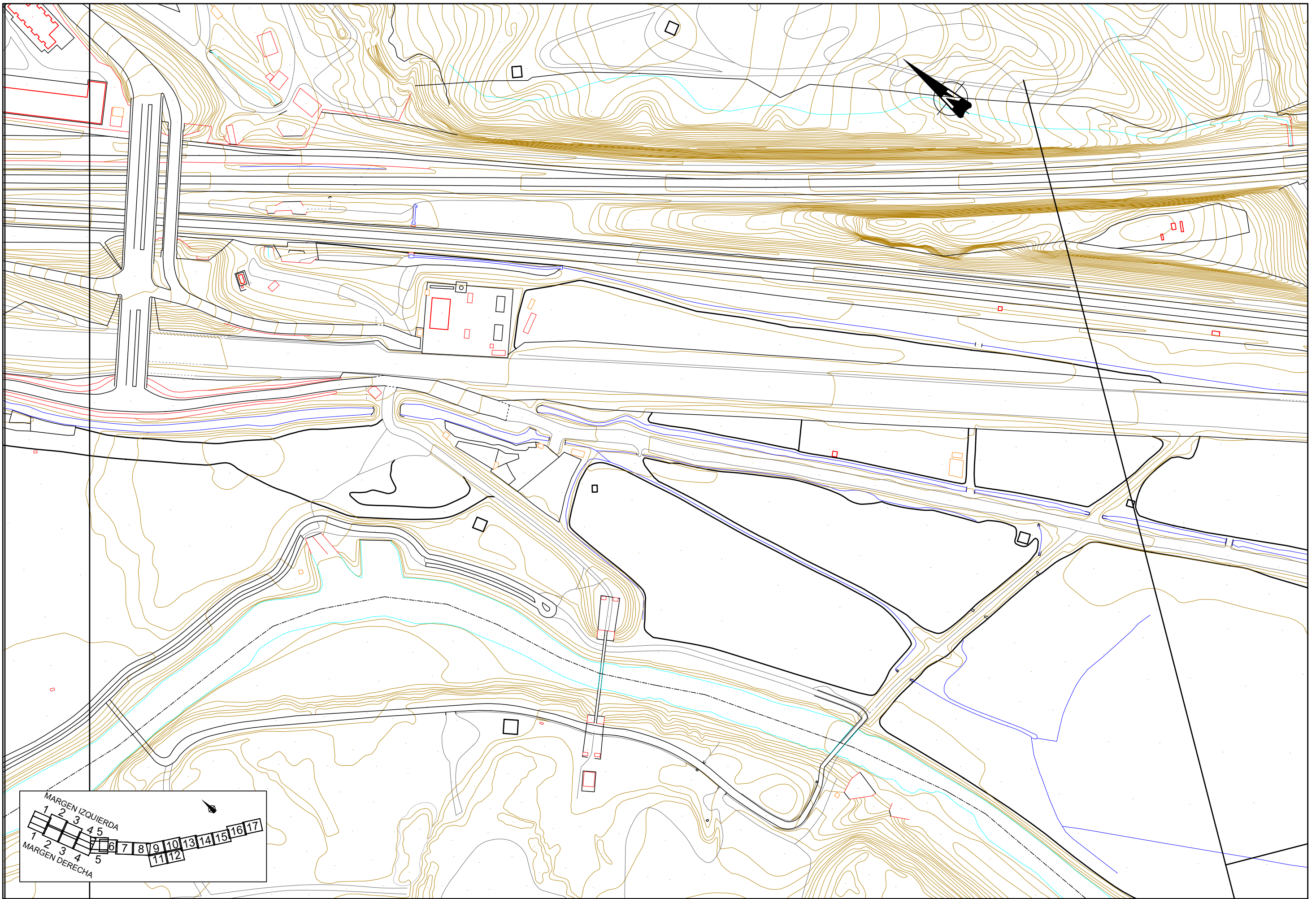
MARGEN IZQUIERDA																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	17		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	17		
MARGEN DERECHA																

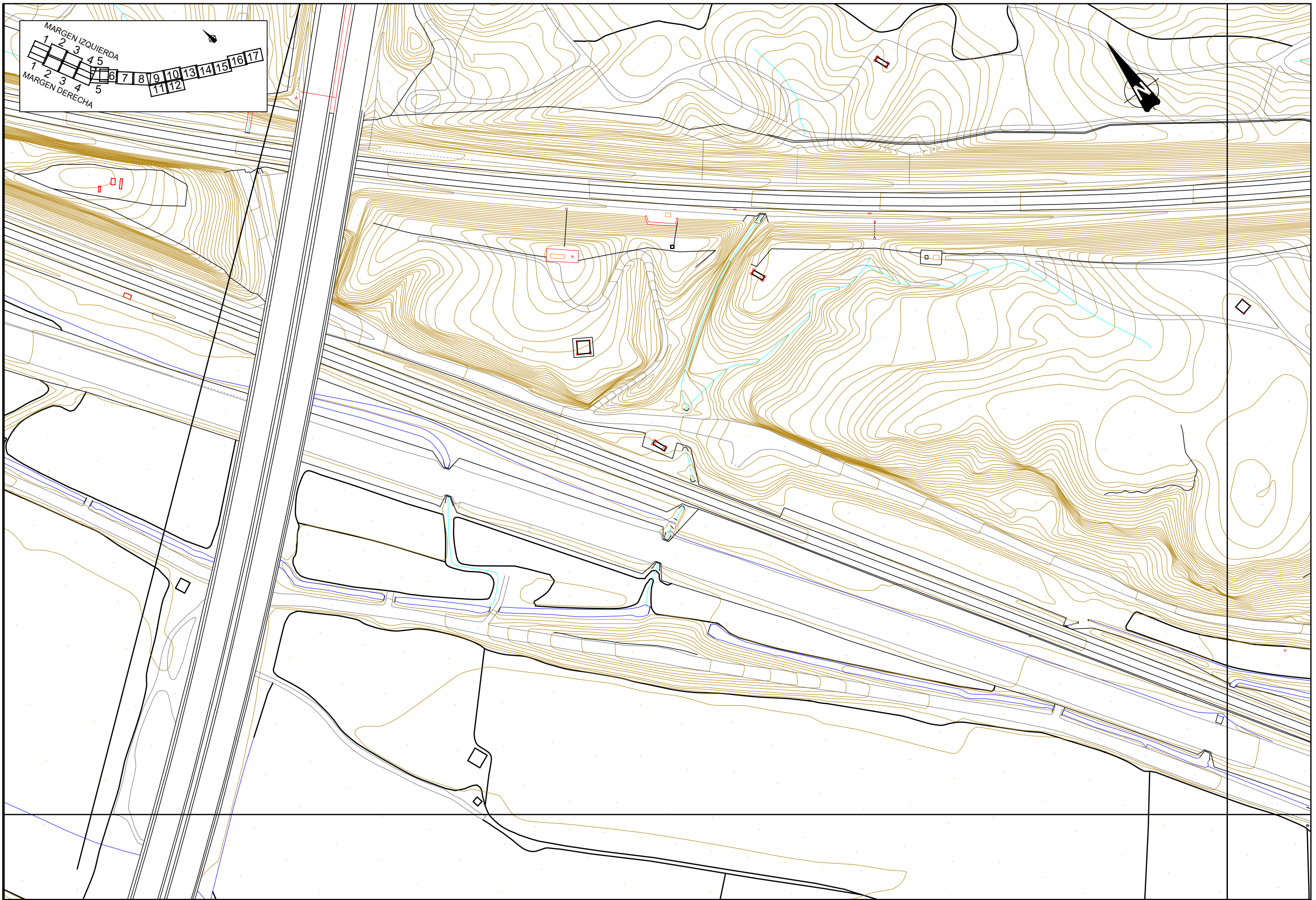


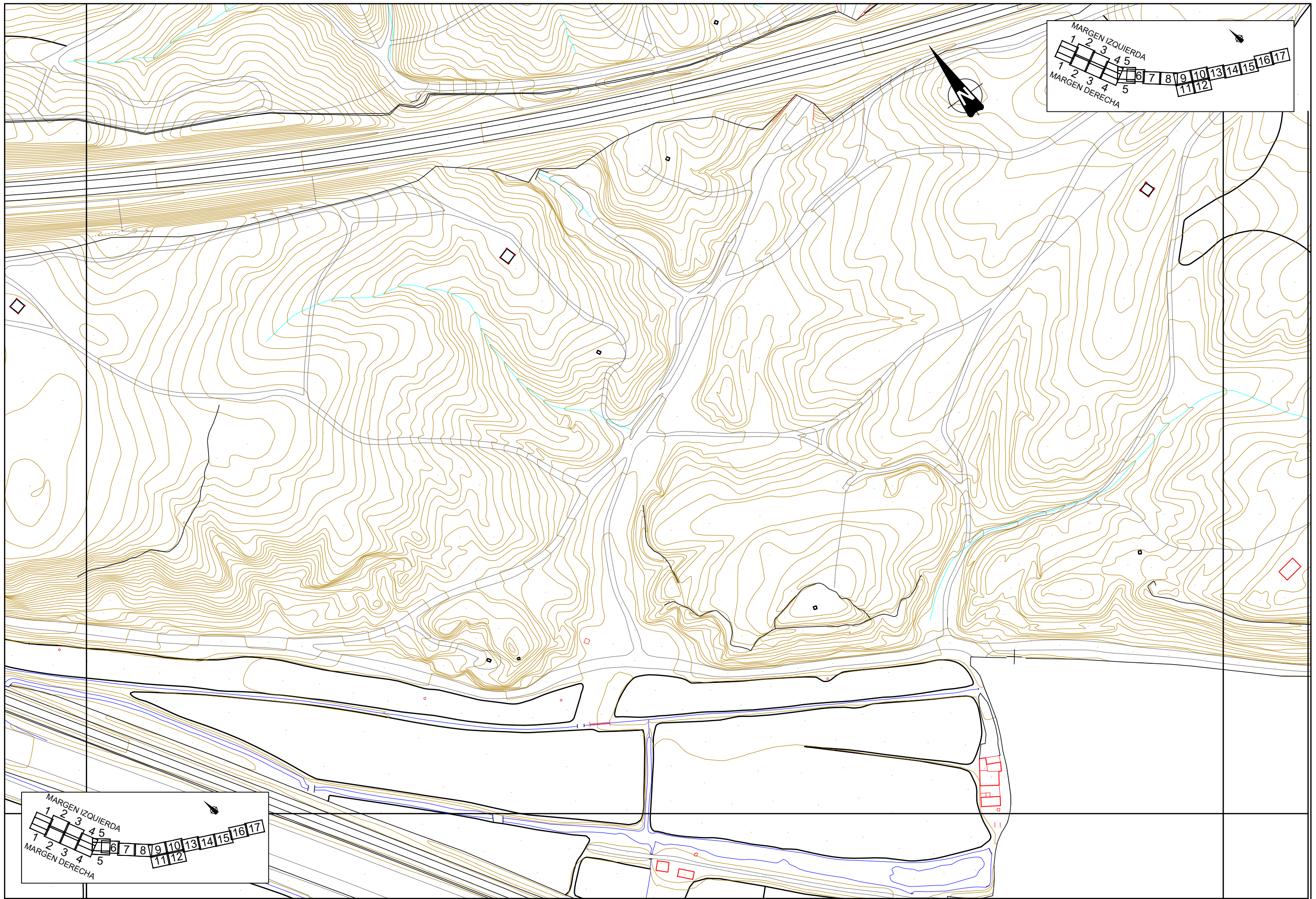




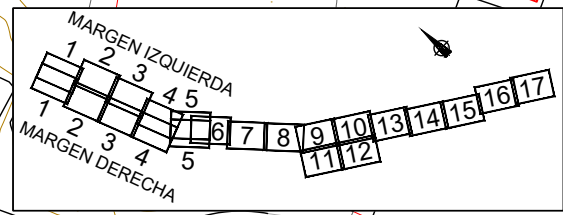
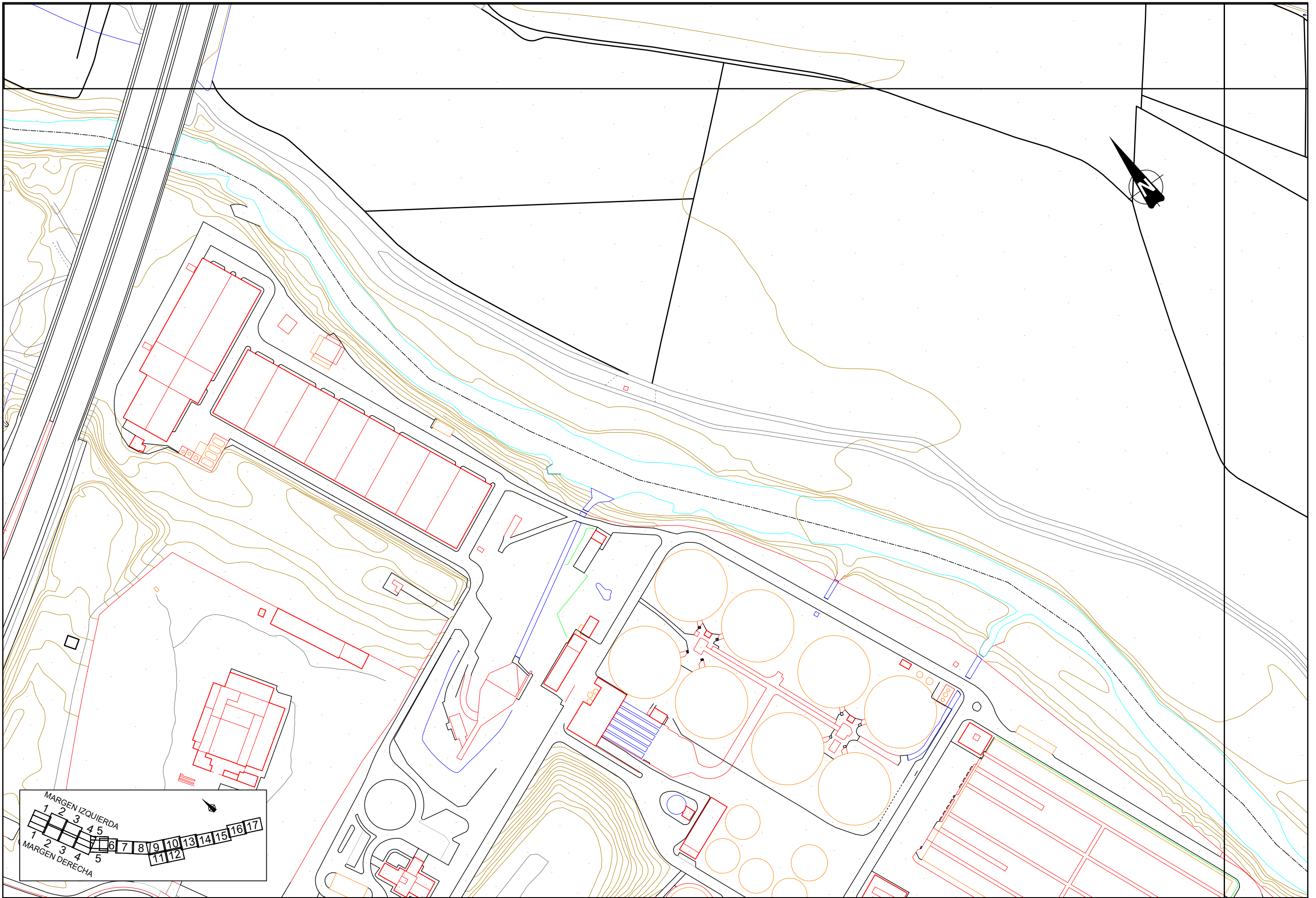
MARGEN IZQUIERDA																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	17		
1	2	3	4	5												
MARGEN DERECHA																

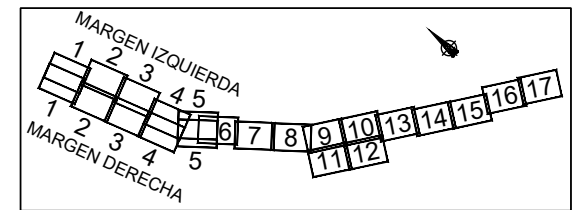
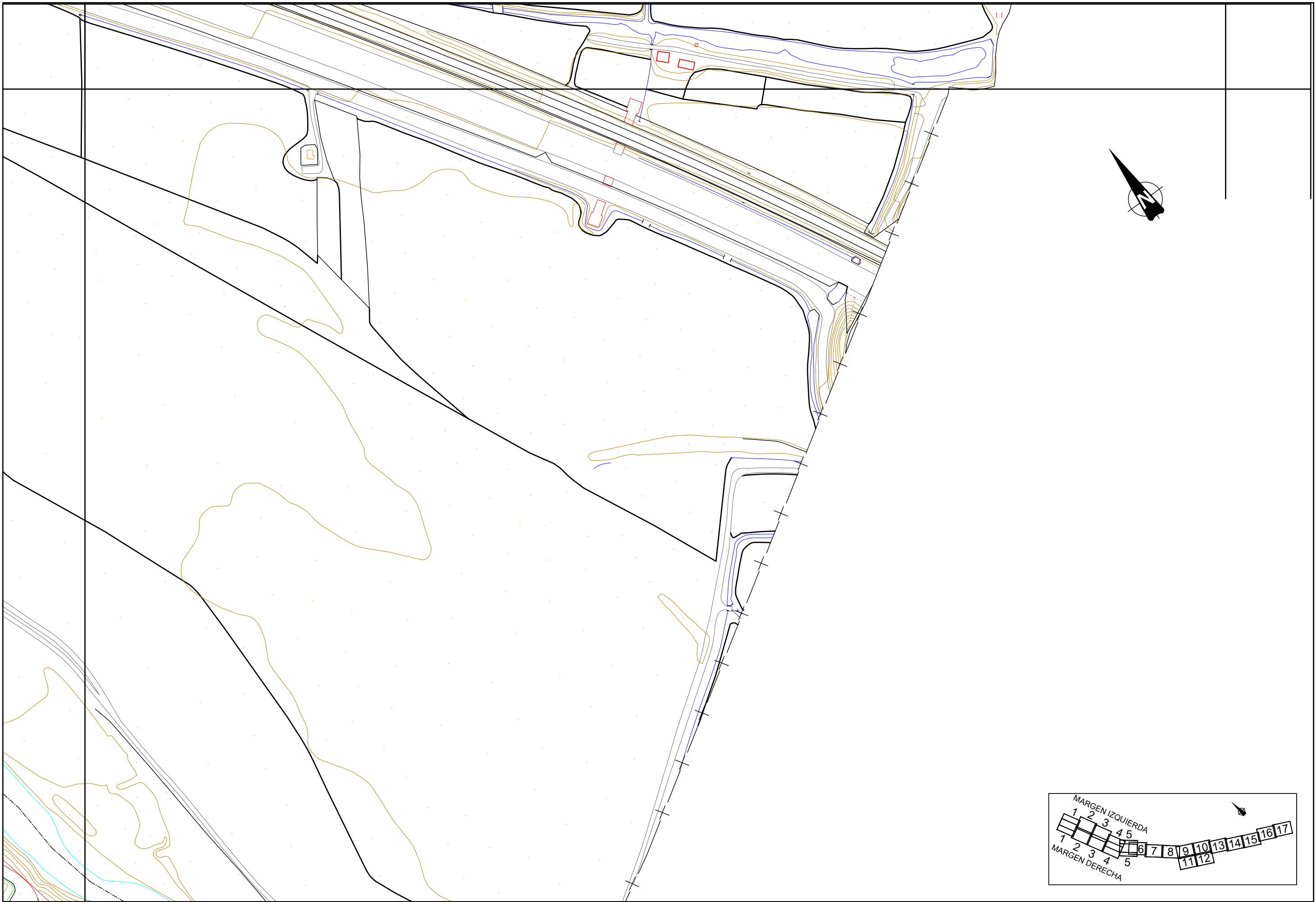


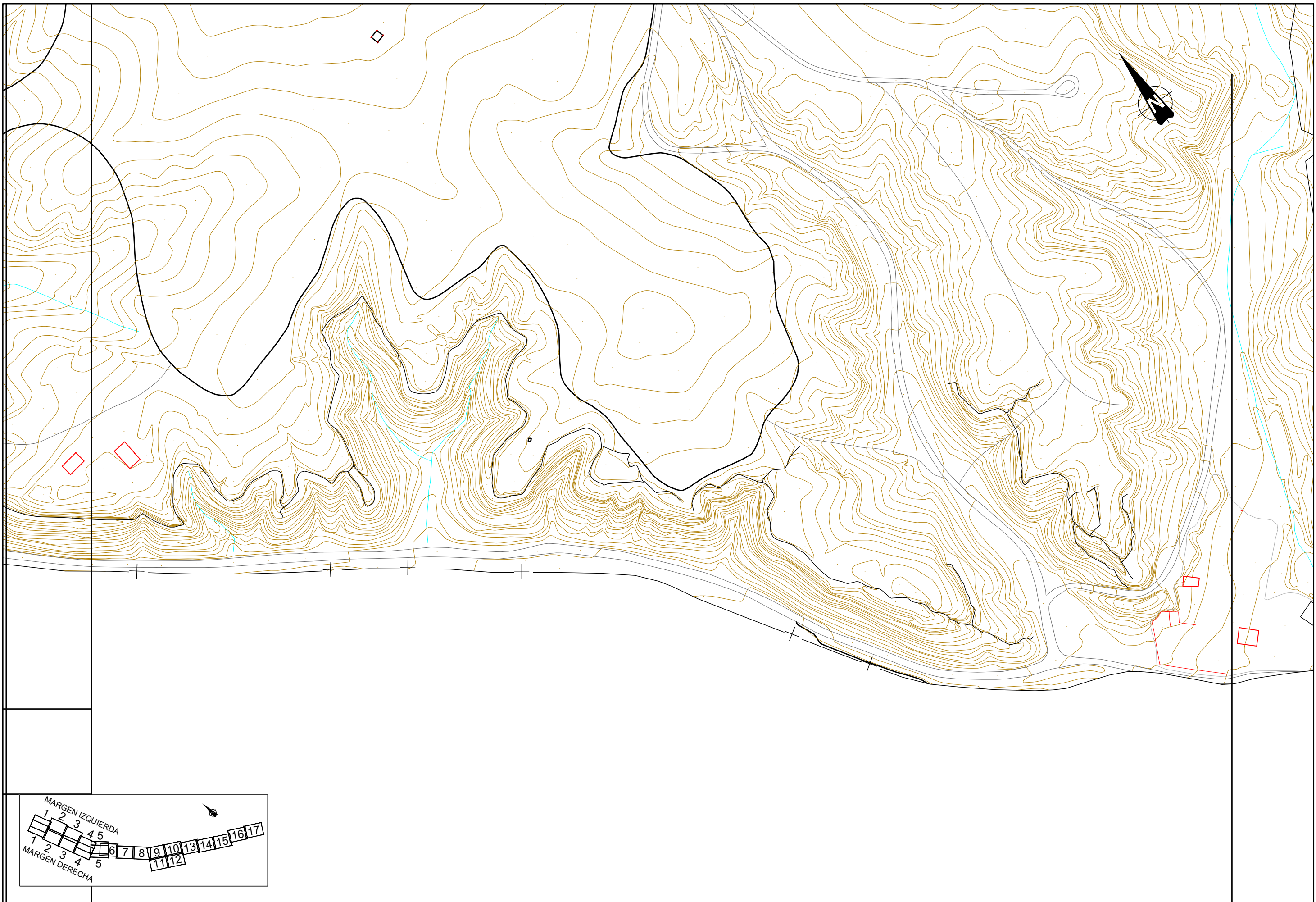


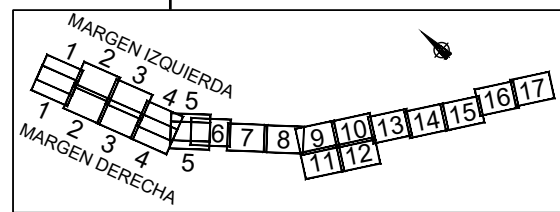
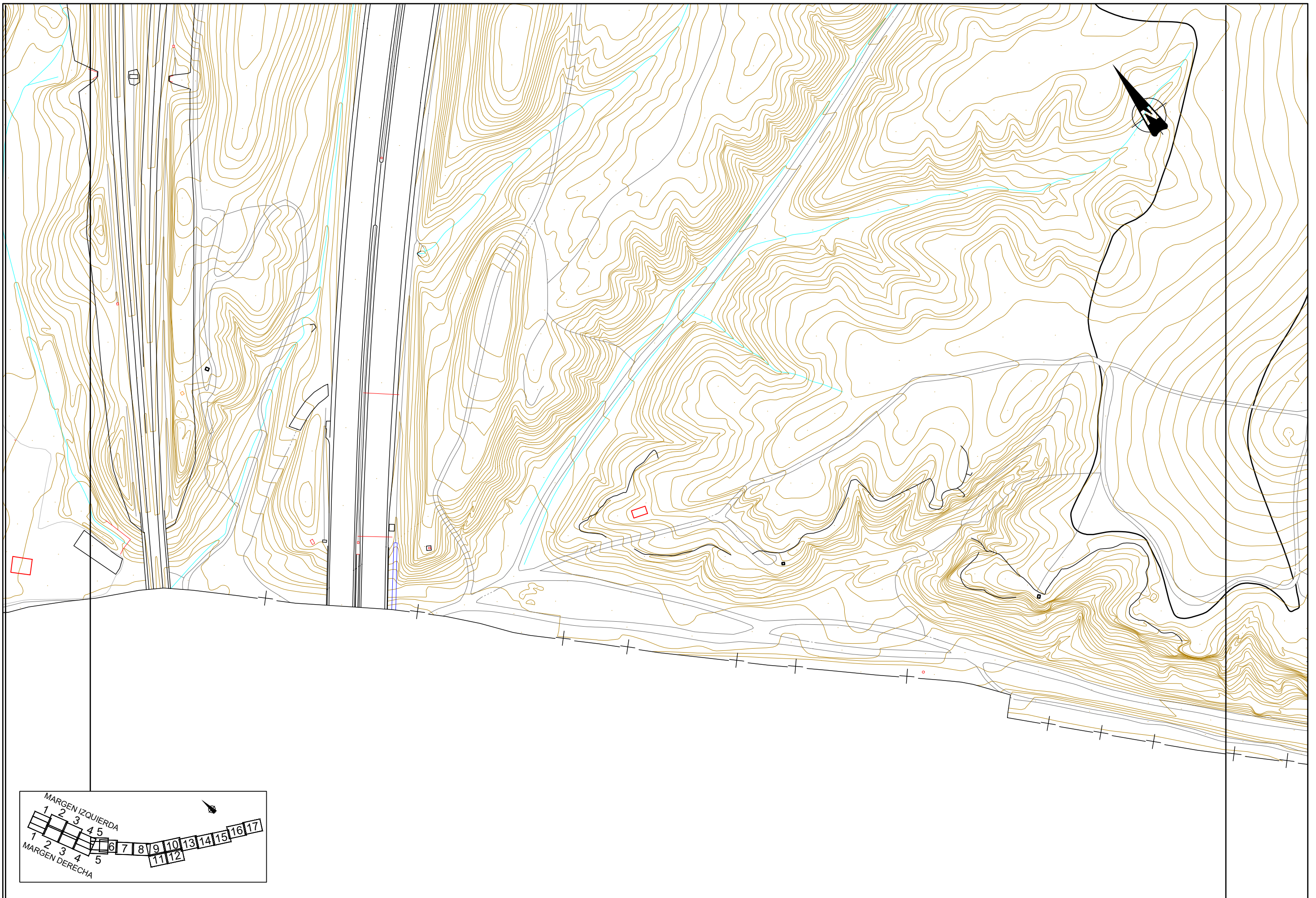


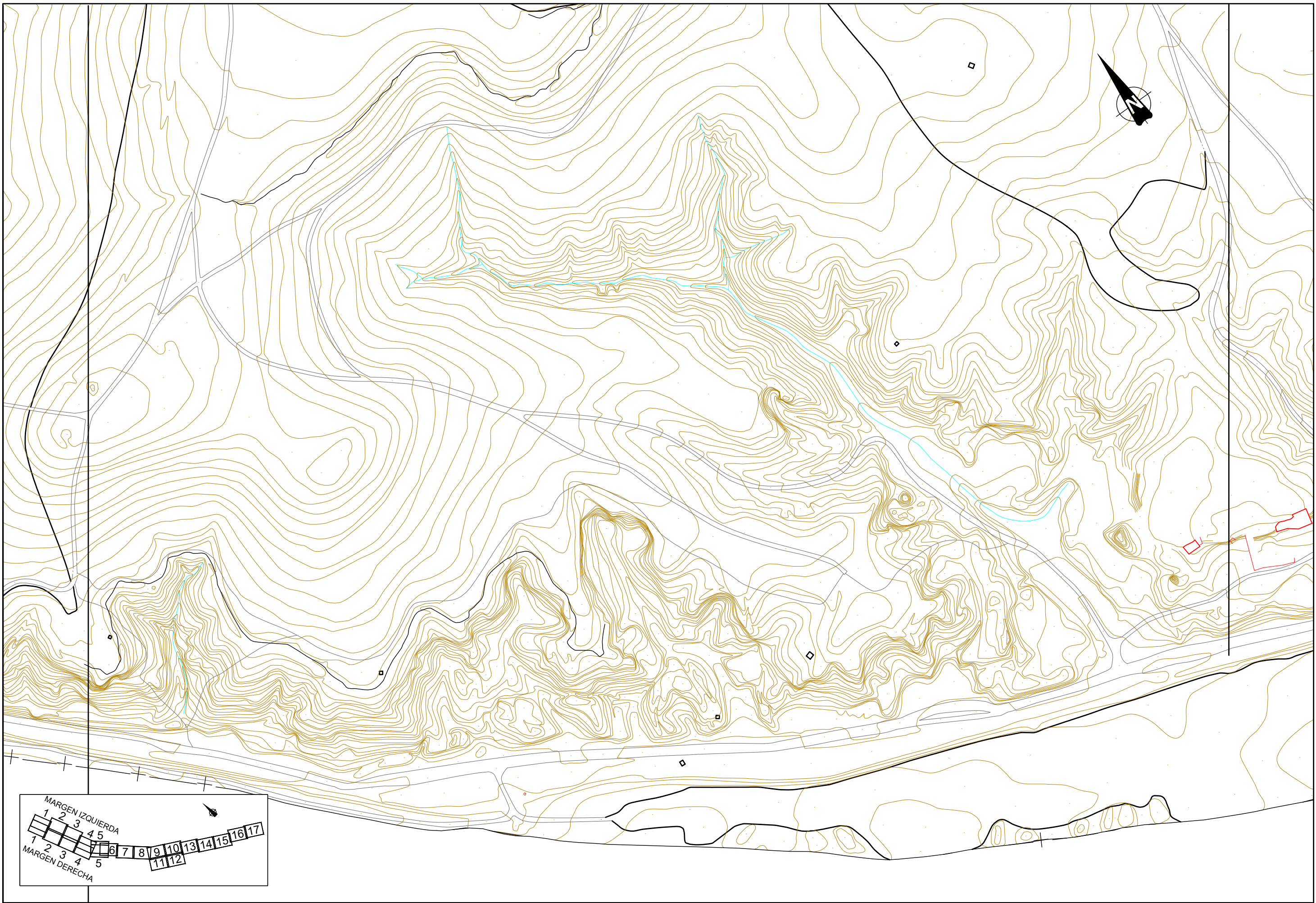


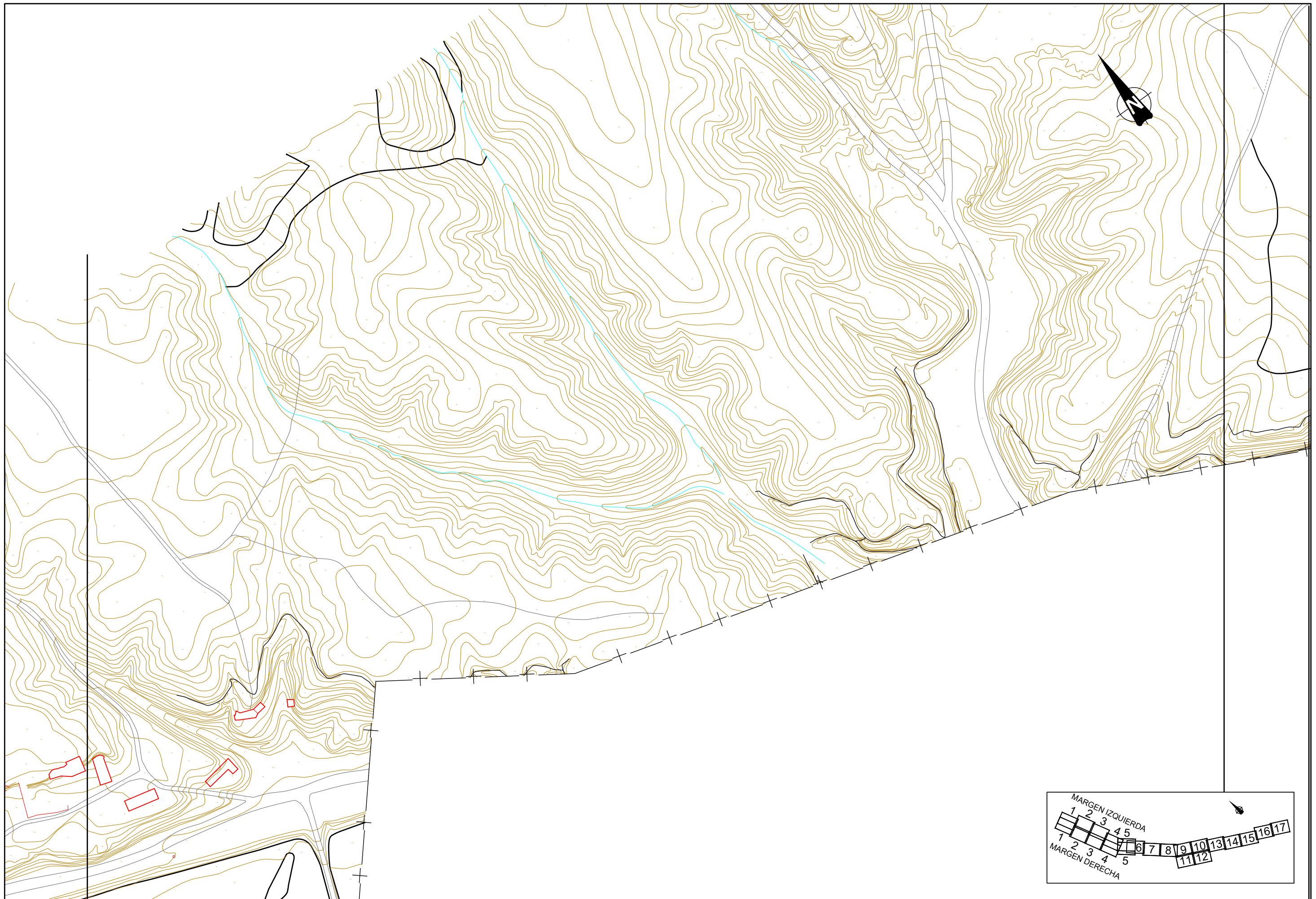


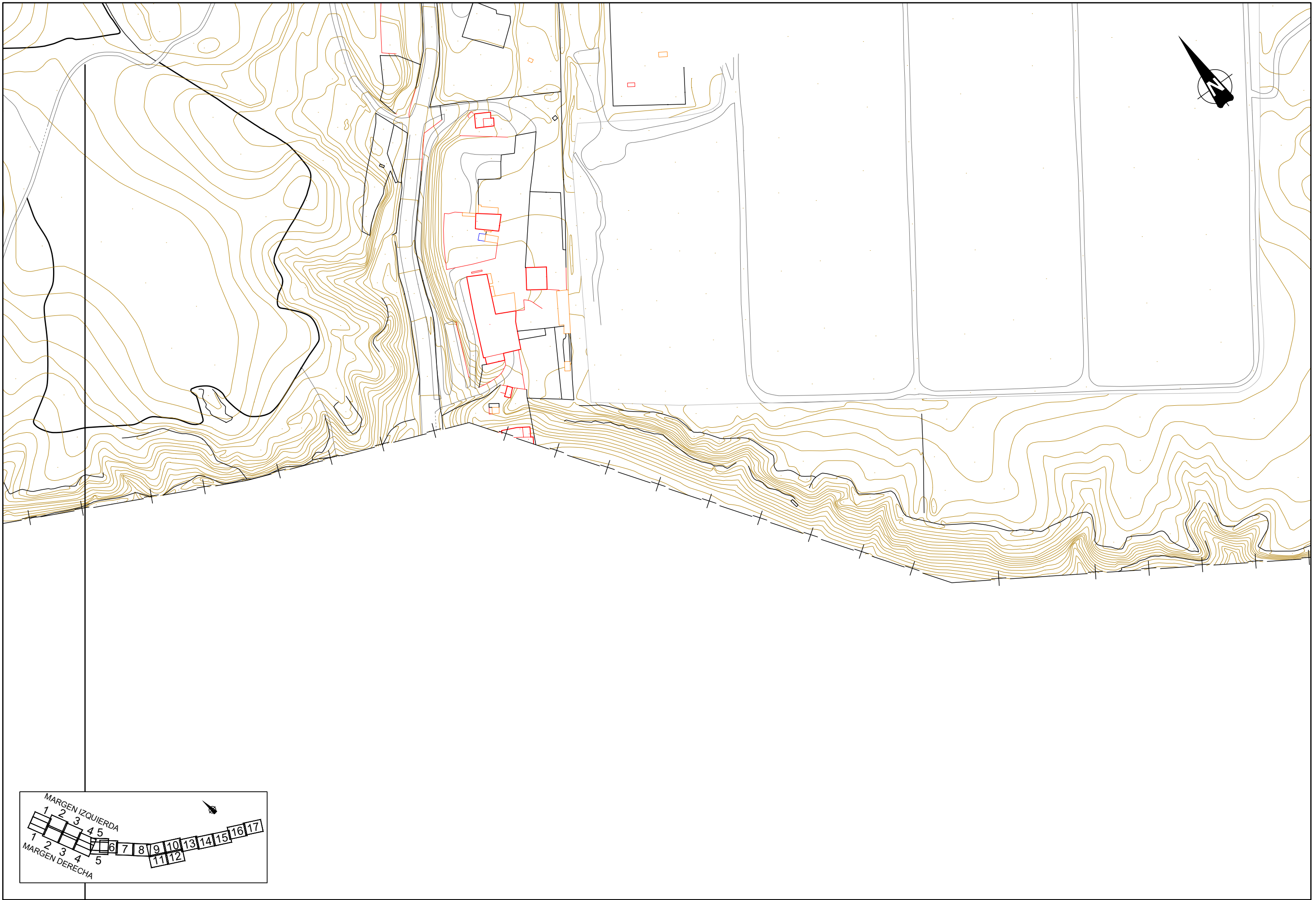














## ANEJO 5. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

### ÍNDICE

	<u>Página</u>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2. METODOLOGÍA Y ANTECEDENTES .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.- SITUACIÓN DE LAS E.D.A.R., TANQUE DE TORMENTAS Y CONDUCCIONES .....</b>	<b>5</b>
<b>3. MARCO GEOLÓGICO .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1. MARCO GEOGRÁFICO .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2. MARCO GEOLÓGICO .....</b>	<b>13</b>
<b>4. GEOLOGÍA REGIONAL .....</b>	<b>15</b>
<b>4.1. DATOS GENERALES. LAS CUENCAS CENOZOICAS IBÉRICAS .....</b>	<b>15</b>
<b>4.2. CUENCA DEL TAJO .....</b>	<b>16</b>
<b>4.2.1. LA DEPRESIÓN INTERMEDIA .....</b>	<b>18</b>
<b>4.2.2. LA CUENCA DE MADRID .....</b>	<b>20</b>
<b>5. GEOLOGÍA LOCAL .....</b>	<b>28</b>
<b>5.1. ESQUEMA GEOLÓGICO .....</b>	<b>28</b>
<b>5.2. ESTRATIGRAFÍA .....</b>	<b>30</b>
<b>5.2.1. TERCIARIO MIOCENO .....</b>	<b>31</b>
<b>5.2.2. CUATERNARIO .....</b>	<b>37</b>
<b>5.3. GEOLOGÍA DE DETALLE .....</b>	<b>39</b>
<b>5.4. GEOMORFOLOGÍA .....</b>	<b>60</b>
<b>5.5. HIDROGEOLOGÍA .....</b>	<b>62</b>
<b>5.6. TECTÓNICA .....</b>	<b>67</b>
<b>5.7. SISMICIDAD .....</b>	<b>69</b>
<b>5.8. PALEONTOLOGÍA .....</b>	<b>71</b>
<b>5.8.1. INTRODUCCIÓN. MARCO LEGISLATIVO .....</b>	<b>71</b>
<b>5.8.2. BIOESTRATIGRAFÍA .....</b>	<b>71</b>
<b>5.8.3. MIOCENO MEDIO. ARAGONIENSE MEDIO .....</b>	<b>73</b>
<b>5.8.4. MIOCENO MEDIO. ARAGONIENSE SUPERIOR. ....</b>	<b>74</b>
<b>5.8.5. CUATERNARIO .....</b>	<b>75</b>
<b>5.8.6. DISTRIBUCIÓN DE YACIMIENTOS .....</b>	<b>77</b>
<b>6. GEOTECNIA GENERAL; ESTUDIO DE DETALLE DE ANTECEDENTES .....</b>	<b>81</b>





<b>6.1. ANTECEDENTES GEOTÉCNICOS .....</b>	<b>82</b>
6.1.1. GEOTECNIA DE LA CARRETERA DE CIRCUNVALACIÓN M-45 .....	93
6.1.2. GEOTECNIA DE LA LÍNEA 3 DE METRO DE MADRID.....	94
6.1.3. GEOTECNIA DEL COLECTOR BUTARQUE II.....	96
6.1.4. GEOTECNIA DEL PROYECTO DEL NUEVO PRETRATAMIENTO DE LA ERAR DE BUTARQUE; CIMENTACIÓN DEL EDIFICIO.....	98
6.1.5. ESTUDIO GEOTÉCNICO ERAR SUR; PROYECTO DE TRATAMIENTO DE CAUDALES ALIVIADOS Y MEJORAS MEDIOAMBIENTALES. ....	100
6.1.6. BASE DE DATOS GEOTÉCNICA DE MADRID.- GEOMADRID .....	107
6.1.7. CAMPAÑA GEOTÉCNICA DEL PROYECTO DE ENCAUZAMIENTO DEL ARROYO BUTARQUE.- COLECTOR BUTARQUE III .....	115
<b>7. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA ZONA DE IMPLANTACIÓN DE LAS ERAR DE LA CHINA, BUTARQUE Y SUR, Y SECTORES ALEDAÑOS. ....</b>	<b>138</b>
<b>7.1. INTRODUCCIÓN; COLUMNA GENERAL ADOPTADA .....</b>	<b>138</b>
7.1.1. RA. RELLENO ANTRÓPICO .....	140
7.1.2. QAL. CUATERNARIO ALUVIAL .....	141
7.1.3. TA.- TOSCO ARENOSO .....	145
7.1.4. T.- TOSCO .....	148
7.1.5. P.- PEÑUELAS .....	150
7.1.6. PY.- PEÑUELAS YESÍFERAS .....	160
7.1.7. FY. FORMACIÓN YESÍFERA.....	167
<b>7.2. RESUMEN: PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ZONAS DE LAS ERAR....</b>	<b>183</b>
<b>7.3. ESTABILIDAD DE TALUDES.....</b>	<b>185</b>
7.3.1. INTRODUCCIÓN .....	185
7.3.2. ASIGNACIÓN DE PARÁMETROS Y MODELIZACIÓN DEL TALUD.....	187
7.3.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOBRE LOS TALUDES CONSIDERADOS	191
7.3.4. RESUMEN Y CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES.....	199
<b>8. RESUMEN DE LAS CONDICIONES GEOTÉCNICAS.....</b>	<b>201</b>
<b>9.- CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LAS CIMENTACIONES....</b>	<b>205</b>
<b>10.- ESTUDIOS INFORMATIVOS .....</b>	<b>209</b>
<b>11.- CONCLUSIONES .....</b>	<b>211</b>



## 1. INTRODUCCIÓN

En el presente Informe Geológico-Geotécnico General.- Fase-II se recoge y expone una descripción geológico-geotécnica de los materiales, unidades y formaciones geológicas presentes en las parcelas de las E.R.A.R. de La China, Butarque y Sur, así como en las zonas de implantación del futuro Tanque de Tormentas, corredores del colector de pluviales y bombeo de fangos, y zonas aledañas susceptibles de ser afectadas por infraestructuras definidas posteriormente en el Estudio de soluciones general.

El objetivo es, a partir de la información recopilada de la zona, en conjunción con los nuevos datos obtenidos y recopilados, obtener un conocimiento preciso de los materiales afectados y de sus características y propiedades geotécnicas básicas, que ayuden a la toma de decisiones inicial, en cuanto a las cimentaciones especiales que se deberían adoptar, y al diseño de las infraestructuras que para la construcción del sistema se necesite ejecutar.

## 2. METODOLOGÍA Y ANTECEDENTES

Para la realización del presente Estudio Geológico-Geotécnico General (Fase-1), en primera instancia se efectuó una exhaustiva recopilación de antecedentes referentes a la Geología y Geotecnia del sector de estudio entre los que se encuentran ortofotografías de vuelos de distintos años, mapas temáticos de la zona (geológicos, hidrogeológicos, cartas paleontológicas, mapas geotécnicos, etc.), artículos y publicaciones específicas referentes al área de estudio, y Estudios Geotécnicos incluidos en los Proyectos Constructivos y de obras de ampliación o mejora de las propias plantas o de infraestructuras cercanas.

Entre los mapas temáticos analizados se encuentran:

- Hojas Geológicas MAGNA que engloban el área de Proyecto, en concreto la Hoja de Madrid (nº 559) y la de Getafe (Nº 582) a escala 1:50.000. Hay que destacar que las plantas geológicas recogidas en estos mapas aportan una visión, en lo que a afloramientos litológicos se refiere, relativamente anacrónica, ya que, como se



comentará más adelante, la intensa actividad urbana en la zona ha hecho que la geología de superficie sea extremadamente difícil de cartografiar.

- Mapa Hidrogeológico de la zona, del Instituto Geológico y Minero Nº 45 a escala 1:200.000.
- Carta Paleontológica de la Comunidad de Madrid.
- Mapa Geotécnico de la zona del Instituto Geológico y Minero Nº 45 en el que, como en todos los mapas geotécnicos del IGME se recogen además mapas litológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos a escala 1:200.000.
- Mapa Geotécnico de Formaciones Geotécnicas de Madrid, Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones a escala 1:50.000.
- Mapa Geotécnico de Formaciones Geotécnicas de Madrid, Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones a escala 1:25.000.
- Mapas varios incluidos en la Base de Datos Geotécnica GEOMADRID del Área de Gobierno, Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid.

En cuanto a la bibliografía utilizada, se han consultado los siguientes títulos:

- Arqueología, Paleontología y Etnografía, Monográfico 6 de “Patrimonio Paleontológico de la Comunidad de Madrid”.
- Síntesis Geotécnica de los suelos de Madrid y su Alfoz, Ventura Escario 1985
- Ingeniería Geológica, González de Vallejo.-2002.-Pearson Ed.
- Geotecnia y Cimientos, José Antonio Jiménez Salas 1980.
- Artículo publicado en la Revista de Obras Públicas: “Propiedades Geotécnicas de los suelos de Madrid”, José M<sup>a</sup> Rodríguez Ortiz, 2000.
- Artículo publicado en la Revista de Obras Públicas: “Sobre los sistemas y parámetros geotécnicos de diseño en la ampliación del Metro de Madrid”.
- Datos procedentes de la Base de Datos Geotécnica de Madrid (GEOMADRID), del Área de Gobierno, Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid

Adicionalmente, se han recopilado una serie de Estudios Geológico-Geotécnicos incluidos en los Proyectos de Construcción de infraestructuras próximas a cada una de las zonas de las ERAR, entre ellos:

- Estudio Geológico Geotécnico de la carretera de circunvalación de Madrid M-45.



- Estudio Geológico-Geotécnico de la línea 3 de Metro de Madrid a su paso por Villaverde.
- Estudio Geológico-Geotécnico de la carretera M-301 en las proximidades de Perales del Río.
- Estudio Geológico-Geotécnico del Proyecto y Anteproyecto del Colector Butarque II y III.
- Estudios de ampliación del Pretratamiento de la ERAR de Butarque
- Estudio del Proyecto de construcción del tratamiento de caudales aliviados de la ERAR Sur.
- Etc.

Toda la información disponible se elaboró, ordenó, estudió y cotejó en una etapa preliminar, permitiendo tener un conocimiento profundo de la geología general de la zona. Con posterioridad, tras un análisis en profundidad y recorrido sobre el terreno de toda la zona afectada, dicha información se contrastó con los datos previos disponibles, pudiendo finalmente realizar una caracterización geológico-geotécnica completa de los materiales potencialmente afectados por las tres plantas, el tanque de tormentas y las conducciones de pluviales y de fangos.

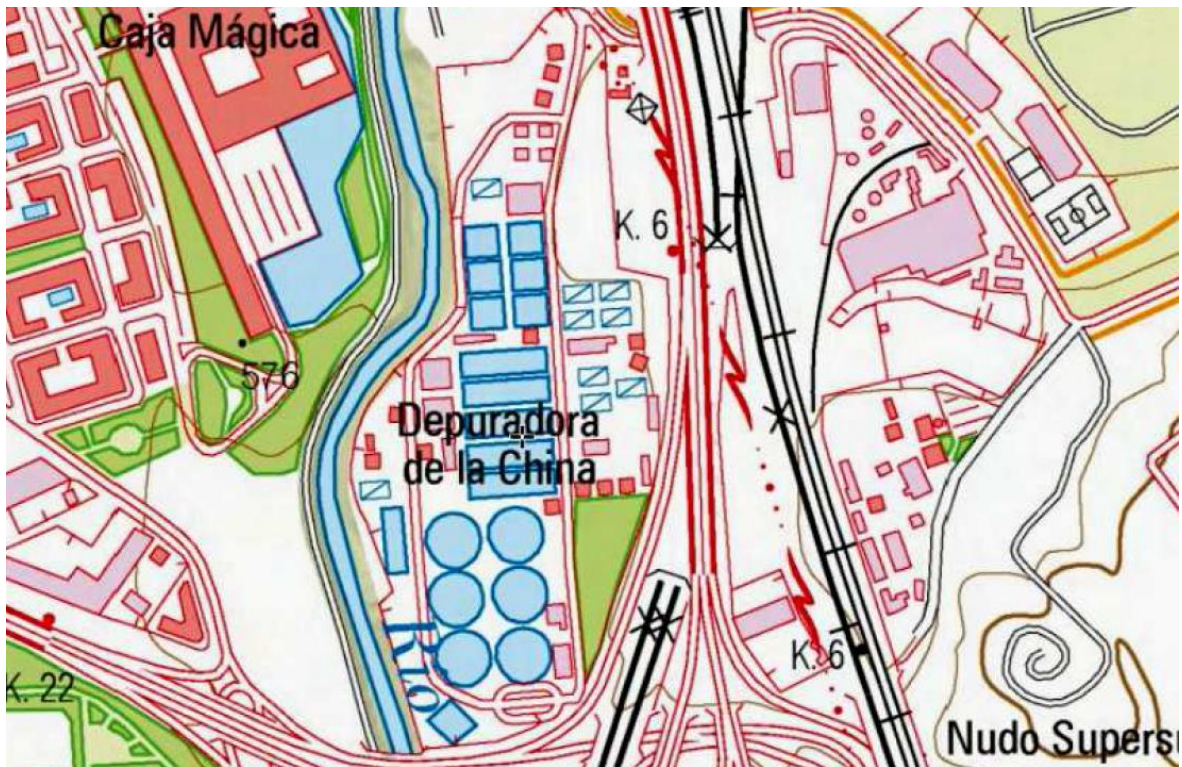
## 2.1.- SITUACIÓN DE LAS E.D.A.R., TANQUE DE TORMENTAS Y CONDUCCIONES

### ❖ E.D.A.R. LA CHINA

La EDAR de La China esta emplaza al final de la calle de Embajadores, en el distrito de Puente de Vallecas (barrio de Entrevías), en la margen izquierda del río Manzanares.

Todo su espacio es absolutamente urbano, recoge los vertidos de los distritos de Chamartín, Tetuán, Moncloa, Chamberí, Centro, Arganzuela, Retiro, Ciudad Lineal, Salamanca, Moratalaz y Puente de Vallecas.

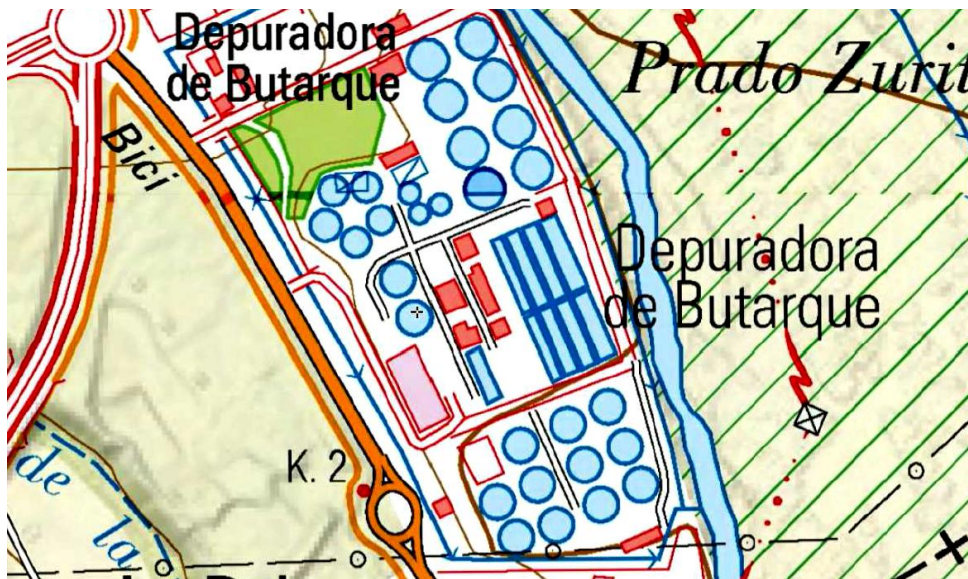
Esta es la primera depuradora que se instaló en Madrid, su construcción se inició en el año 1934, pero, a causa de la guerra civil y las dificultades del periodo posterior, su finalización no se produjo hasta el año 1950.



*Mapa y fotografía aérea con la situación y distribución de equipos de la EDAR de La China*

❖ **E.D.A.R. BUTARQUE**

La EDAR de Butarque se encuentra en el distrito de Villaverde (barrio de Butarque), en la Avenida de los Rosales 399. Es la única depuradora que está situada en la margen derecha del río Manzanares y da servicio a los distritos de Villaverde, Usera, Latina, Carabanchel, y Moncloa – Aravaca y a una parte de los municipios de Pozuelo de Alarcón, Alcorcón y Leganés.



*Plano y foto aérea con la situación y distribución de equipos de la EDAR de Butarque*

❖ **E.D.A.R. SUR**

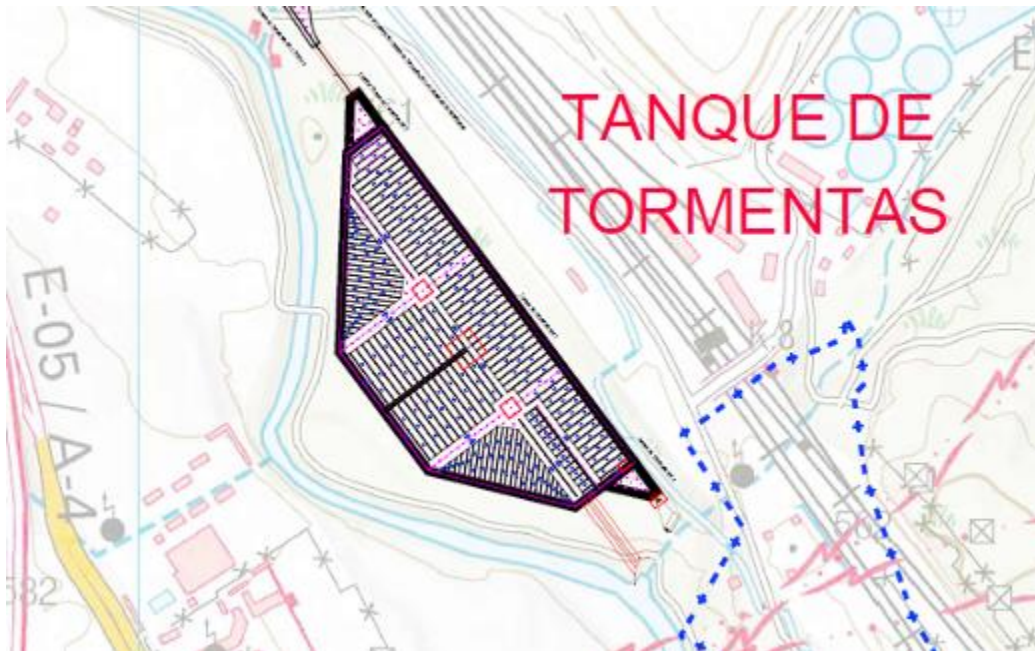
La E.D.A.R. Sur se encuentra la carretera de San Martín de la Vega Km. 6,6, en el municipio de Getafe, está situada en la margen izquierda del río Manzanares y trata las aguas residuales de los distritos de Vicálvaro, Puente de Vallecas y Villa de Vallecas.



*Plano y foto aérea de situación y distribución de equipos de la EDAR Sur*

❖ **SITUACIÓN DEL TANQUE DE TORMENTAS**

El Tanque de Tormentas se emplaza en la margen izquierda del río aprovechando un meandro. Se sitúa en el término municipal de Madrid, que se indica en la foto del subapartado siguiente.



*Plano y foto de situación del nuevo Tanque de Tormentas*

## ❖ CONDUCCIONES



En la siguiente foto aérea se indica el corredor del trazado de las conducciones (se representa el trazado de los colectores de pluviales y bombeo de fangos en trazo continuo en color rojo) y el emplazamiento del futuro Tanque de Tormentas (triángulo de color verde).

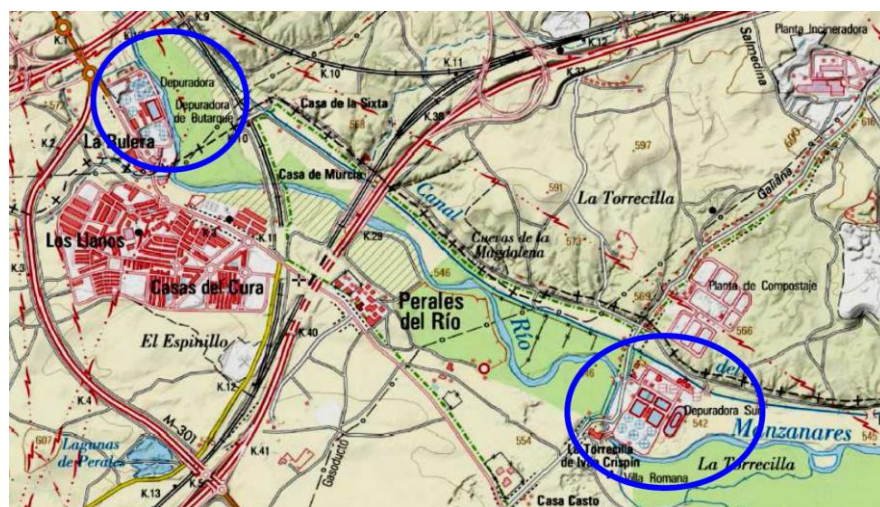
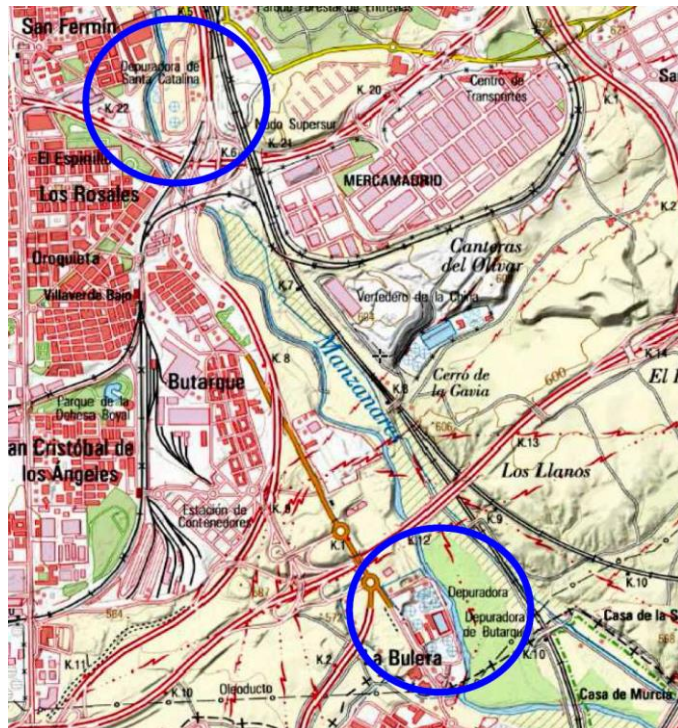


**Foto aérea general de situación. Conducciones y Tanque de Tormentas (sin y con geología)**

### 3. MARCO GEOLÓGICO

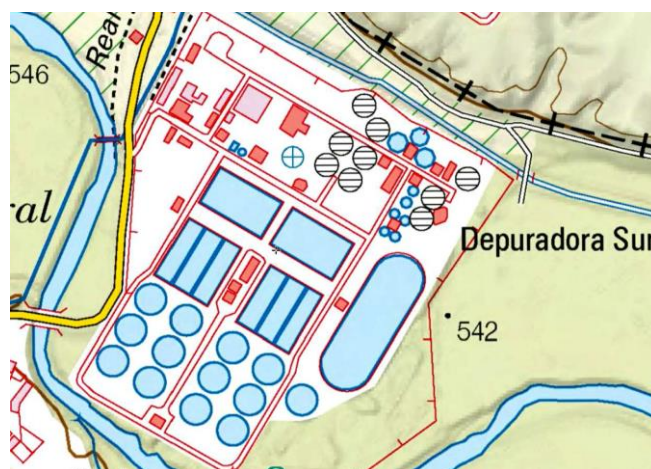
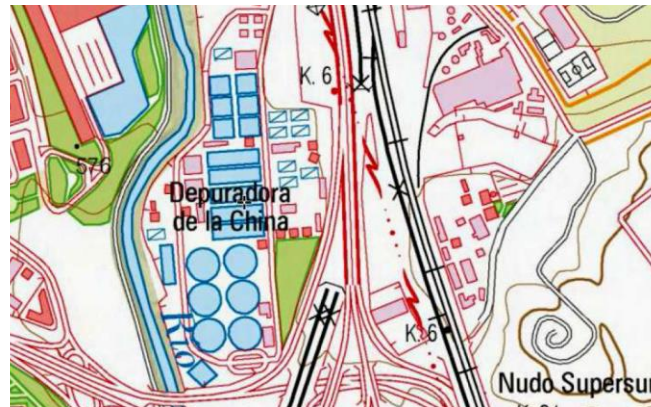
#### 3.1. MARCO GEOGRÁFICO

La zona de estudio se localiza geográficamente en los T.T.M.M. de Madrid y Getafe. En la zona S-SE de Madrid. Junto al cauce del río Manzanares y Mercamadrid se ubican las ERAR de La China y la de Butarque; junto al mismo cauce, más aguas abajo, ya en T.M. de Getafe, se ubica la ERAR Sur. En los planos siguientes, se puede observar la situación general de estas infraestructuras.



*Plano de situación General de las tres plantas objeto del Estudio*

La fuerte expansión de los núcleos urbanos en la zona en los últimos años, así como la extracción de recursos naturales, ha modificado sustancialmente la base física, en particular dentro de las zonas urbanas.

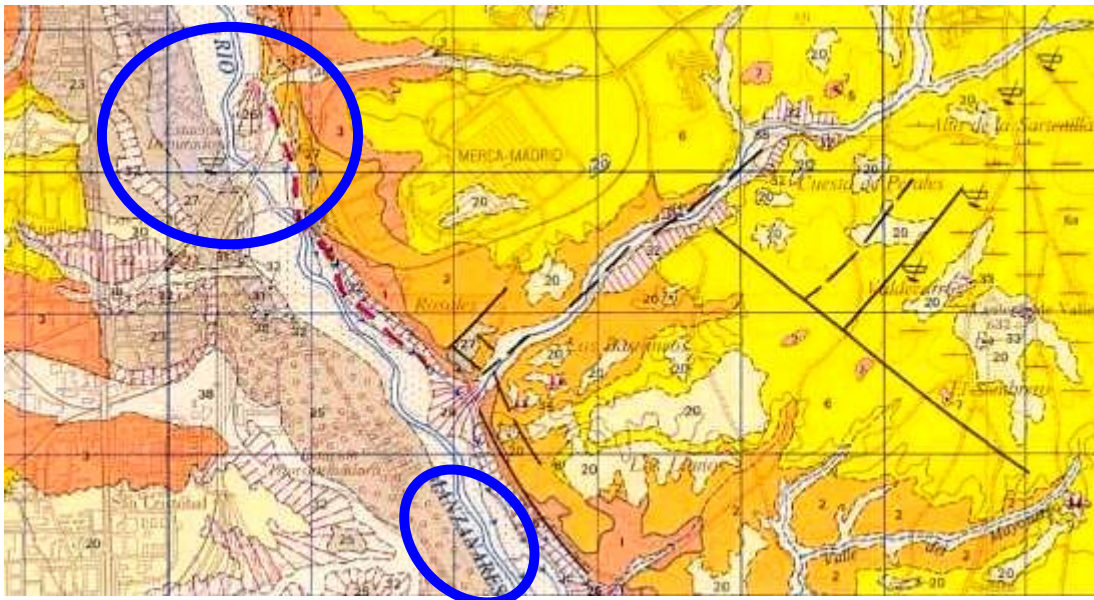


**Planos de detalle del IGN de las tres plantas: China, Butarque y Sur.**

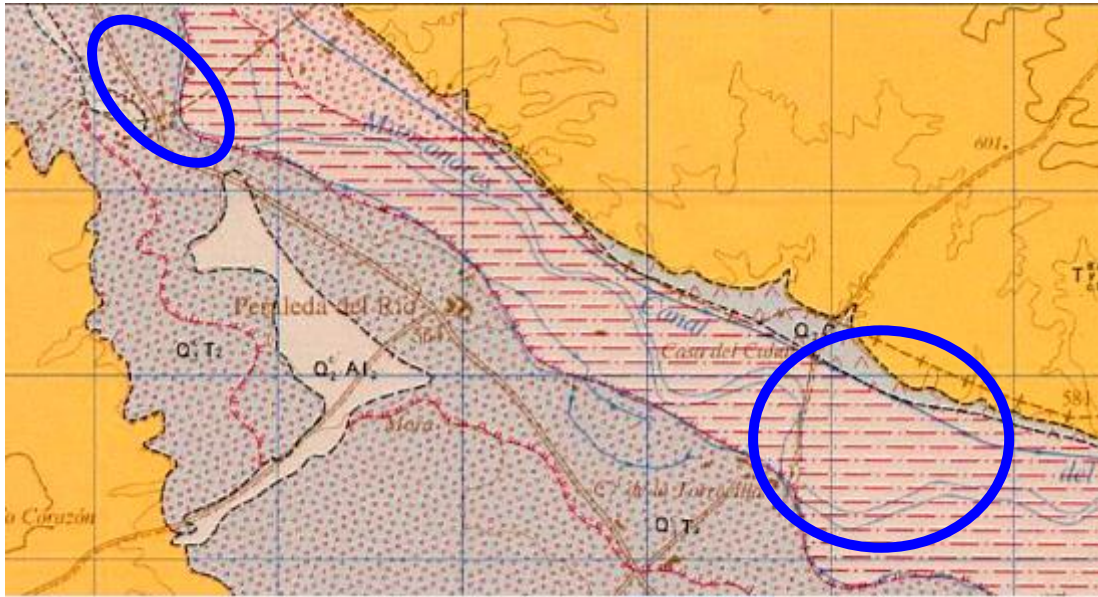
### 3.2. MARCO GEOLÓGICO

Geológicamente, la zona se encuadra dentro de la denominada Cuenca Terciaria del Tajo y dentro de ella en la subcuenca conocida como Cuenca de Madrid. Los materiales representados son de origen sedimentario y de edad Terciario, aunque sobre ellos se localizan depósitos cuaternarios bien generados por la dinámica fluvial del río Manzanares o del arroyo Butarque, bien de origen antrópico.

En las siguientes figuras se recoge la localización de las tres plantas en la cartografía geológica de las Hojas Geológicas MAGNA (adjunto adicionalmente en el apartado de planos, plano 2). La intensa urbanización llevada a cabo en la zona dificulta aún más la cartografía geológica mediante las técnicas geológicas usuales de observación directa en superficie, razón por la cual no se ha elaborado una planta geológica, considerando de mayor utilidad la realización de un perfil geológico-geotécnico.



**Planta Geológica ERAR La China y parte de Butarque, al Sur.  
Hoja Geológica Magna N- 559 Madrid**



**Planta Geológica ERAR Sur y parte de Butarque, al Norte.  
Hoja Geológica Magna Nº-582- Getafe**

En los siguientes epígrafes se recoge la descripción de la geología regional del entorno para comprender los medios sedimentarios en los que se depositaron los materiales presentes en el ámbito general de la zona de estudio, la disposición de los mismos, las distintas arquitecturas estratigráficas que se pueden presentar, y posteriormente sus características litológicas.

De este modo se podrá elaborar una división en unidades litoestratigráficas y posteriormente geotécnicas que se irá describiendo y detallando en el presente estudio Geológico-Geotécnico general previo (FASE-I).

Las conducciones y el Tanque de Tormentas se encuentran en el ámbito geológico descrito, de la margen izquierda del río Manzanares.



## 4. GEOLOGÍA REGIONAL

### 4.1. DATOS GENERALES. LAS CUENCAS CENOZOICAS IBÉRICAS

Las cuencas cenozoicas cubren una amplia superficie de la Península Ibérica plasmada en una gran representación cartográfica. Se encuentran en todo el territorio peninsular ocupando posiciones tanto interiores como epicontinentales cerradas o abiertas (al Mediterráneo o al Atlántico) y con unas características estrechamente relacionadas con el proceso de su formación y evolución posterior.

Presentan un tamaño muy variable, desde más de 50.000 km<sup>2</sup> como la Cuenca del Duero, a unas pocas decenas de km<sup>2</sup> que presentan algunas pequeñas cuencas situadas sobre el Macizo Ibérico en Galicia o en la región pirenaica.

La morfología es también heterogénea y refleja, en general, las características geodinámicas de los bordes de cuenca.

La composición de los materiales de relleno está condicionada por las áreas fuente de las que fueron erosionados. La mayoría de las cuencas están rellenas de sedimentos continentales lo que dificulta las dataciones paleontológicas. Algunas, como la del Vallés-Penedés contienen sedimentos marinos intercalados entre los continentales, y otras, como la del Guadalquivir están rellenas prácticamente en su totalidad por sedimentos marinos lo que posibilita realizar estudios bioestratigráficos de mucho detalle que favorecen la correlación a escala de la cuenca.

Las de mayor extensión reciben el nombre del río o cuenca fluvial principal que las drena (Tajo, Ebro, Duero, etc.), como un reflejo del basculamiento actual que presentan las cuencas, independiente de su evolución y posición geográfica a lo largo del tiempo. Otros reciben el nombre de las comarcas, localidades o poblaciones más importantes ubicadas en ellas, como Cerdanya, Coria, Catalayud, etc.

La mayoría se asienta sobre un basamento constituido por metasedimentos o granitoides precámbricos o paleozoicos o bien sobre rocas detríticas o carbonatadas del Mesozoico.



La configuración actual de las cuencas cenozoicas es la respuesta final de un conjunto de procesos que actuaron independientemente en el tiempo y espacio pero estrechamente relacionados que les confirieron su geometría, morfología y peculiaridades propias al producirse importantes deformaciones compresivas y extensivas. Estos procesos fueron entre otros: la situación de Iberia, entre las placas euroasiática y africana, el desplazamiento de las mismas, la relación con la apertura del Atlántico y su aproximación por convergencia N-S y la estructuración del Mediterráneo occidental.

Existen tres tipos de cuencas: el primer grupo se desarrolla y están asociadas a los momentos compresionales. En general se localizan en la Cordillera Bética y Cadena Pirenaica. Son cuencas con un grado de deformación bastante elevado a lo largo del Terciario por la tectónica alpina.

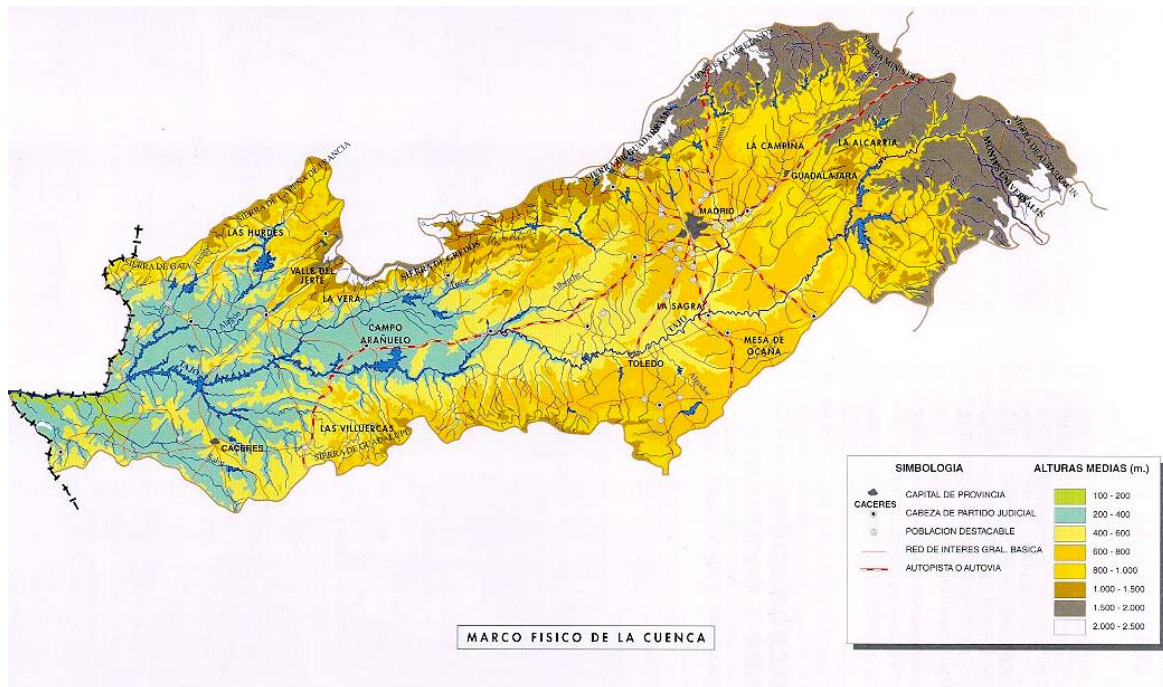
Un segundo grupo, localizado paralelo a la costa mediterránea, está asociado a la etapa extensional oligoceno-neógena y ligado a la creación y estructuración del surco de Valencia. Presentan una geometría típica de horsts y grabens.

El tercer grupo de cuencas presenta una baja o nula deformación tectónica, y está íntimamente relacionado con el Macizo Ibérico. Son las cuencas interiores del Duero y Tajo, separadas por el Sistema Central, la del Guadalquivir, abierta al Atlántico, y la cuenca del Ebro, abierta al Mediterráneo.

La zona de estudio se localiza en la zona centro-oriental de la Cuenca del Tajo, que se extiende, con orientación E-W, por toda la zona central peninsular. Dicha cuenca se describe a continuación.

## **4.2. CUENCA DEL TAJO**

La Cuenca del Tajo, cuya extensión es de unos 20.000 km<sup>2</sup>, está formada por dos cuencas menores: la Cuenca de Madrid y la Depresión Intermedia, también denominada Cuenca de Loranca.



La individualización de las dos cuencas se produjo por el levantamiento de la Sierra de Altamira, un cinturón estrecho de pliegues y cabalgamientos que verge hacia el oeste que tiene una dirección general N-S, y que comenzó a emplazarse al final del Paleógeno.

- La **Depresión Intermedia** es, al menos para las unidades inferiores, una cuenca piggy back, generada durante la Orogenia Alpina según una tectónica de piel fina que se nuclea a favor de una falla en el basamento por un accidente central: el anticlinal de Trillo-Pareja-Huete-Carrascosa.

El límite oriental de la Depresión Intermedia está constituido por la Cordillera Ibérica, mientras que su borde occidental lo constituye la Sierra de Altamira. Hacia el sur, la cuenca conecta con La Mancha y hacia el norte con la Cuenca de Madrid.

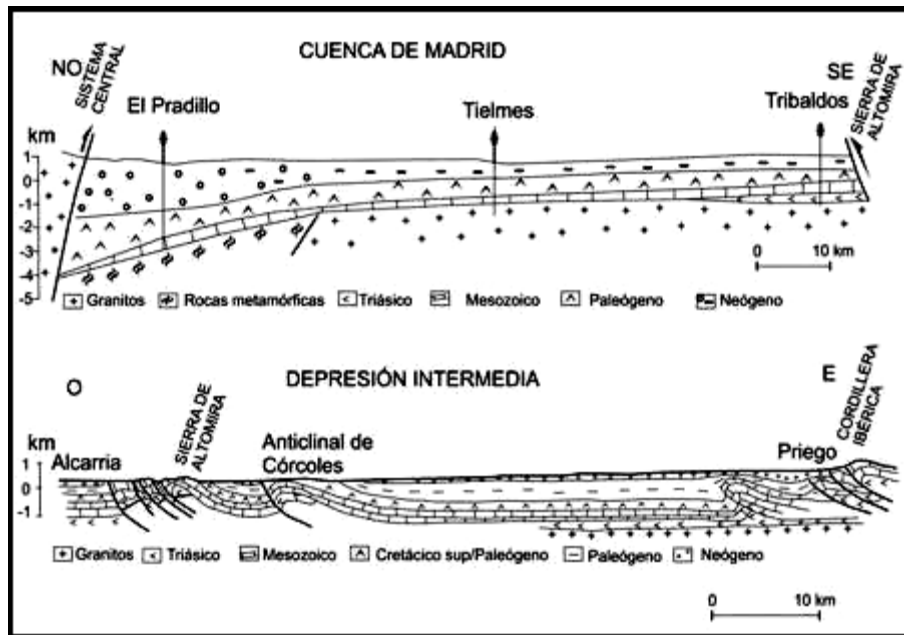
- La **Cuenca de Madrid** es una cuenca intracratónica en la que la estructura de sus márgenes está condicionada por los esfuerzos que afectaron al margen de la Placa Ibérica durante los movimientos alpinos (Álvaro et al.-1979). El margen norte de la cuenca está constituido por el basamento granítico y las rocas metamórficas del Sistema Central. El contacto con los sedimentos terciarios es mediante un cabalgamiento N60 con un salto de más de 2.000 m que fue activo desde el Paleógeno al Mioceno medio.



El margen sur de la cuenca, los Montes de Toledo, está formado por granitos y rocas metamórficas de alto grado cuyo contacto con los depósitos terciarios es mediante un cabalgamiento E-O que buza unos 45° hacia el sur.

Los márgenes orientales, Cordillera Ibérica y Sierra de Altamira, están formados esencialmente por materiales mesozoicos.

La figura siguiente recoge dos cortes geológicos esquemáticos, tanto de la Cuenca de Madrid, como de la Depresión Intermedia.



*Cortes esquemáticos de la Cuenca de Madrid y de la Depresión Intermedia.*

En los siguientes apartados, se describe más detalladamente las características litoestratigráficas de las cuencas que componen la Cuenca del Tajo: la Cuenca de Madrid y la Depresión Intermedia.

#### 4.2.1. La Depresión Intermedia



El registro estratigráfico de la cuenca ha permitido distinguir tres unidades paleógenas, y una unidad neógena compleja dividida en cuatro ciclos.

#### 1.1.1.1.- Paleógeno

Se distinguen tres unidades, de más antiguo a más moderno:

- Unidad Basal (Díaz Molina, 1978) o Fm. Arcillas margas y yesos de Villalba de la Sierra (Meléndez et al., 1985): está compuesta fundamentalmente por lutitas yesíferas verde-gris y yeso nodular sacaroideo con estructura “chicken wire” (anhidrita en sondeos). Presenta intercalaciones decimétricas de calizas y dolomías micríticas. Hacia techo aparecen intercalaciones de areniscas y lutitas abigarradas con dolomías carniolares. Se emplaza concordante sobre la Fm. Brechas de Cuenca de edad Cretácico. Su potencia supera los 300 m y su edad es Maastrichtiense (Senoniense)-Eoceno medio.
- Unidad Detrítica Inferior (Díaz Molina, 1974): está compuesta por conglomerados y areniscas, lutitas y calizas. Las estructuras sedimentarias permiten interpretar los conglomerados y areniscas como depósitos de canal, las lutitas corresponden a depósitos de llanura de inundación o lacustres y las calizas a depósitos lacustres. Su potencia oscila entre 150 y 300 m y su edad es Rhenaniense- Arveniense inferior (Torres y Zapata, 1986).
- La Unidad Detrítica Superior (Díaz Molina, 1974): esta unidad se depositó sobre una discordancia con paleorrelieve sobre los materiales de unidades más antiguas. En su parte inferior está formada por conglomerados polimícticos y poligénicos y areniscas (subarcosas a litarenitas) grises en sondeo, lutitas marrones, calizas y yesos nodulares a veces con abundante materia orgánica (niveles de gytja o lignito). Al igual que en la unidad anterior las areniscas son depósitos de canal, las lutitas depósitos de llanura de inundación y las calizas y yesos se interpretan como depósitos palustres-lacustres. La potencia es variable superando los 500 m en la parte central de la cuenca. Su edad es Arveniense inferior- Ageniense.

#### 1.1.1.2.- Neógeno

Todo el Neógeno de la Depresión Intermedia se incluye en la Unidad Terminal (García Abad, 1977) que abarca cuatro ciclos (Torres y Zapata, 1986).

- Primer Ciclo Neógeno: se deposita según una discordancia con paleorrelieve sobre materiales más antiguos en zonas plegadas y definiendo una ruptura sedimentaria con la Unidad Detrítica Superior en zonas centrales de la cuenca. Está compuesto por



conglomerados, areniscas grises y negras en sondeo, lutitas, yesos bioturbados y detríticos, calizas y arcillas de neoformación (sepiolitas de Pareja). Se interpretan en su conjunto como depósitos de abanico aluvial gradando a una zona central lacustre con su depocentro entre Huete y Pareja. De acuerdo con datos de sondeo, su potencia máxima es de 350 m. Su edad es Ageniense superior- Aragoniense medio.

- Segundo Ciclo Neógeno: se deposita según una discordancia con paleorrelieve sobre materiales más antiguos en zonas plegadas o definiendo una ruptura sedimentaria con el ciclo anterior en zonas centrales de la cuenca. Sus caracteres litológicos son similares a los del Primer Ciclo Neógeno pero predominan los carbonatos sobre los sulfatos. En Córcoles se desarrolla una zona palustre carbonatada con importantes anomalías geoquímicas ligadas a aguas epitermales. La edad de la unidad es Aragoniense medio-Vallesiense. La potencia máxima es de unos 200 m.
- Tercer Ciclo Neógeno: se corresponde con la unidad “Calizas del Páramo”, en cuya base se observan las arenas de la “red fluvial intramiocena” constituida por conglomerados y arenas con paleocorrientes de dirección E-O. Por criterios regionales, Torres et al. (1984) le atribuyen una edad Vallesiense-Turolense. Su potencia se estima en unos 50 m.
- Cuarto Ciclo Neógeno: está representado por materiales detríticos o químicos, a los que se atribuye, en ocasiones sin criterios paleontológicos claros, edad Plioceno.

#### 4.2.2. La Cuenca de Madrid

##### 1.1.1.3.- Paleógeno

Los afloramientos paleógenos de la Cuenca de Madrid son muy discontinuos en superficie y forman cinturones relativamente estrechos que afloran en la zona Norte de la cuenca, en la parte Este de la Sierra de Altamira y sobre la zona Norte de los Montes de Toledo.

La discontinuidad de los afloramientos y la variedad de materiales con importantes cambios de facies hace que sea difícil establecer un cuadro estratigráfico claro y detallado de estos materiales.

En líneas generales se pueden diferenciar dos grandes unidades dentro del Paleógeno.

- Unidad de Torrelaguna- Uceda (Portero y Olivé, 1984): está constituida por unos 1.100 m de lutitas, yesos, conglomerados y calizas. Se depositó en sistemas de abanicos aluviales junto con los que se desarrollaron lagos evaporíticos. En la zona



NE de la cuenca, la unidad aflora en el núcleo del anticlinal de Baidés, donde presenta una potencia de unos 200 m. La edad de esta unidad es Cretácico superior-Eoceno.

- Unidad de Beleña de Sorbe-Torremocha de Jadraque. Su potencia puede alcanzar 900 m. Esta unidad se puede subdividir en tres subunidades:
  - Calizas y margas lacustres, con un espesor medio de 350 m, cuya edad se atribuye al Headoniense-Eoceno superior (Arribas, 1986; Ríos et al., 2002).
  - Subunidad detrítica que también incluye niveles de yesos crema, margas y calizas. La edad de esta subunidad se atribuye al Sueviense-Areveniense y su potencia, observable en las proximidades de Villaseca de Henares, es de unos 200 m.
  - La tercera subunidad tiene unos 50 m y está formada por lutitas rojas que incluyen niveles de areniscas y conglomerados, estando todos estos materiales muy edafizados.

La geometría y relación entre estas unidades paleógenas y los materiales neógenos suprayacentes se observa muy bien a lo largo del anticlinal de Baidés en el borde NE de la Cuenca de Madrid. En esta zona se reconoce una discordancia progresiva de la que forman parte las unidades paleógenas y las unidades Inferior e Intermedia del Mioceno que se describen en epígrafes posteriores. Por el contrario unos 5 km al sur (Villaseca de Henares), los depósitos miocenos son claramente discordantes sobre los paleógenos, encontrándose los últimos invertidos.

La correlación de estas unidades con los materiales que afloran en la zona sur de la cuenca no es fácil debido a la discontinuidad de afloramientos y a la escasez de fauna y flora de los mismos. Cabe destacar, no obstante, la falta de afloramientos de yesos en estas áreas, el carácter detrítico de gran parte de los mismos y la importante presencia de paligorskita (Calvo et al., 1993; Rodas et al., 1994)



#### 1.1.1.4.- Neógeno-Mioceno

Al Mioceno pertenecen los materiales que se engloban en las siguientes tres unidades:

- Unidad Inferior del Mioceno.

Los depósitos correspondientes a esta unidad se disponen en discordancia angular y erosiva sobre materiales paleógenos. Se disponen con conformidad estratigráfica, tal como se deduce de los perfiles sísmicos y sondeos profundos disponibles (Racero, 1988).

La Unidad Inferior del Mioceno presenta diferentes tipos de sedimentos que se ordenan de acuerdo con un modelo concéntrico de facies. Esta ordenación es el resultado de la distribución de sistemas lacustres hidrológicamente cerrados a lo largo del Mioceno inferior, y parte del Mioceno medio (Calvo et al., 1989,1996).

Los depósitos lacustres que caracterizan esta unidad son de naturaleza netamente evaporítica con una asociación bastante compleja de fases sulfatadas, carbonatos y cloruros. Así, Ortí et al. (1979), García del Cura (1979) y Ordóñez y García del Cura (1994) han descrito e interpretado los depósitos de yeso, anhidrita, glauberita, thenardita, polihalita, halita, dolomita y magnesita, existentes y observables tanto en afloramiento como en sondeos.

La presencia de estas fases salinas en el centro de cuenca es consecuencia del reciclado de formaciones evaporíticas mesozoicas y paleógenas, en particular las relacionadas con el emplazamiento de la Sierra de Altamira y Cordillera Ibérica, en el lado este de la Cuenca de Madrid (Rodríguez – Aranda et al., Calvo et al., 1996)

Los sedimentos lacustres de la Unidad Inferior se localizan sobre todo en la zona centro-oriental de la Cuenca de Madrid. Hacia los bordes de la cuenca gradan a depósitos terrígenos que forman orlas de diferente amplitud según el borde considerado: orlas de amplitud muy reducida en las proximidades de la Sierra de Altamira (Rodríguez Aranda et al., 1991) y de los Montes de Toledo; orlas formadas por sistemas fluviales de amplia extensión en el área NE de la cuenca (Alonso-Zarza et al., 1993) y orlas constituidas por depósitos arcósicos en facies de abanico aluvial hacia el oeste.



López Olmedo et al. (2003) reconocen dos subunidades dentro de los materiales arcósicos que constituyen la Unidad Inferior del Mioceno en el sector occidental de la cuenca.

El techo de la Unidad Inferior viene marcado por una tendencia a la ampliación y estabilización de los sistemas lacustres durante el Aragoniense medio (Calvo et al., 1989), hecho que se correlaciona lateralmente con un neto desarrollo de paleosuelos en los sistemas aluviales que forman las orlas de materiales terrígenos asociadas a los distintos bordes de cuenca (Alonso-Zarza et al., 1993; López Olmedo et al., 2003).

En áreas centrales de ésta, la discontinuidad estratigráfica entre la Unidad Inferior y la suprayacente, queda subrayada por la presencia de una superficie *paleokárstica* en materiales yesíferos (Rodríguez-Aranda et al., 2002).

- Unidad Intermedia del Mioceno.

La unidad Intermedia presenta una potencia variable entre 50 y 200 m, y su edad abarca desde el Aragoniense medio al Vallesiense. La base de la Unidad Intermedia queda marcada por la penetración de depósitos detríticos sobre materiales lacustres (carbonatos y evaporitas) del techo de la Unidad Inferior.

La Unidad Intermedia está formada por dos subunidades cuyo límite se sitúa en el Aragoniense superior. Hacia techo de cada subunidad y también en el conjunto de la unidad hay una tendencia clara a la disminución de los depósitos aluviales con el consiguiente aumento en la proporción de los términos edáficos y lacustres.

Los depósitos aluviales forman un cinturón discontinuo a lo largo de los márgenes de la cuenca. Su anchura varía de cientos de metros a 30 km, siendo máxima en el borde norte de la cuenca y menor en los márgenes sur y sureste (Alonso-Zarza et al., 1993).

La composición y morfología del área fuente controlaron las características de estos sistemas deposicionales. Así, en los bordes Norte y Sur son dominantes los depósitos arcósicos de gran extensión que pasan a arcosas finas, paleosuelos carbonáticos y

arcillas algunas muy ricas en magnesio (sepiolita y esmectitas) en las zonas distales y lacustres.

En los márgenes N y NE los sistemas aluviales tuvieron menos extensión, depositándose gravas gruesas que pasan distalmente a lutitas rojas con muchos niveles edáficos (Alonso-Zarza et al., 1992). En el margen S son escasos los depósitos de areniscas tabulares que también pasa a lutitas rojas (Sanz, 1996).

Hay que señalar que uno de los rasgos más característicos de esta unidad es la amplia presencia de niveles edáficos así como de carbonatos lacustres muy someros (Alonso-Zarza et al., 1992b; Sanz et al., 1995).

Los depósitos netamente lacustres también varían a lo largo de la cuenca. En las zonas Sur y Este de la cuenca se depositaron yesos seleníticos, lenticulares y detríticos formados en lagos someros de moderada salinidad. Hacia el norte, los depósitos lacustres son esencialmente carbonatos dolomíticos. Todo ello contrasta con los carbonatos de agua dulce depositados en la zona NE. Como se puede observar, por la disposición de las distintas litologías, los ambientes más evaporíticos están restringidos a las zonas S y E de la cuenca.

El techo de la Unidad registra una amplia extensión de los carbonatos lacustres, en general someros (Calvo et al., 1989), sobre los que se desarrolló un importante sistema *paleokárstico* (Cañaveras et al., 1996).

- Unidad Superior del Mioceno.

La sedimentación de esta unidad supone un cambio muy significativo, pues la distribución de facies no sigue el modelo concéntrico mostrado por las unidades infrayacentes. Esta unidad presenta un espesor máximo de 50 m. La base son sedimentos detríticos que se depositaron en un sistema fluvial con dirección dominante N-S.

En detalle, en las zonas centrales de la cuenca la morfología de los sistemas fluviales estuvo condicionada por la topografía del sistema cárstico infrayacente (Calvo et al., 1989). Los carbonatos de la parte superior de la unidad son tobas y micritas fosilíferas depositadas en un sistema fluvio-lacustre de agua dulce (Sanz, 1996, Wright et al., 1997).



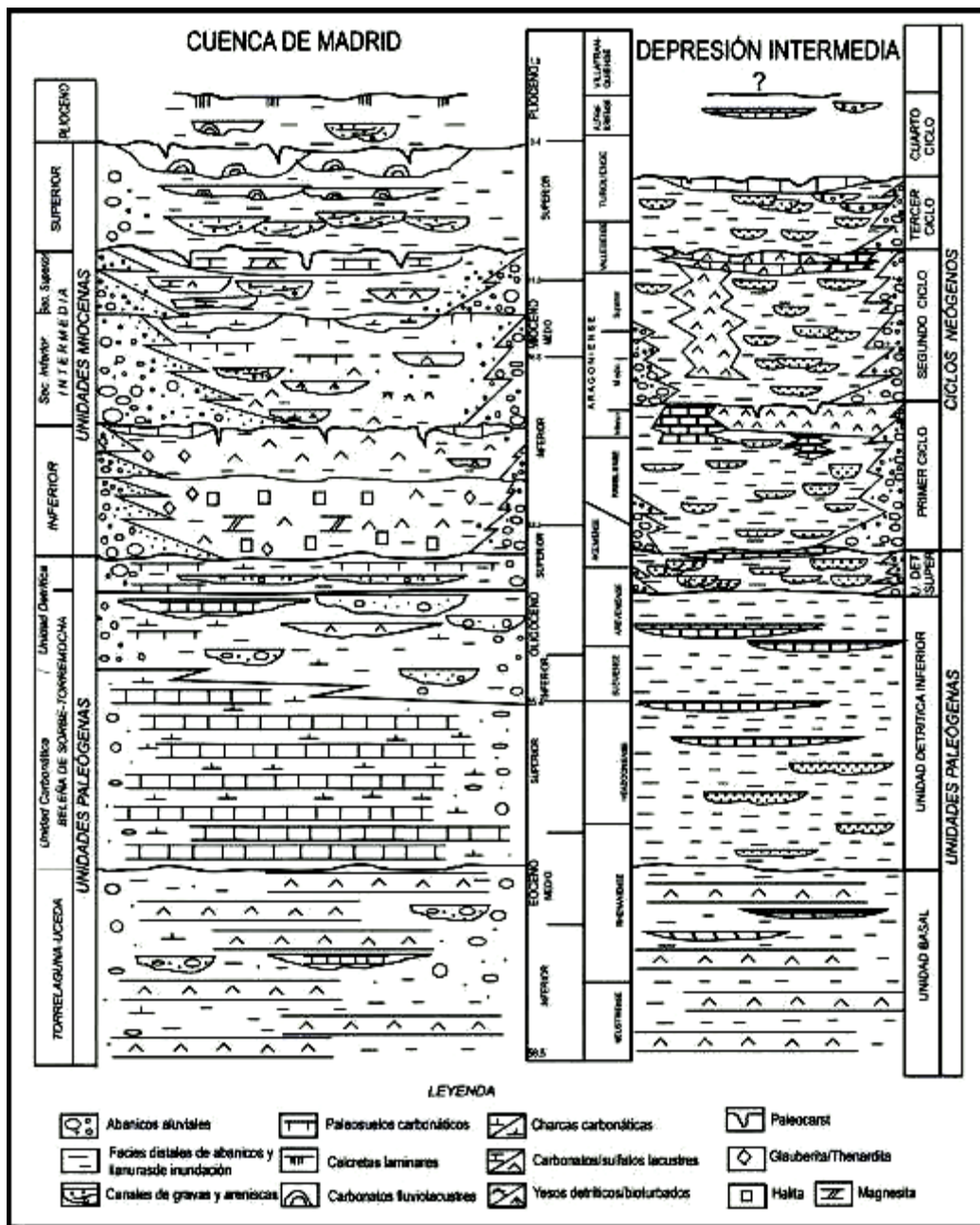
#### 1.1.1.5.- Neógeno-Plioceno

Los afloramientos pliocenos son muy discontinuos a lo largo de la cuenca, estando bien representados en las zonas Sur y Este. En estas zonas se diferencia dos unidades: la unidad inferior o “series rojas” (Pérez-González, 1982) y la unidad superior del Plioceno. La unidad inferior, también denominada Unidad Detrítica Pliocena (Sanz, 1996), está formada por un máximo de 40 m. de lutitas rojas, areniscas, y conglomerados cuyos afloramientos siguen una dirección N-S, siendo muy frecuentes los canales con relleno carbonático.

La unidad superior del Plioceno está representada en el centro de la cuenca por una potente calcreta laminar (Sanz, 1996). Hacia los márgenes de la cuenca y con edades algo más recientes se desarrollaron las rañas y rampas arenosas.

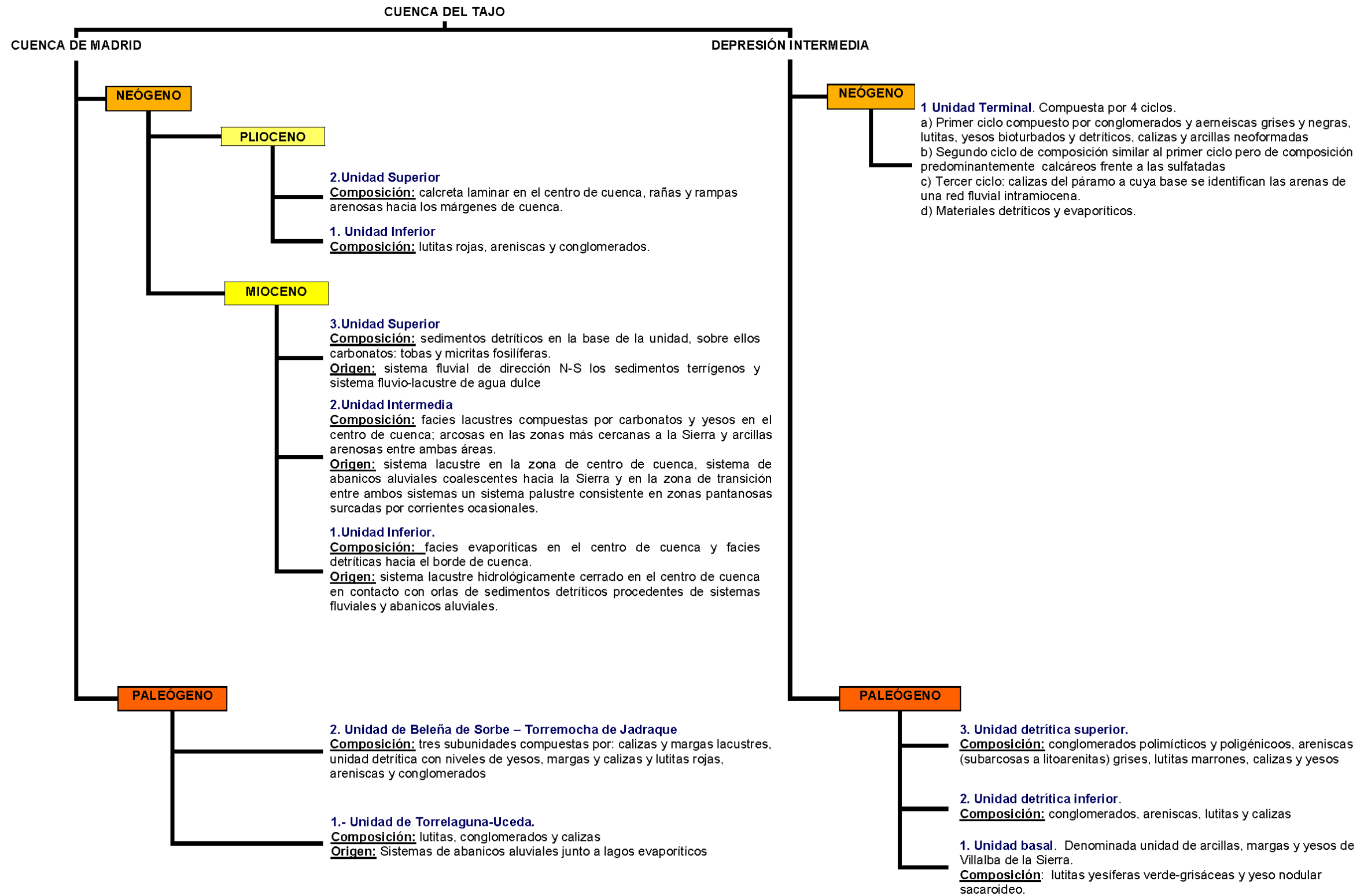
En la siguiente figura se recogen dos columnas estratigráficas de cada una de las subcuenas que conforman la Cuenca del Tajo. En ellas se pueden observar los distintos ciclos deposicionales y las distintas unidades litoestratigráficas descritas, así como el origen de cada una de ellas (procedentes de abanicos aluviales, llanuras de inundación, sistemas lacustres, etc.).





*Columnas estratigráficas de la Cuenca de Madrid y de la Depresión Intermedia.*

En el recuadro a continuación se recoge, de forma esquemática y a modo de resumen, la Geología General de la Cuenca del Tajo, de la Cuenca de Madrid y de la Depresión Intermedia.





## 5. GEOLOGÍA LOCAL

### 5.1. ESQUEMA GEOLÓGICO

De las dos cuencas descritas con anterioridad, la zona de estudio, donde se ubican las tres ERAR: La China, Butarque y Sur, además de sus zonas de influencia y limítrofes, susceptibles de albergar futuras actuaciones de depuración, se sitúa en la Cuenca de Madrid, identificándose específicamente materiales depositados durante el Mioceno que se podrían incluir en la Unidad Inferior del Mioceno, descrita en el epígrafe 4.2.2.2.

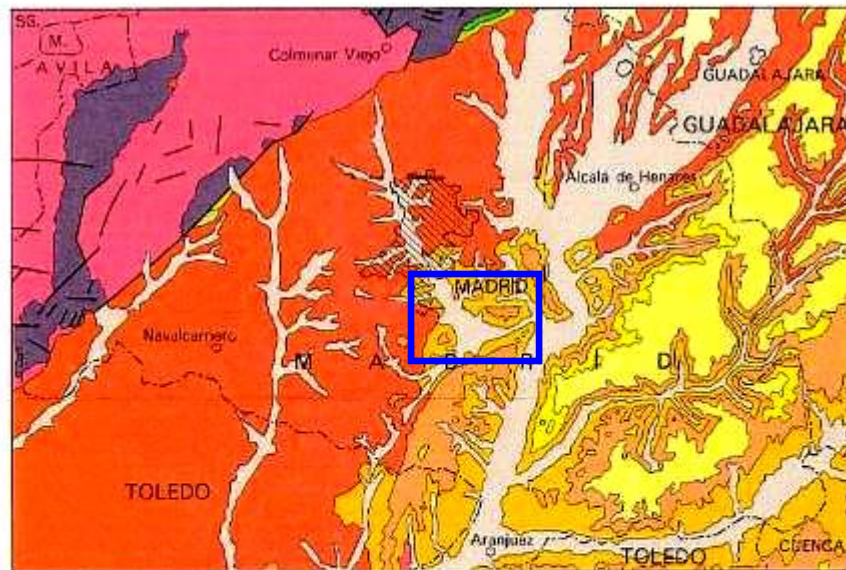
Como se describe en dicho apartado, los sistemas deposicionales varían según la disposición de la zona dentro de la cuenca, identificándose grandes sistemas de abanicos aluviales en los bordes de cuenca con sedimentación mecánica de los materiales procedentes de la erosión de macizos ígneos y sistemas lacustres con sedimentación de tipo químico en el interior de la cuenca.

El resultado es una distribución concéntrica de facies de la siguiente forma:

- Las Facies Marginales de Cuenca (o Detríticas): bajo esta denominación se agrupan materiales de origen detrítico y naturaleza arcósica con proporciones variables en matriz arcillosa, muy inmaduros y heterogéneos, relacionados con los abanicos aluviales. Su sedimentación está controlada por los pulsos energéticos y tectónicos de reactivación del relieve que originan la progradación de sedimentos gruesos sobre finos.
- Las Facies de Transición (o Intermedias): formadas por materiales detríticos y evaporíticos acuñados, presentándose niveles de sílex en las margas yesíferas. Corresponden a las zonas distales de los abanicos aluviales de menor energía que coexistirían con los bordes de las cuencas lacustres.

- La Facies de Interior de Cuenca (o Centrales): depósitos lacustres, constituidos por materiales arcillosos, evaporíticos, yesos, margas yesíferas, con alguna intercalación de calizas tableadas y margas blancas.

### ESQUEMA REGIONAL



Escala 1:1.000.000



**Esquema geológico regional de la zona de estudio.**

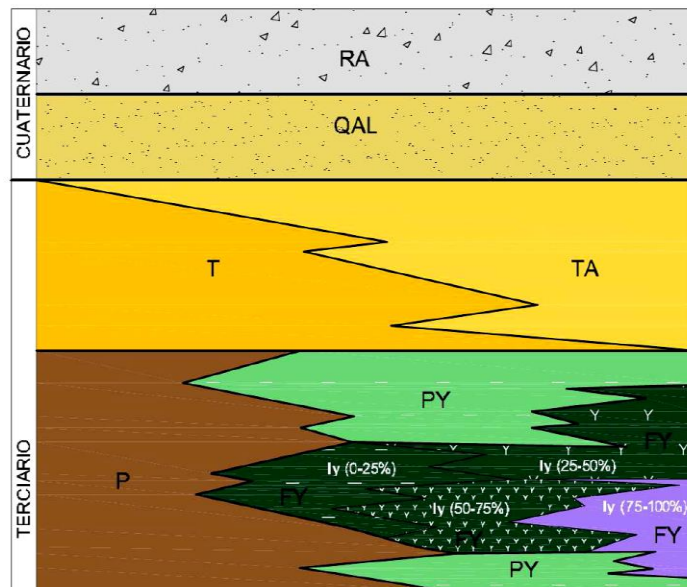
**En el cuadro azul se enmarcan las tres plantas.**

Como se recoge en la figura anterior, la zona de estudio se localiza sobre Facies detríticas del Mioceno en su mayoría, identificándose también facies evaporíticas miocenas en la zona SE.

## 5.2. ESTRATIGRAFÍA

Como se recoge en planos anteriores, y se ha comentado previamente, las tres instalaciones de depuración objeto del presente Estudio se ubican enteramente sobre materiales terciarios, tanto detríticos como evaporíticos, y sobre depósitos cuaternarios supradacentes, aluviales, o rellenos antrópicos, situados discordantemente sobre los primeros, que ejercen de sustrato resistente relativo local bajo el cuaternario.

La columna geológico-geotécnica tipo adoptada en el presente informe para cartografías, plantas y perfiles geológicos se presenta a continuación. Ella recoge de modo sistemático y simplificado todos los materiales geológicos presentes en la zona de ubicación de las tres plantas y su correlación con denominaciones geotécnicas locales clásicas de la zona.



- RA Relleno antrópico residuo de construcción, arena con cantos y escombros.
- QAL Cuaternario aluvial. arcillas arenosas o arenas finas con cantos de origen aluvial.
- TA Arenas arcillosas marrones duras a arcillas con bastante arena marrones muy densas. Formación Tosco Arenoso/Arena Tosquiza.
- T Arcillas de color ocre duras o muy duras. Formación Tosco.
- P Arcillas marrón-rojizas o gris-verdosas duras o muy duras. Sin yeso. Formación Peñuelas .
- PY Arcillas grises, raramente marrones con indicios de yeso pulverulento o mineralización de yeso fibroso en vetas subhorizontales o verticales de espesor centimétrico. Formación peñuelas con yeso.
- FY Interestratificado de arcillas grisáceas y yeso fibroso pulverulento o masivo. La predominancia de arcilla frente a yeso o viceversa es variable. Formación yesífera. Iy= Índice de yesos. % estimado "de visu" de yesos frente a las arcillas.



A continuación se comentan las principales características litológicas de las unidades estratigráficas presentes en la zona.

### 5.2.1. Terciario Mioceno

Los materiales presentes en la zona de Estudio, depositados durante el Terciario Mioceno, corresponden a materiales de las facies intermedias y centrales de la Cuenca de Madrid.

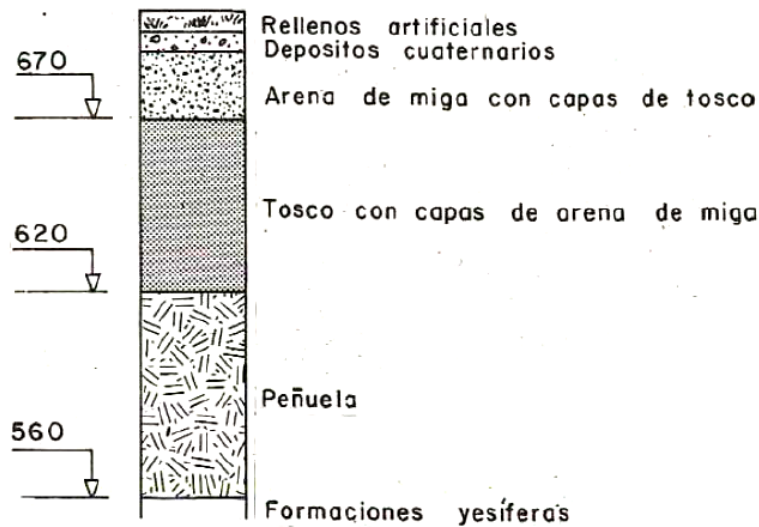
Para su descripción se ha recurrido a la denominación geotécnica clásica para los suelos de Madrid en los que se alude a la formación yesífera, peñuelas, términos tosquicos y arenas de miga.

Las formaciones yesíferas son yesos interestratificados con arcillas y arcillas margosas endurecidas, desarrollándose el yeso en niveles tableados y nodurales de magnitud centimétrica a métrica.

El término peñuelas ha sido aplicado de forma tradicional a las arcillas y margas verdosas, ocasionalmente con tonos azulados u otras veces con tonos parduzcos, que se identifican entre las litologías madrileñas.

Por otro lado, los términos de “tosco” o “tosquita” han sido aplicados a los niveles de arcillas más o menos limo-arenosas de tonos marrones que constituyen el paso lateral o en la vertical de las arcillas verdosas (“peñuelas”) a las arcosas en el sector norte, aunque en muchos informes de carácter geotécnico se utilizan igualmente para designar las intercalaciones arcillosas de los depósitos arcósicos de granulometría más gruesa (“arenas de miga”).

Estos últimos materiales se han descrito puntualmente en la zona de ubicación de alguno de los estanques de tormentas, si bien su importancia queda relegada a un segundo plano frente a la abundancia del resto de los materiales aflorantes.



**Columna estratigráfica típica de la zona Sur y Este de Madrid, donde se encuentran las tres plantas de tratamiento del Estudio.-(Escario 1970)**

ESQUEMA DE CORRESPONDENCIA ENTRE LAS FACIES GEOLOGICAS Y LAS FORMACIONES GEOTECNICAS		
FACIES GEOLOGICAS	FORMACIONES GEOTECNICAS	CARACTERISTICAS LITOLOGICAS
Detriticas	Arenas de miga, formación Las Rozas.	Arenas arcósicas color ocre o amarillento, de grano grueso a fino, con gravillas y niveles de cantos.
	Arenas de miga, formaciones El Pardo y Madrid.	Arenas color ocre o amarillento, con gravillas y esporádicos lentejones de gravas con tramos de arenas y arcillas limosas.
	Tosco.	Arcillas limo-arenosas color ocre o amarillento, con tramos arenosos. Niveles intercalados de naturaleza similar a la transición tosco-peñuela.
Intermedias	Transición tosco-peñuela.	Interestratificados carbonatados (a veces con sílex), sepiolíticos y montmorilloníticos en el contacto entre tosco y peñuela del S y E de Madrid.
	Peñuela.	Arcillas y arcillas margosas gris azulado o verdoso y marrones, endurecidas, con tramos de areniscas micáceas.
Centrales	Formaciones yesíferas.	Niveles y bancos de yeso alternando con arcillas y margas endurecidas.

1.1.1.6.- Formación yesífera. Yesos tableados y nodulares entre arcillas verdosas.



Consiste en una alternancia, generalmente monótona, de arcillas de tonos pardo-grises o verdosos en superficie en ocasiones laminadas y bancos yesíferos con espesores variables entre unos centímetros hasta 2 ó 3 metros. Intercalan localmente bancos tableados muy finos de dolomías y/o magnesita con textura micrítica.

Esta alternancia de yesos y arcillas se presenta bien expuesta en todo el área Sur y Sureste de la zona de Madrid.

El tipo de morfología de yesos más común consiste en niveles de nódulos de tamaño variable, desde uno 2 cm de diámetro hasta medio metro, de aspecto alabastrino blanco, que en unos casos aparecen separados por arcillas y en otros casos coalescen lateralmente, dando lugar a niveles muy continuos. Son frecuentes también los bancos con estructura enterolítica, niveles más masivos con laminación difusa y yesos en empalizadas alabeadas muy compactos.

Un rasgo general es la abundancia de texto-estructuras secundarias, siendo un hecho frecuente el que los yesos nodulares presenten a nivel textural evidencias de anhidrita previa actualmente yesificada. Dado que estos niveles corresponden a facies deposicionales más centrales, es posible explicar el predominio de los yesos en las áreas marginales como resultado de yesificaciones diagenéticas tempranas coincidentes con influjos de aguas dulces a los bordes del área lacustre.

Las evidencias de yeso primario son, en este sentido, relativamente escasas. Otro aspecto del carácter en gran parte secundario de los yesos de esta unidad es la presencia de nódulos fibroso-radiados de yeso, así como de bancos gruesos hacia el techo de la unidad constituidos por microcristales seleníticos con estructura de conjunto muy oquerosa.

El yeso fibroso, muy abundante en la mayor parte de los niveles tanto en posición horizontal como vertical, es de carácter hipergénico.

La composición de las arcillas de esta unidad presenta porcentajes muy bajos de esmectitas (5-50 por 100) en comparación con las facies de lutitas a que pasan lateralmente o verticalmente estos niveles. La fracción illita es predominante en la mayor parte de los casos (45-75 por 100) con porcentajes bastantes altos caolinita (5-20 por





100). Aparecen indicios de interestratificados illita-esmectita. Este aspecto mineralógico varía radicalmente cuando se compara con el alto porcentaje en esmectitas o aparición de sepiolita observado en los niveles de cambio lateral de facies hacia el norte de esta unidad, así como en algunas intercalaciones de arcillas verdes entre los yesos.

La sedimentación de esta unidad de yesos y arcillas corresponde, según los rasgos observados en ambas litofacies, a un lago salino con oscilaciones en el espesor de la lámina de agua. El depósito de las arcillas tiene lugar bajo lámina de agua, con preservación en estado reducido de la materia orgánica. Esta materia orgánica se presenta en porcentajes inferiores al 2 por 100 en el seno de los niveles arcillosos, apreciándose en ellas un alto grado de transformación. Su composición es, fundamentalmente, querógeno del tipo III (80 por 100 de materia orgánica), bitumen y, en muy escasa proporción, ácidos húmicos y fúlvicos. Dicha composición sugiere un origen de la materia orgánica a partir de restos vegetales de plantas superiores.

La fina laminación de las arcillas intercaladas entre la anhidrita y/o yesos primarios es indicativa de deposición en ambiente muy tranquilo, sin evidencias de agitación por corrientes. Los términos correspondientes a exposición subaérea más definida (carbonataciones vadosas, silcretas...) aparecen representados en áreas algo más septentrionales.

#### 1.1.1.7.- Peñuelas

Estos materiales afloran ampliamente en toda la parte Centro meridional y Este de la zona de Madrid. En la parte oriental, estas arcillas quedan en parte cubiertas por las terrazas del río Jarama o han desaparecido por la erosión.

El límite inferior de esta unidad queda netamente definido en la parte sur y sureste de la zona de Madrid, donde las arcillas, que presentan un mayor o menor contenido en niveles de carbonatos, reposan directamente sobre niveles yesíferos. Los depósitos más basales se amoldan localmente a depresiones de origen *exokárstico* posteriormente reactivadas sobre los yesos. Estos materiales se disponen en discontinuidad estratigráfica respecto a las unidades yesíferas infrayacentes con un neto carácter progradante respecto a ellas.



Dicha progradación se produjo durante el Aragoniense medio y define el límite entre las unidades inferior e intermedia del Mioceno.

Las litologías que caracterizan esta unidad son predominantemente arcillas verdes, masivas o laminadas en ocasiones con abundantes materia orgánica, arenas micáceas (biotíticas) verdes con estratificación cruzada generalmente de surco, carbonatos masivos blancos con bioturbación de raíces, arcillas rosadas masivas y sílex en bancos de geometría nodular y tonos carnosos.

Todas estas facies se presentan en una variada gama de secuencias cuya articulación en detalle resulta difícil por la escasez de afloramientos.

Los tipos de secuencias más frecuentes son:

- a) secuencias granodecipientes de arenas micáceas con estratificación cruzada en paso a arenas más finas con laminación paralela bioturbadas por gusanos, arcillas verdes y carbonatos masivos palustres con raíces;
- b) secuencias de alteración edáfica formadas por arcillas verdes en paso gradual irregular a arcillas rosadas y carbonatos blancos con estructuras prismáticas edáficas y rizocreciones;
- c) perfiles de alteración similares con arcillas verdes, arcillas rosadas y sílex con más o menos carbonatos, en las que el sílex puede deberse a procesos de liberación de  $\text{SiO}_2$  a partir de las arcillas (BUSTILLO, 1976);
- d) carbonatos dolomíticos masivos, finamente bioturbados por raíces, con sepiolita y / o esmectitas de tonos claros.

Localmente a la base de la unidad aparecen de forma discontinua depósitos de lutitas y limos masivos de tonos pardos y composición esencialmente illítica, en contactos erosivos sobre las arcillas de la unidad infrayacente.

La mineralogía de todas estas facies es muy variada aunque existen algunos aspectos que caracterizan de forma bastante específica a la unidad:



- el predominio de las esmectitas dentro del aspecto mineralógico de las arcillas. Las esmectitas presentan una estructura trioctaédrica, con porcentajes de MgO generalmente comprendidos entre 25-27,5 por 100. El índice de cristalinidad es, en muchas ocasiones bajo particularmente en las arcillas esmectíticas (100 por 100 de esmectitas) de tonos rosados tan características de esta unidad, cuya estructura es en forma de apilamientos turboestráticos. Son frecuentes asimismo los niveles arcillosos con mezcla de esmectitas y sepiolita.
- el carácter dolomítico de los niveles carbonáticos coincidente con el carácter magnésico de las arcillas en que aparecen intercalados. Localmente estos niveles son de magnesita finamente cristalina. La calcita suele estar presente en pequeñas proporciones como producto de la dedolmitización.
- los niveles de sílex son de naturaleza predominantemente cuarcífera, en mosaicos cripto y microcristalinos. Ambos aspectos diferencian el sílex de esta unidad de los niveles de sílex dentro de las arcillas los cuales presentan en general mineralogía y texturas opalinas.

El medio de deposición de todo este conjunto de facies corresponde a un ambiente palustre-lacustre somero en transición hacia el norte con facies de orla muy distal de los abanicos arcóscicos.

Localmente, los depósitos terrígenos algo más gruesos procedentes de estos abanicos se intercalan en forma de depósitos en lámina (*sheet folds* de arenas micáceas) dentro de las arcillas.

Las oscilaciones de nivel de agua condicionaron la expansión y retracción del sistema lacustre y, por tanto, la mayor o menor extensión de las facies de exposición subaérea (secuencias edáficas).

Las arcillas verdes muestran en la mayor parte de los casos distribuciones granulométricas con fuerte componente de deposición por exceso de carga resultado de la entrada en el margen lacustre de fangos poco estructurados.



Las asociaciones mineralógicas observadas en los depósitos arcillosos, así como la mineralogía de los carbonatos, sugieren que el depósito de estos materiales tuvo lugar en un ambiente lacustre alcalino bajo condiciones climáticas de relativa aridez.

Esta última observación viene también avalada por las conclusiones paleoecológicas obtenidas a partir de las faunas encontradas en esta unidad o en sus equivalentes laterales.

#### 1.1.1.8.- Tosco o arena tosquiza

Está formado por sedimentos de color ocre o marrón con predominio arcillo-limoso y niveles arenosos. Localmente, en las zonas más elevadas pueden encontrarse gravillas. Se trata de la transición entre los depósitos de arena de miga pertenecientes a las facies marginales y las peñuelas verdes de transición a las facies centrales.

Como ya se ha comentado estos materiales se han descrito puntualmente en dos sectores de la zona de estudio en la información recopilada en sectores de los estanques de tormentas, si bien su importancia queda relegada a un segundo plano frente al predominio del resto de materiales presentes en superficie o profundidad: **Peñuelas, Formación evaporítica, y rellenos cuaternarios fluviales, o vertidos y rellenos antrópicos.**

### 5.2.2. Cuaternario

Las formaciones geológicas más recientes están caracterizadas, principalmente, por los depósitos aluviales del río Manzanares y del arroyo Butarque y por los materiales que, con débil espesor, están asociados a las superficies divisorias y los glaciares.

Los conos aluviales, coluviones, derrames, limos yesíferos y otros sedimentos relacionados con las depresiones endorreicas o de origen cárstico, son a veces, por su génesis y evolución, formaciones puntuales de escasa importancia y extensión reducida.



En la zona de Estudio, únicamente se han detectado los depósitos aluviales y depósitos de glacia, cuyas características se describen a continuación.

#### 1.1.1.9.- Materiales asociados a las superficies divisorias y glacia

Los primeros están relacionados con antiguas superficies o arrasamientos labrados en la zona de Madrid en las arcosas gruesas de edad Aragoniense superior, y hoy presentan las zonas culminantes de las superficies divisorias de partición de aguas entre los ríos Guadarrama-Manzanares y Manzanares-Jarama. Los depósitos asociados a los glacia tienen una mayor variedad litológica y textural, ya que dependen del sector donde se hayan desarrollado. Están constituidos por arenas arcillosas con cantos de caliza, sepiolita y sílex, con potencias que no deben sobrepasar los 2 m.

#### 1.1.1.10.- Terrazas y depósitos de fondo de valle

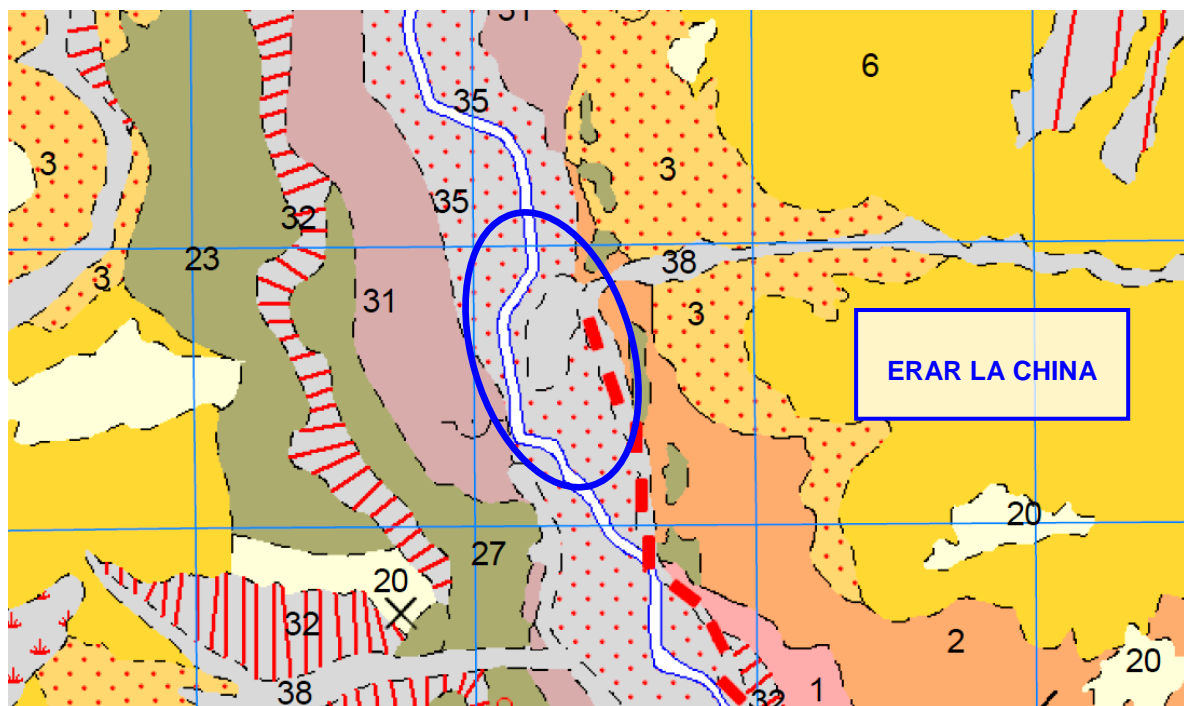
La región de los alrededores de la ciudad de Madrid es una región drenada al E por el río Jarama y sus afluentes de la margen derecha, y al O por el Manzanares que es el río con mayor recorrido que atraviesa el territorio de la zona. Las terrazas del Río Manzanares no son uniformes ni litológica, ni texturalmente. En la zona de estudio, se identifican facies de arenas de tamaños medios a gruesos, moderadamente clasificados con estructuras de estratificación cruzada planar que pueden alternar con barras de gravas y cantos de tamaño centimétrico. Pueden también intercalarse en la secuencia, niveles o capas arcillo-arenosas de hasta medio metro de acreción vertical de color gris-verdoso y composición esmectítica-illítica. Por otra parte, las facies arenosas con intercalaciones arcillosas representan también a los términos de llanura de inundación del río Manzanares.

### 5.3. GEOLÓGIA DE DETALLE

#### ❖ EDAR LA CHINA

Se ubica en el mismo cauce, sobre el relleno aluvial (35,38) y terrazas del Manzanares (31,27,23), en su margen izquierda. El sustrato del valle aflora en la margen izquierda, y más alejado, también en la derecha. Se trata, en orden ascendente, de los yesos masivos y laminados con arcillas (1 y 2), sobre los que se ubican las arcillas oscuras de las Peñuelas (3), y sobre ellos los niveles de Tosco (6).

A continuación, se presenta para ésta, y para las otras dos plantas, una cartografía geológica de detalle, junto a la leyenda-clave numérica de los litotipos presentes.

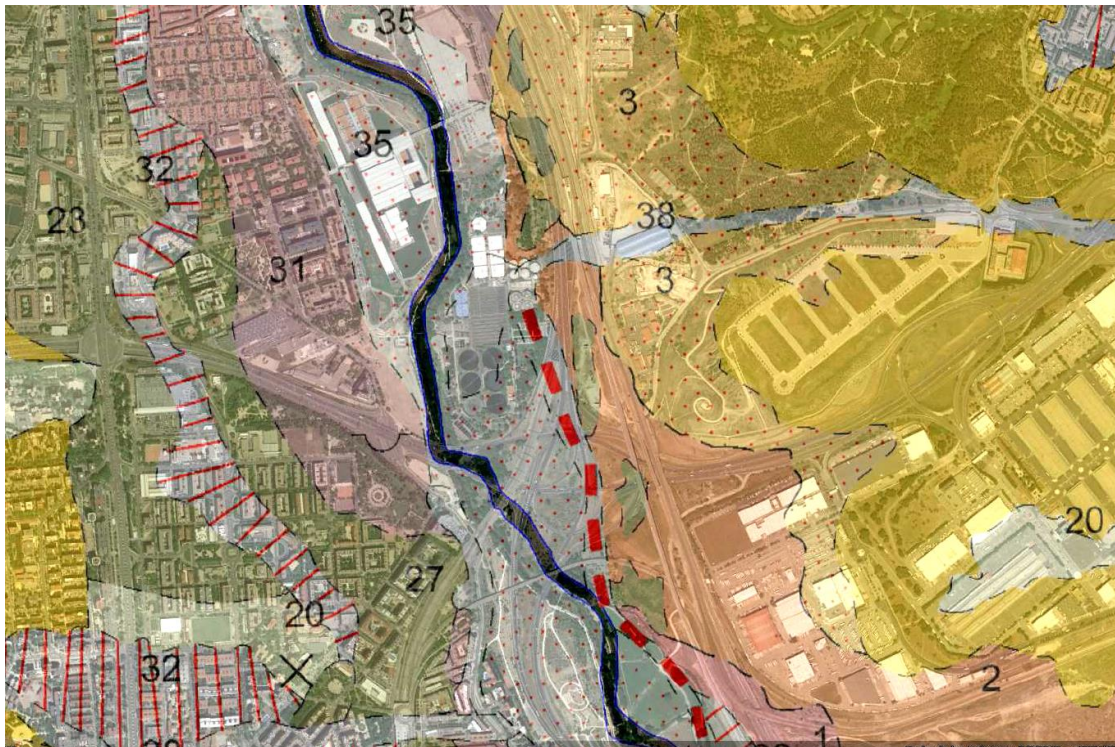


#### LEYENDA-CLAVE NUMÉRICA CARTOGRAFÍA MAGNA: ERAR LA CHINA Y ZONA NORTE (N) DE LA ERAR BUTARQUE



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

- 38, 36 Arenas cuarzo-feldespáticas, arcillas y limos arenosos con gravas dispersas (fondos de valle, lechos de canales y cauces abandonados)
- 37 Gravas, cantos y arenas (barras aluviales)
- 35 Limos arcillosos, arenas gravas y cantos poligénicos (llanuras aluviales)
- 34 Limos yesíferos
- 33 Arcillas arenosas con fragmentos de roca (Rellenos kársticos)
- 32, 30, 26 Arenas y limos con cantos dispersos (coluviones, derrames y conos aluviales)
- 31, 28, 27 Cantos y gravas poligénicos, arenas, limos y arcillas (terrazas)
- 29 Arcillas arenosas (fondos endorreicos)
- 25, 24, 23, 22, 21 Cantos y gravas poligénicos, arenas, limos y arcillas (terrazas)
- 20 Arenas cuarzo-feldespáticas con gravas y cantos (glacis y superficies)
  
- 7 Niveles de carbonatos (dolomías y calcretas)
- 6a Arcillas con intercalaciones frecuentes de bancos carbonáticos, en parte silicificados
- 6 Arcillas verdes y rosadas, arenas micáceas, margas y niveles de carbonatos y sílex
- 5 Niveles de sepiolita
- 4a Arcosas gruesas con cantos, lechos de cantos, fangos y arenas arcósicas
- 4 Arenas arcósicas de grano medio o fino, limos y arcillas marrones
- 3 Arcillas verdosas y marrones, localmente arenas micáceas, niveles de carbonatos y sílex
- 2 Yesos tableados y nodulares entre arcillas grises y marrones
- 1 Yesos masivos



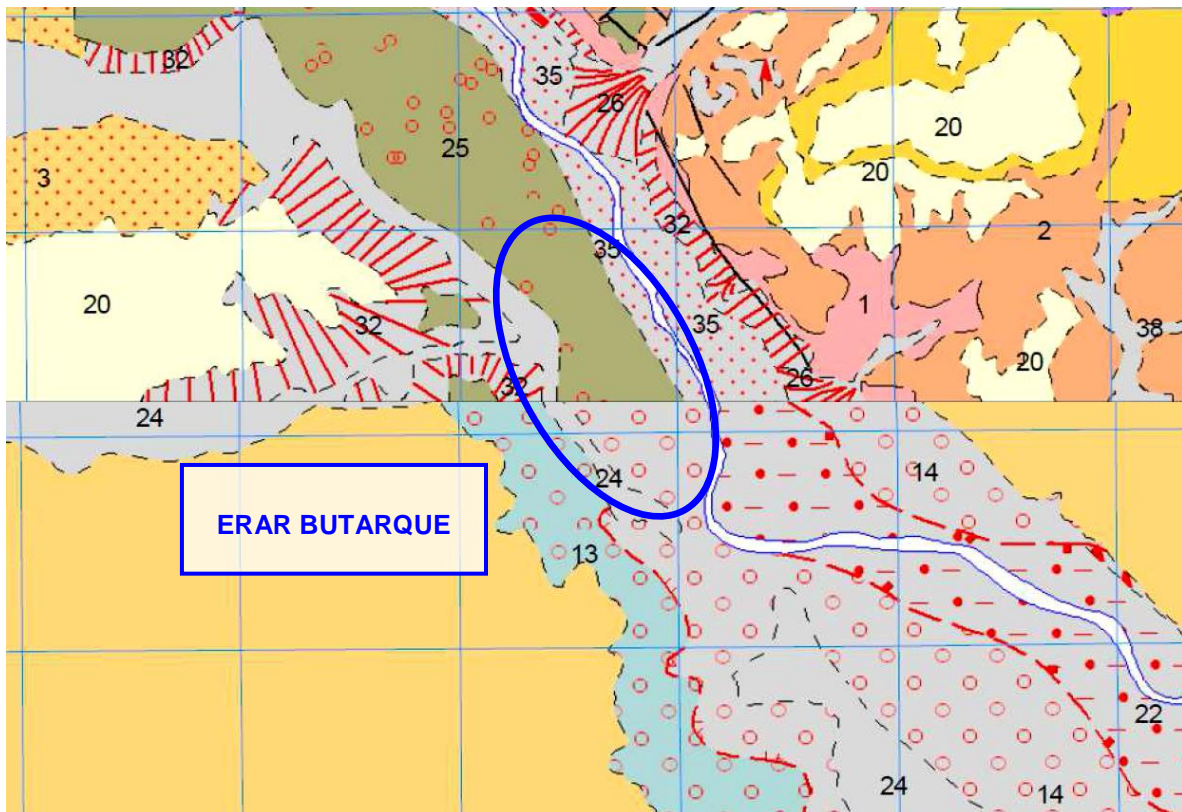
*Fotografía aérea de la EDAR de La China con la geología de la zona sobreimpuesta*

#### ❖ EDAR BUTARQUE

Como en el caso de la EDAR La China, la EDAR de Butarque también se asienta en el mismo cauce del río Manzanares, en este caso en la margen derecha y sobre materiales aluviales cuaternarios (35N, 22S, 38N, 24S), niveles de terrazas (25N, 14S, 23N, 13S) y coluviones y glaciares a mayor cota y más separados de la planta (20N). Como sustrato siguen apareciendo las formaciones yesíferas en ambos márgenes con colores amarillo-crema (1S, 1N, 2N).

Estructuralmente, en este sector es patente la presencia de fallas orientadas NNW-SSE que marcan la disposición y trazado del contacto del sustrato y los rellenos cuaternarios en la margen izquierda del Manzanares. En profundidad estas fracturas deben condicionar una asimetría en el relleno y fondo de la depresión por la que discurre el río, creando una morfología disimétrica en cuña, con hundimiento progresivo mayor en dicha margen izquierda, por lo que es la que alberga la mayor parte de los conos de deyección y coluviones presentes. (32N, 26N, 19S).

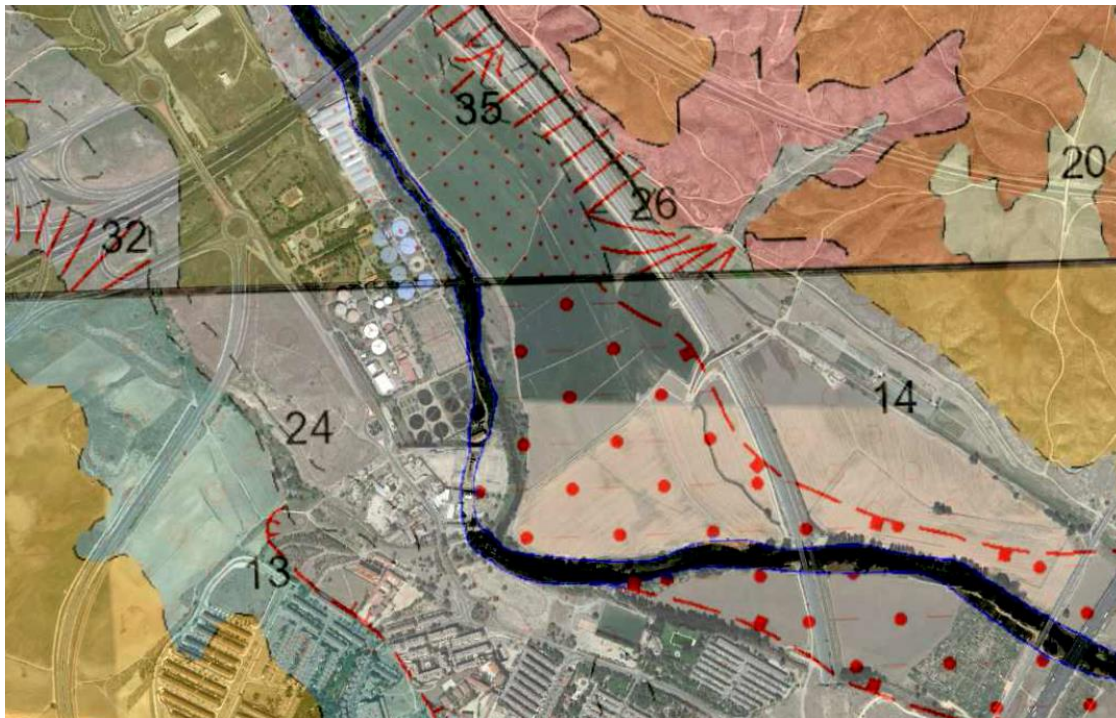




**LEYENDA-CLAVE NUMÉRICA CARTOGRAFÍA MAGNA: EDAR SUR**

**Y ZONA SUR (S) DE LA ERAR BUTARQUE**

- 24 Aluviales de fondo de valle, arcillas yesíferas, arenas, arcillas
- 23 Barras, gravas y arenas
- 22 Llanura de inundación, limos, gravas y arenas
- 21 Conos de deyección, arcillas yesíferas, yesos, gravas, arenas y arcillas
- 20 Coluviones, arcillas yesíferas, yesos, gravas, arcillas, arenas
- 19 Coluviones, arcillas yesíferas, yesos y sílex, calizas
- 18 Yugo de buey
- 17 Gravas, arenas y limos
- 16 Coluviones, arcillas yesíferas, yesos, gravas y arenas
- 15 Gravas, arenas y limos
- 14 Gravas, arenas y limos
- 13 Arenas, gravas, arcillas y limos
- 2 Margas yesíferas grises y verdes
- 1 Yesos masivos, yesos especulares y margas yesíferas



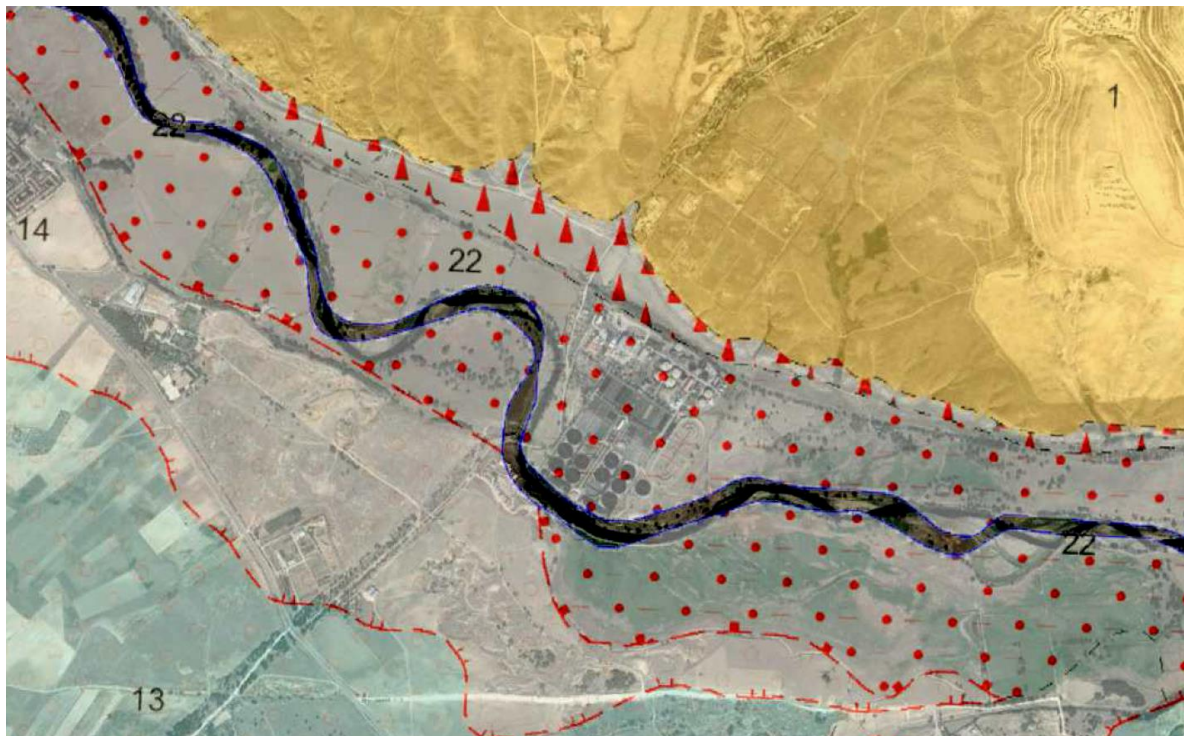
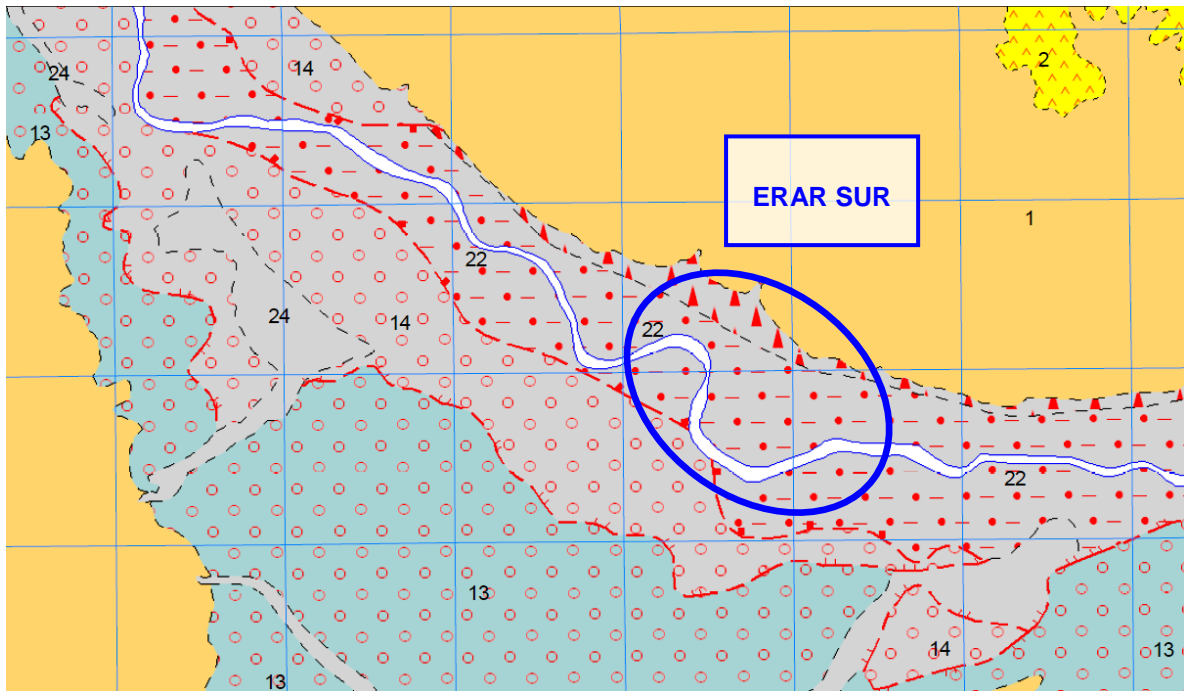
*Fotografía aérea de la ERAR de Butarque con la geología de la zona sobreimpuesta*

#### ❖ EDAR SUR

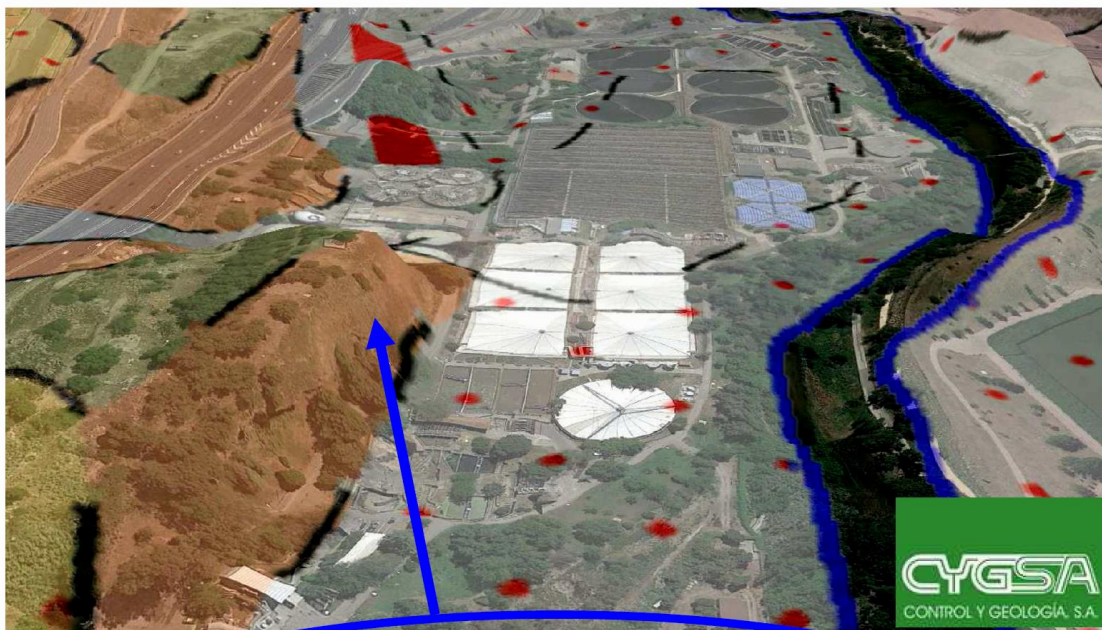
Como en el caso de las otras dos ERAR, la ERAR SUR se sitúa también sobre materiales aluviales cuaternarios pertenecientes a la llanura de inundación del Manzanares (22) y zonas de terrazas aledañas al cauce (14, 13).

Justo al norte de la misma ERAR aflora un frente de materiales del sustrato relativo, que emerge en este sector, constituido por la formación yesífera, en el que predominan los yesos masivos (1), que forma relieves notorios, y tramos de margas yesíferas con yeso (2). En la zona de transición entre la llanura de inundación (22) y los yesos del sustrato (1), se depositan coluviones en la zona de ruptura de pendiente de la margen izq. (19.- triángulos rojos en la cartografía siguiente).

A continuación de los citados planos geológicos correspondientes a la ERAR Sur, se presenta un resumen gráfico en foto aérea de la geología de las tres plantas, con un reportaje de los afloramientos y materiales superficiales observables en cada una de ellas.



**E.R.A.R. DE LA CHINA.- DETALLE DEL AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN YESÍFERA E INTERESTRATIFICADOS DE ARCILLAS OSCURAS PEÑUELAS EN LA MISMA PARCELA DE LA ERAR**



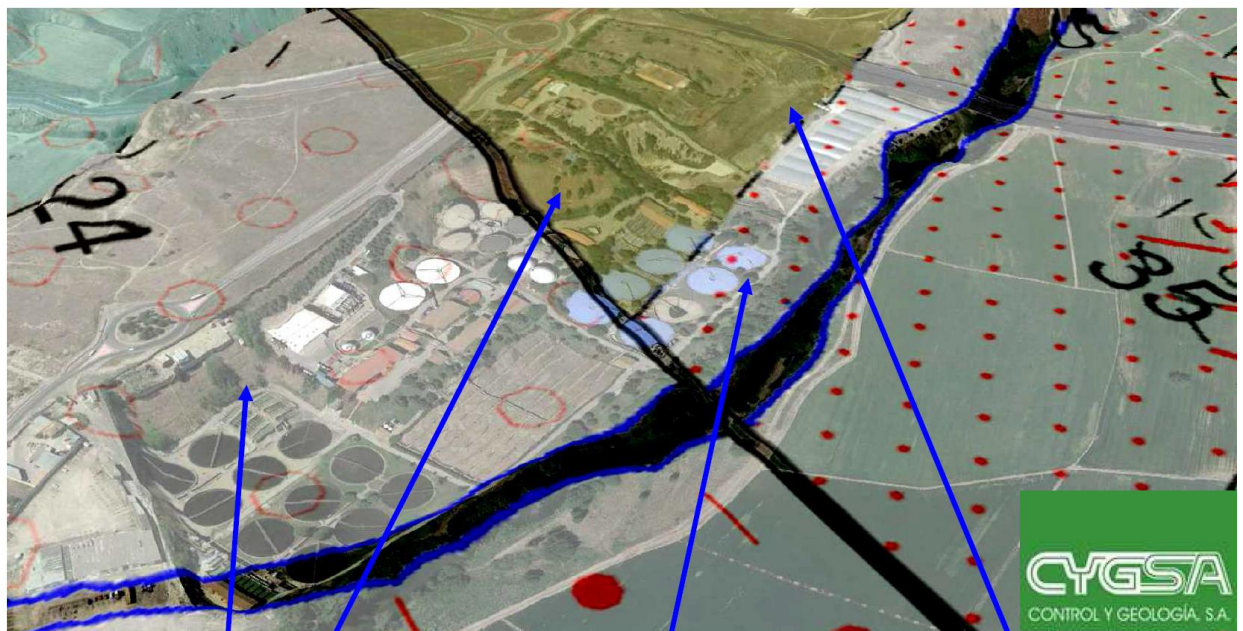
E.R.A.R. DE LA CHINA

VISTAS DE DETALLE DE LA UNIDAD DE LA FORMACIÓN YESÍFERA Y CON NIVELES DE ARCILLAS PEÑUELAS





**E.R.A.R. DE BUTARQUE.- DETALLE DE AFLORAMIENTOS GEOLÓGICOS OBSERVABLES EN LA PLANTA**



**E.R.A.R DE BUTARQUE**

DETALLE DE ALGUNOS TALUDES EXCAVADOS EN RELLENOS EN LA ZONA OESTE Y MARGEN DEL RÍO

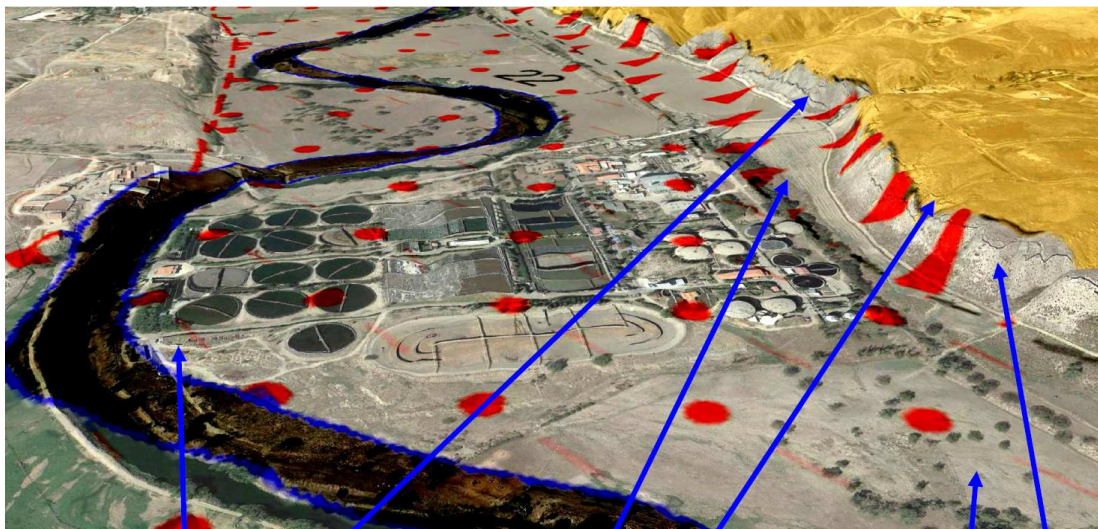








**E.R.A.R SUR.- DETALLE DE AFLORAMIENTOS GEOLÓGICOS OBSERVABLES EN LA PLANTA**



**AFLORAMIENTOS DE LA UD. YESÍFERA Y PEÑUELAS CON INTERESTRAT. ARCILLAS AL NE DE LA ERAR**



TERRENOS DEL ENTORNO DE LA ERAR: VERTIDOS , TERRAZAS, COLUVIONES Y ALUVIONES DEL RÍO

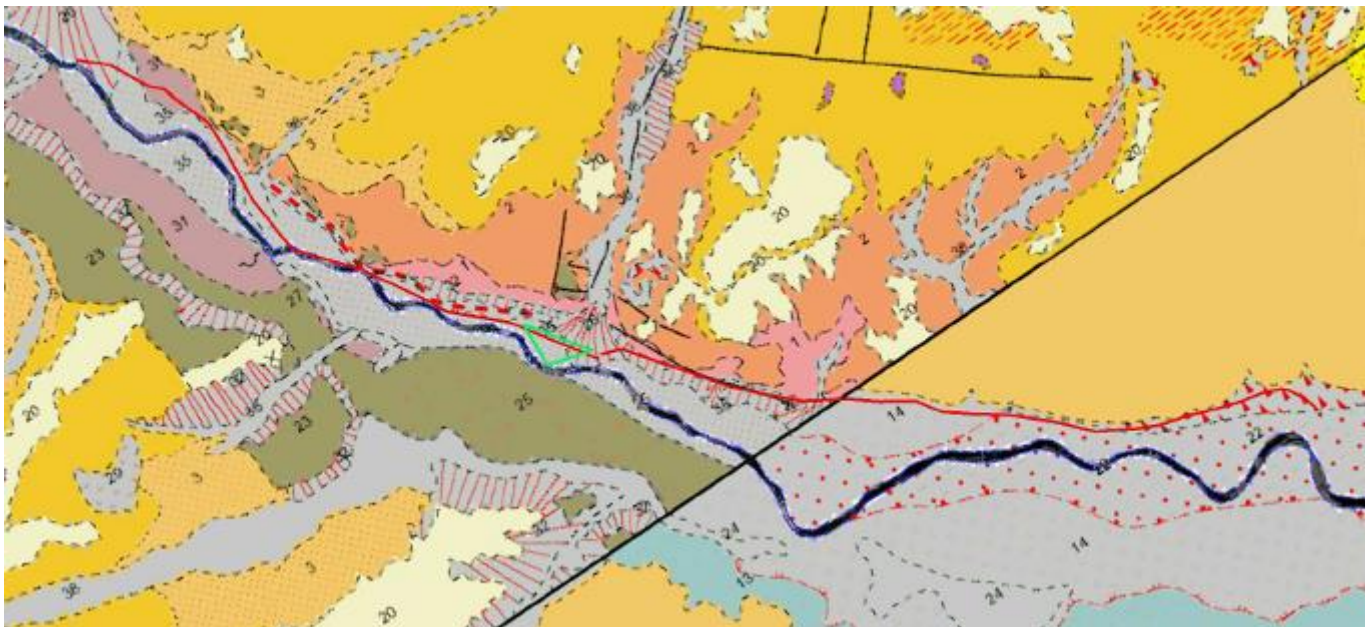


❖ TANQUE DE TORMENTAS Y CORREDOR DE LAS CONDUCCIONES

Se ha analizado la geología de detalle del valle del Manzanares en la longitud prevista para los colectores de pluviales y conducciones de bombeo de fangos, considerando dos tramos:

- Desde el inicio hasta la EDAR Butarque
- Desde EDAR Butarque hasta el final en la EDAR Sur.

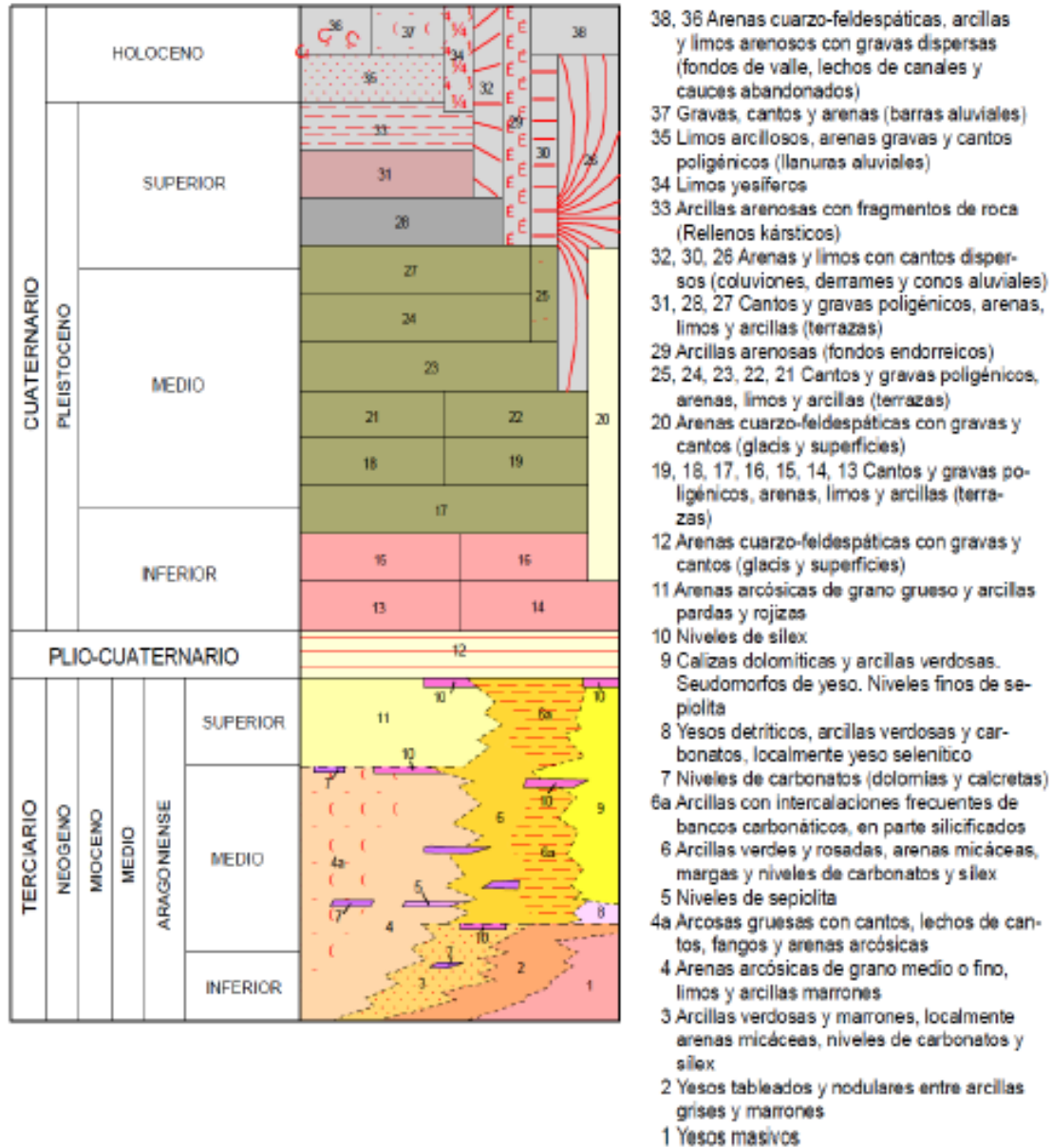
La información geológica se ha dividido también en dos tramos, pero por criterios de procedencia de datos, ya que la zona se abarca con dos planos geológicos diferentes de la colección Magna (559 y 582).



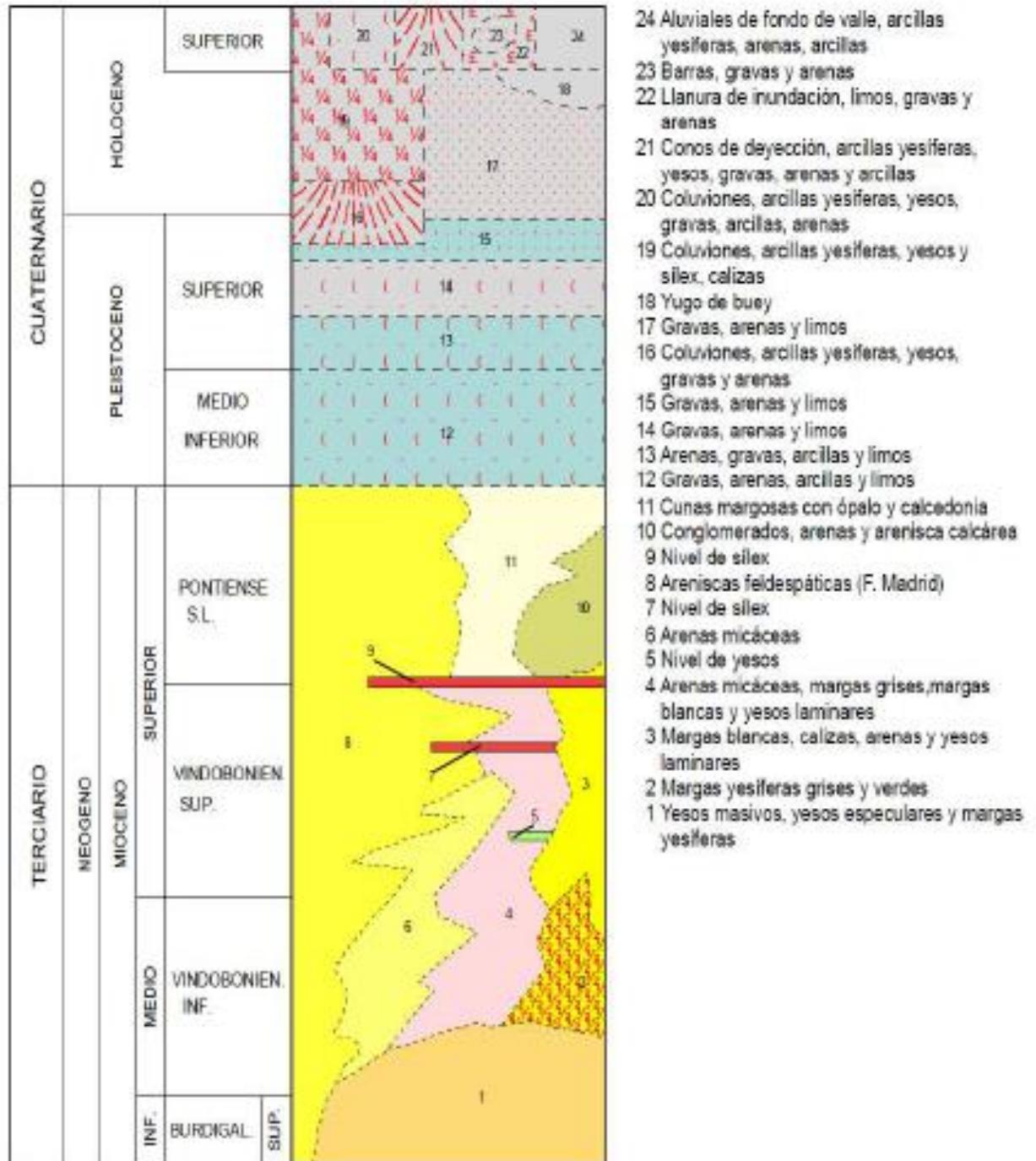
***Geología del trazado completo***

A continuación se incluyen las leyendas correspondientes a los dos planos geológicos, ya que la numeración de las distintas litologías no está unificada.

**LEYENDA MAGNA-559 (TRAMO INICIO- BUTARQUE)**

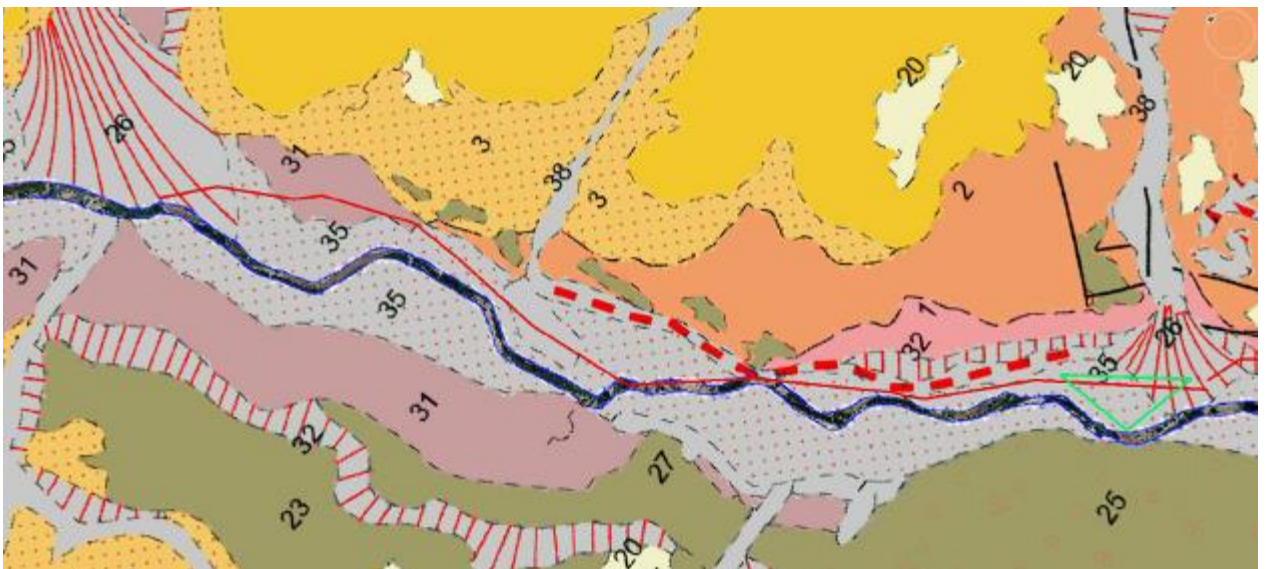


## LEYENDA MAGNA-582 (TRAMO BUTARQUE-EDAR SUR)





*Planta sobre foto aérea del primer tramo: inicio-Tanque de Tormentas*

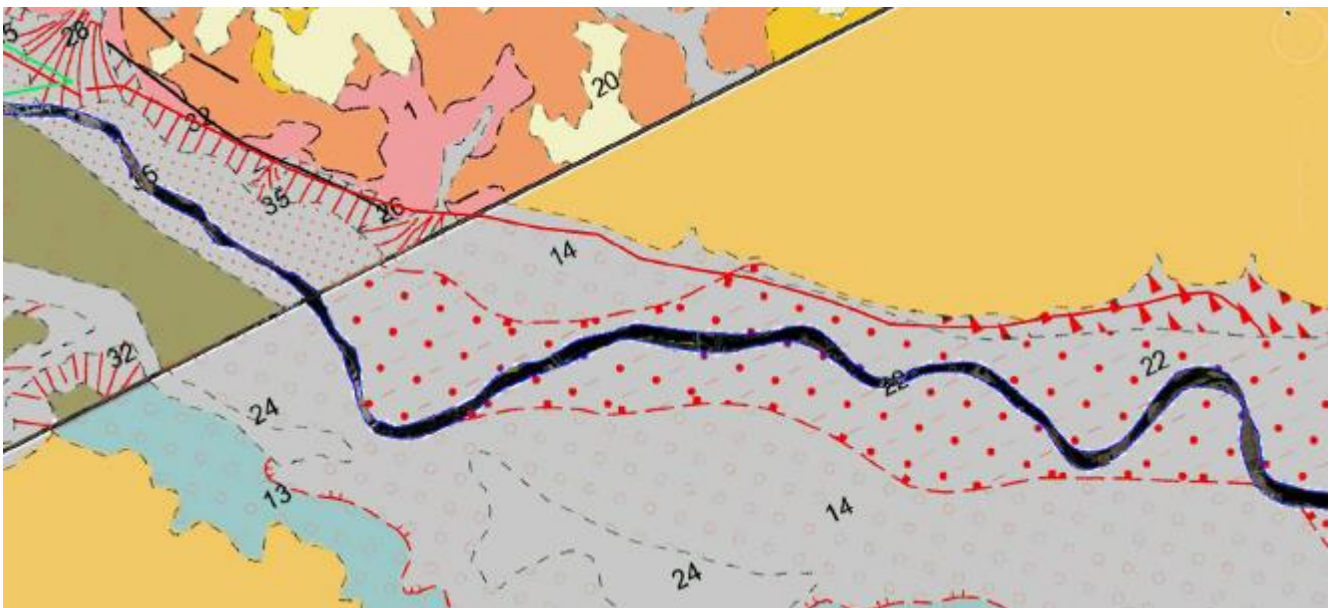


*Planta geológica del primer tramo: inicio - Tanque de Tormentas*





**Planta sobre foto aérea del segundo tramo: Tanque de Tormentas – EDAR Sur**



**Planta geológica del segundo tramo: Tanque de Tormentas – EDAR Sur**

La descripción de los materiales con la equivalencia entre las dos hojas geológicas disponibles se esquematiza en el siguiente cuadro:



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

LITOLOGIA. LEYENDA NUMERICA MAPAS GEOLÓGICOS-HOJAS MAGNA		DESCRIPCIÓN MATERIALES.- LEYENDA EQUIVALENTE HOJAS MAGNA
HOJA CHINA- BUTARQUE 559	HOJA BUTARQUE- SUR 582	
38		FONDOS DE VALLE INDIF.-ARENAS Q-FELDESPATICAS, ARCILLAS Y LIMOS ARENOSOS CON GRAVAS
35	22	LLANURA ALUVIAL.- LIMOS ARCILLOSOS, ARENAS, GRAVAS Y CANTOS
32		COLUVIONES, DERRAMES Y CONOS ALUVIALES.- ARENAS Y LIMOS CON CANTOS ENGLOBADOS
31		TERRAZAS.- CANTOS Y GRAVAS POLIGENICAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS
26	19	COLUVIONES, DERRAMES Y CONOS ALUVIALES.- ARENAS Y LIMOS CON CANTOS ENGLOBADOS
25	14	TERRAZAS.- CANTOS Y GRAVAS POLIGENICAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS
2	1	YESOS TABLEADOS Y ARCILLAS GRISES Y MARRONES
1	1	YESOS MASIVOS

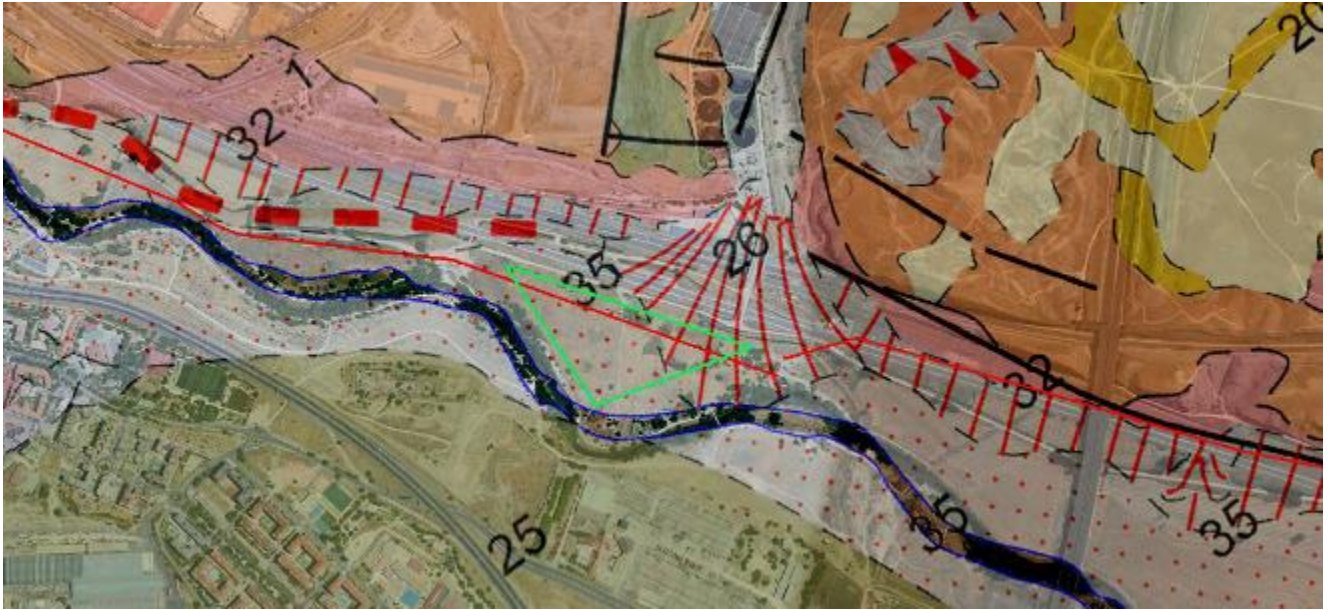
Identificados los materiales atravesados se tramifica el corredor de acuerdo con la litología intervenida. El corredor se ha dividido en 14 subtramos, totalizando una longitud de casi 10 km.

En el siguiente cuadro se indica para cada subtramo la litología atravesada.

Nº TRAMO	LONGITUD PARCIAL TRAMO (m)	PK,S INCIO-FIN TRAMO LITOLÓGICO	LONG. ACUMULADA (m)	LITOLOGIA. LEYENDA NUMERICA		LITOLOGIA
				HOJA CHINA- BUTARQUE 559	HOJA BUTARQUE- SUR 582	
1	294,00	0,00-294,00	294,00	26		COLUVIONES, DERRAMES Y CONOS ALUVIALES.- ARENAS Y LIMOS CON CANTOS ENGLOBADOS
2	172,00	294,00-466,00	466,00	35		LLANURA ALUVIAL.- LIMOS ARCILLOSOS, ARENAS, GRAVAS Y CANTOS
3	605,20	466,00-1071,20	1.071,20	31		TERRAZAS.- CANTOS Y GRAVAS POLIGENICAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS
4	436,00	1071,20-1507,20	1.507,20	35		LLANURA ALUVIAL.- LIMOS ARCILLOSOS, ARENAS, GRAVAS Y CANTOS
5	394,00	1507,20-1901,20	1.901,20	38		FONDOS DE VALLE INDIF.-ARENAS Q-FELDESPATICAS, ARCILLAS Y LIMOS ARENOSOS CON GRA
6	2.298,00	1.904,20-4199,20	4.199,20	35		LLANURA ALUVIAL.- LIMOS ARCILLOSOS, ARENAS, GRAVAS Y CANTOS
7	472,00	4.199,20-4.671,20	4.671,20	26		COLUVIONES, DERRAMES Y CONOS ALUVIALES.- ARENAS Y LIMOS CON CANTOS ENGLOBADOS
8	1.243,00	4.171,20-5.914,20	5.914,20	32		COLUVIONES, DERRAMES Y CONOS ALUVIALES.- ARENAS Y LIMOS CON CANTOS ENGLOBADOS
9	168,00	5.914,20-6.082,20	6.082,20	1		YESOS MASIVOS
10	150,00	6.082,20-6.232,20	6.232,20	26		COLUVIONES, DERRAMES Y CONOS ALUVIALES.- ARENAS Y LIMOS CON CANTOS ENGLOBADOS
11	100,00	6.232,20-6.332,20	6.332,20	1		YESOS MASIVOS
12	1.122,00	6.332,20-7.454,20	7.454,20	25	14	TERRAZAS.- CANTOS Y GRAVAS POLIGENICAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS
13	896,00	7.454,20-8.350,20	8.350,20	35	22	LLANURA ALUVIAL.- LIMOS ARCILLOSOS, ARENAS, GRAVAS Y CANTOS
14	1.559,50	8.350,20-9.909,70	9.909,70	26	19	COLUVIONES, DERRAMES Y CONOS ALUVIALES.- ARENAS Y LIMOS CON CANTOS ENGLOBADOS
TOTAL	9.909,70					

Desde el emplazamiento del Tanque de Tormentas hasta el extremo final en EDAR Sur se discurre por el borde izquierdo de la cubeta del Manzanares, por lo a escasa profundidad en ese segundo tramo se encuentra el sustrato terciario de yesos.

A continuación se presenta la planta geológica del emplazamiento del Tanque de Tormentas, sobre foto aérea.



***Planta geológica de detalle sobre foto aérea del emplazamiento del futuro Tanque de Tormentas***

El Tanque de Tormentas se emplaza en la margen izquierda del río Manzanares, en la zona cóncava en planta del meandro más acusado del tramo. Se desarrolla totalmente en la llanura aluvial del río, formada por limos arcillosos, arenas, gravas y cantos, que está recubierta en el tercio sur por coluviones y los derrames del cono aluvial aportado por el arroyo de la Gavia

#### **5.4. GEOMORFOLOGÍA**

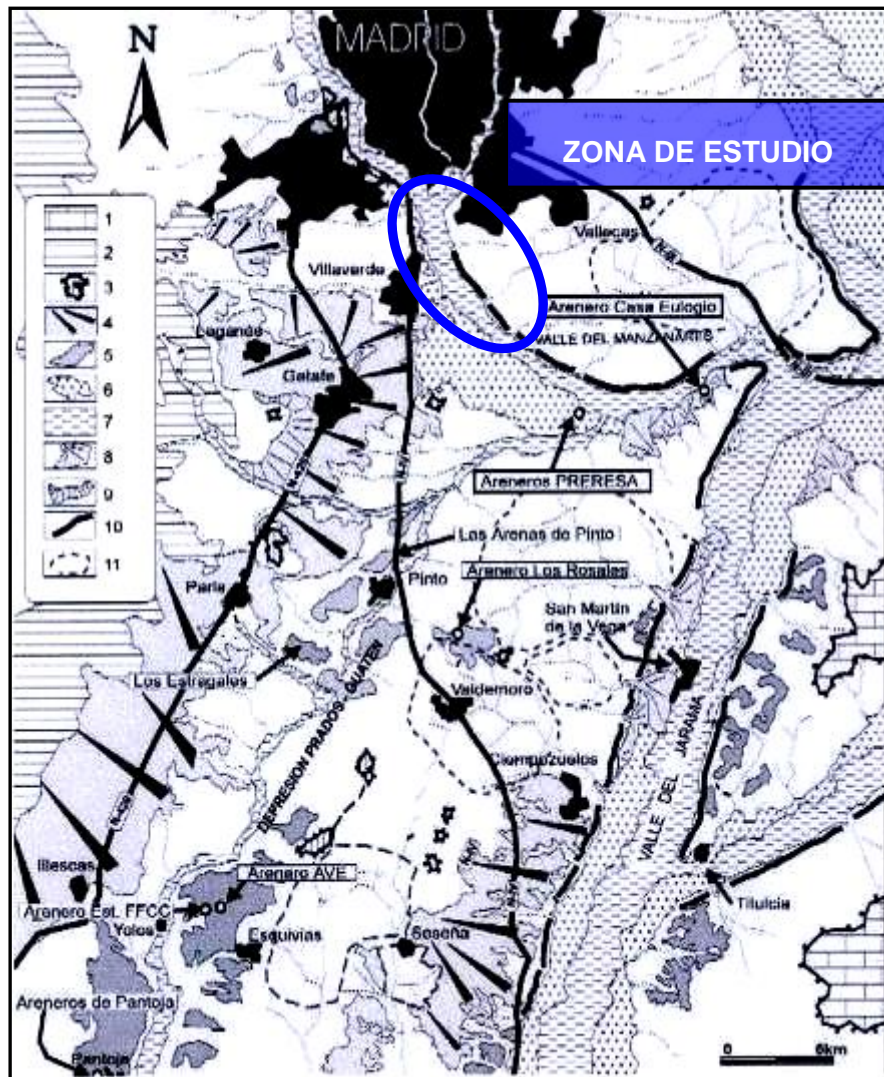
El área en estudio se sitúa en la depresión del Tajo, en la vertiente occidental de la cuenca del Manzanares. Los aspectos geomorfológicos más destacados son las superficies divisorias y las terrazas del Manzanares.



En la depresión del Tajo se desarrollan las denominadas "Rampas arenofeldespáticas" sobre las altiplanicies o divisorias, y constituyen los restos de superficies de sedimentación por arroyada producto de la erosión de los macizos graníticos. A partir de estas superficies se produce el modelado de las vertientes y el encajamiento de la red fluvial dando como resultado la morfología cuaternaria de la depresión.

El sistema morfogénético más importante es el fluvial, ya que es el río Manzanares de fondo plano, asimétrico y fuerte control estructural con dirección N - S, el que marca la morfología general de la zona. El resto de ríos y arroyos configura una red joven y erosiva que produce importantes entalladuras con morfologías en "V" en materiales sedimentarios. El funcionamiento de dichos arroyos es de carácter esporádico y están controlados por procesos de arroyada. La escorrentía superficial produce acaravamiento en taludes arenosos y acanaladura dendriforme en los arcillosos.

Durante el Plioceno y el Cuaternario el proceso erosivo se ha mantenido constante, dando como resultado el encajamiento de ríos y arroyos en los materiales arcóscicos y la deposición de los materiales más finos, de escaso espesor, en el fondo de los valles. El resultado de este proceso es una superficie alomada con amplias vaguadas y suaves laderas. Estas superficies alomadas, compuestas por sedimentos terrígenos – detríticos, están constituidas por dos niveles de erosión distintos y el modelado superficial está encajado por arroyos y afluentes de ríos principales dando una superficie resultante suavemente alomada y subredondeada. Como se muestra en el siguiente plano geomorfológico, en la zona de estudio se presentan formas correspondientes a sistemas de Glacis Plio-cuaternarios, terrazas fluviales del Pleistoceno medio y superior, y llanuras de inundación y depósitos fluviales holocenos. Es importante resaltar el factor urbano presente en la zona que implica la modificación de las morfologías naturales.



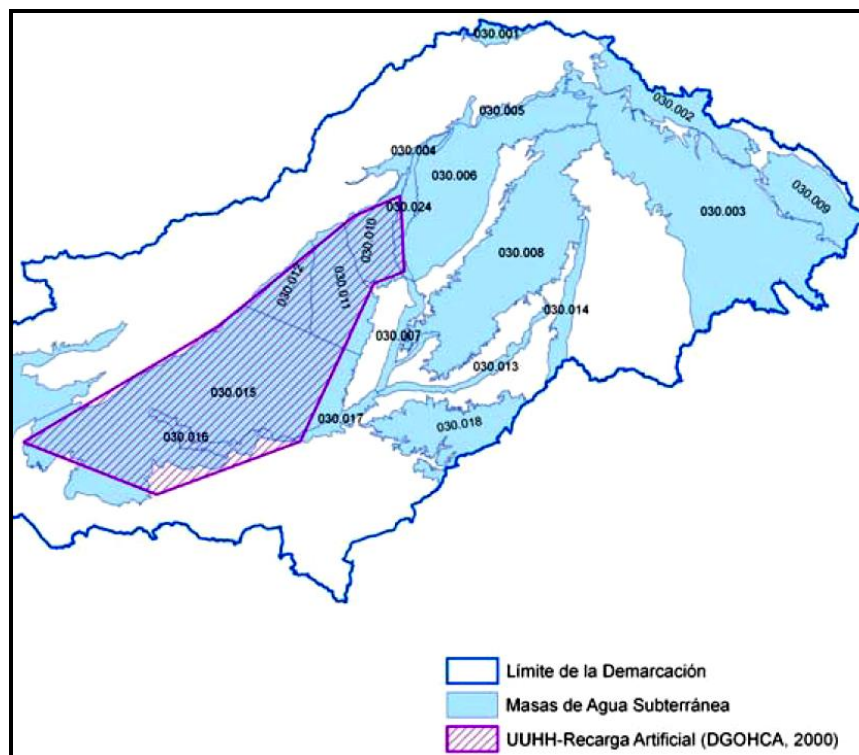
**Encuadre geomorfológico de la zona de estudio: 1) Superficie del Páramo; 2) Rampa de Griñón- Las Rozas; 3) Relieves estructurales (cerros testigos y mesas) sobre las calizas de la Unidad Intermedia y superficie de Fuencarral-Espartinas; 4) Sistemas de Glacis Plio-cuaternarios; 5) Terrazas fluviales del Pleistoceno inferior y medio; 6) Terrazas fluviales del Pleistoceno medio y superior; 7) Llanuras de inundación y depósitos fluviales holocenos; 8) Abanicos aluviales pleistocenos; 9) Colusiones; 10) Escarpes yesíferos**

## 5.5. HIDROGEOLOGÍA

La zona de estudio, hidrológicamente forma parte de la cuenca del río Tajo, más particularmente de la subcuenca del río Manzanares, tributario del Jarama por margen derecha, a escasa distancia aguas abajo del emplazamiento de la ERAR Sur.

Hidrogeológicamente pertenece a la Unidad Hidrogeológica **03.05 Madrid – Talavera**, formando parte del Acuífero Detrítico Terciario de Madrid. Este acuífero es un acuífero multicapa, constituido por una serie de niveles arenosos más permeables, englobados en una masa arcillosa ó arenoarcillosa, que funciona como un acuitardo, drenando agua muy lentamente a los niveles arenosos.

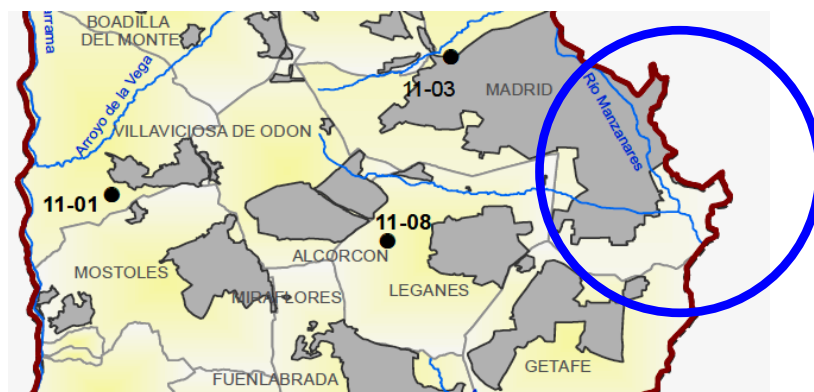
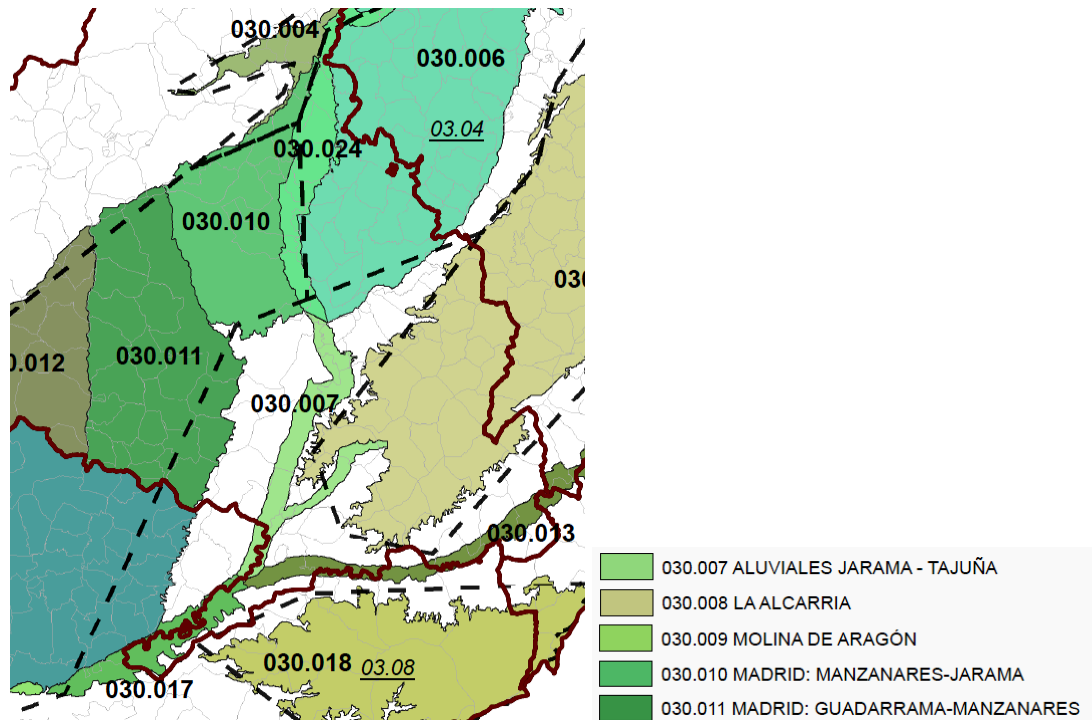
Debido a la cercanía del río Manzanares, las características hidrogeológicas de la zona están condicionadas por su presencia.



**Unidad Hidrogeológica 03.05 Madrid-Talavera sobreimpuesta a los límites de las MAS**

Dentro de las masas de aguas subterránea de la cuenca del Tajo, la zona de estudio se encuentra a caballo entre las M.A.S.- 030.010 y la 030.011, ocupando mayor parte de la segunda, separadas precisamente por el río Manzanares, como se observa en el plano MAS siguiente. Entre ellas y la MAS 030.007, que es Aluvial del Jarama, se encuentra una zona donde predominan los materiales terciarios impermeables en los que no se

describe una MAS como tal, sólo acuíferos colgados ligados a corrientes fluviales estacionales.



**Planos de distribución de las Masas de Agua Subterránea en la zona de Estudio; Distribución general de las zonas 030.011 y 30.010 en el plano superior, y detalle de la 030.011 en la zona del Estudio en el círculo azul.**

El funcionamiento hidrológico del acuífero es libre por gravedad, con recarga directa pluvial bien por aportaciones laterales de tipo subterráneo, bien superficialmente mediante la red fluvial principal a través de lechos predominantemente granulares.

Parte de este gran acuífero está construido a su vez por acuíferos más pequeños alojados en los niveles detríticos superiores. La distribución de estos niveles en forma de



lentejones de arena, y como consecuencia las intercalaciones de materiales impermeables entre otros permeables, da lugar a acuíferos confinados que en ocasiones presentan presiones artesianas.

Dada la naturaleza de estos acuíferos no es posible definirlos de manera precisa y los distintos niveles de agua son difíciles de correlacionar unos con otros debido a los frecuentes cambios laterales de facies de los materiales donde se alojan. En muchos casos es posible que se trate de acuíferos totalmente aislados o colgados en cota sobre un muro impermeable, que en muchas ocasiones llegan a secarse después de estar drenando durante un cierto tiempo.

En la zona de estudio los materiales arcillosos y los yesos con arcillas, que forman las capas impermeables y el sustrato relativo, son más comunes alejados de los cauces y sus terrazas, y en profundidad, bajo los rellenos cuaternarios de éstos, por lo que la presencia de los acuíferos colgados se da en las zonas de cauce, como las que albergan las tres ERAR.

La importancia del agua en el terreno a excavar o sobre el que cimentar estriba en el cambio que supone la mayor o menor humedad en la resistencia de los diferentes materiales. En los niveles más arenosos la mayor parte de la cohesión aparece ligada a los sedimentos más finos que forman la matriz de los granos de arena ya que los puentes diagenéticos o el cemento son escasos o inexistentes.

Cuando materiales con escaso contenido en finos se saturan, la cohesión prácticamente se anula y se inducen inestabilidades. En el caso en que se produzcan conexiones entre lentejones arenosos, puede llegar a establecerse una circulación vertical de agua con el consiguiente aumento del gradiente hidráulico. La corriente que se genera puede transportar los elementos más finos del depósito.

Los acuíferos se localizan en los rellenos cuaternarios de lechos y cauces de mayor o menor importancia, y en niveles de arenas más groseras situadas en el seno de los materiales más arcillosos subyacentes. La profundidad de estos acuíferos es variable, dado el carácter alternante e irregular de estos depósitos, situándose a diferentes profundidades y con cargas de agua de diferente magnitud en cada uno de ellos. En general, son acuíferos poco importantes.



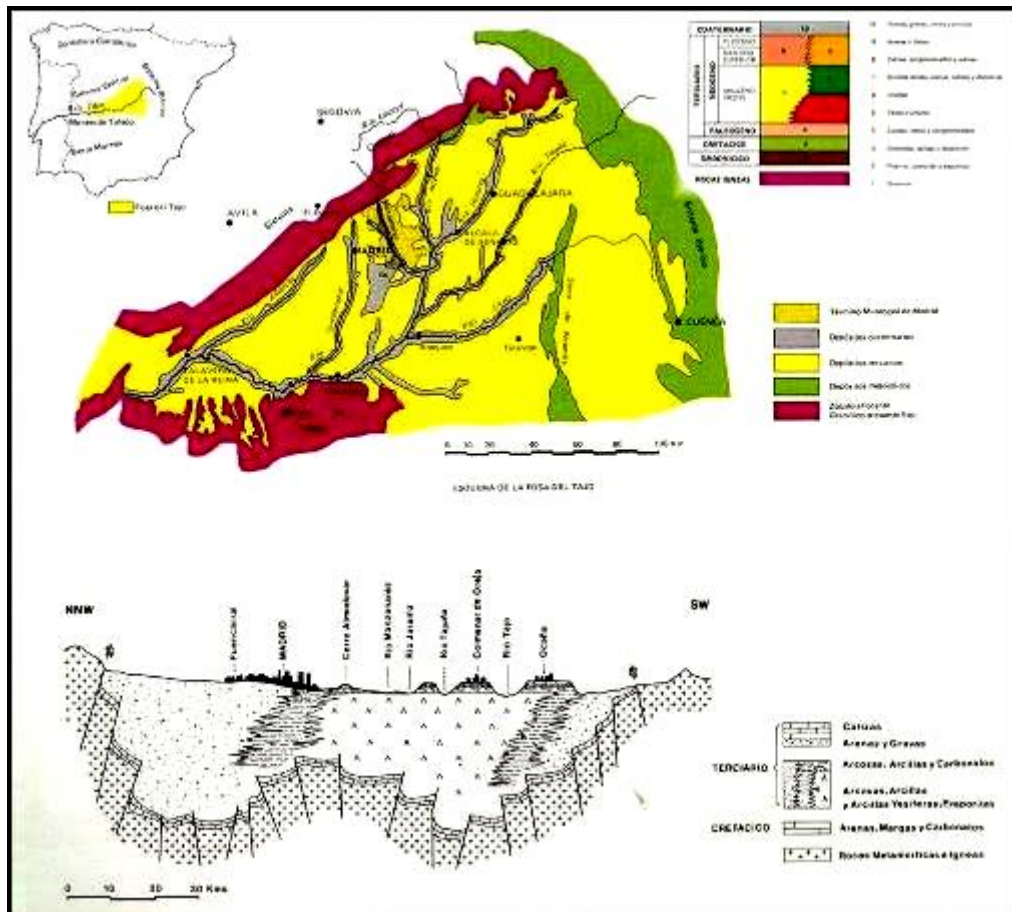


Caracterizan a estos acuíferos multicapa una permeabilidad vertical mucho menor que la horizontal, y un acuitardo que aporta agua a los niveles arenosos más limpios que funcionan como drenes.

En estos acuíferos multicapa cada uno de los niveles permeables mantiene, en estado natural, un potencial hidráulico distinto al resto. Sin embargo, al atravesar estos niveles con un sondeo o excavación, éstos se interconectan, con lo cual se miden los potenciales hidráulicos medios, que dependen de la transmisividad y potencial hidráulico de cada nivel interconectado.

Como se comentará en los apartados de geotecnia, lo normal en el área de estudio es que sobre los materiales de la Fm. Peñuelas y la Fm. Yesífera no se haya localizado el nivel de agua general, no detectando por tanto ningún tipo de acuífero activo en la actualidad a esos niveles; si lo hay, en las condiciones de discontinuidad descritas en las Fm. Superiores del Tosco y en los cuaternarios de fondo de valle, aluviales y coluviales conectados con cauces. Igual ocurre en el caso de vertidos, muchos en contactos con aguas superficiales puede llegar a estar saturados y marcar un freático regional ficticio, pero existente a nivel local o escala de una zona de obra en una ERAR.

En la figura siguiente se recoge el esquema hidrológico de la Cuenca del Tajo.



**Esquema de la Cuenca del Tajo (Fuente: Geología, Geomorfología, Hidrogeología y Geotecnia de Madrid. Ayuntamiento de Madrid. 1986.**

## 5.6. TECTÓNICA

La zona de estudio donde se encuadran las tres ERAR se emplaza dentro de la Depresión del Tajo, cuya génesis se relaciona con una deformación compresiva global de la Península Ibérica durante el Terciario, dando lugar a relieves positivos y a la formación de zonas subsidentes, como es el caso de la Cuenca de Madrid.

Consiste en una fosa triangular situada entre el Sistema Central, la plataforma de Toledo y la Sierra de Altamira con sus correspondientes fracturas.



Estructuralmente, los materiales presentan una disposición subhorizontal.

Las principales unidades tectónicas diferenciadas a nivel regional son:

- Banda de fractura del río Guadarrama: en dirección N - S, determinante de la paleogeografía de la región. Durante el Cuaternario ha desplazado el río progresivamente hacia el Este, solapando las terrazas medias y bajas y facilitando el desarrollo de coluviones y glaciares - terraza.
- Banda plegada de borde de cuenca en el contacto mecánico entre los materiales metamórficos de la sierra y las facies terciarias mediante fallas inversas. El Mioceno aparece intensamente plegado presentando estructuras de anticlinales y sinclinales muy apretadas y contiguas.

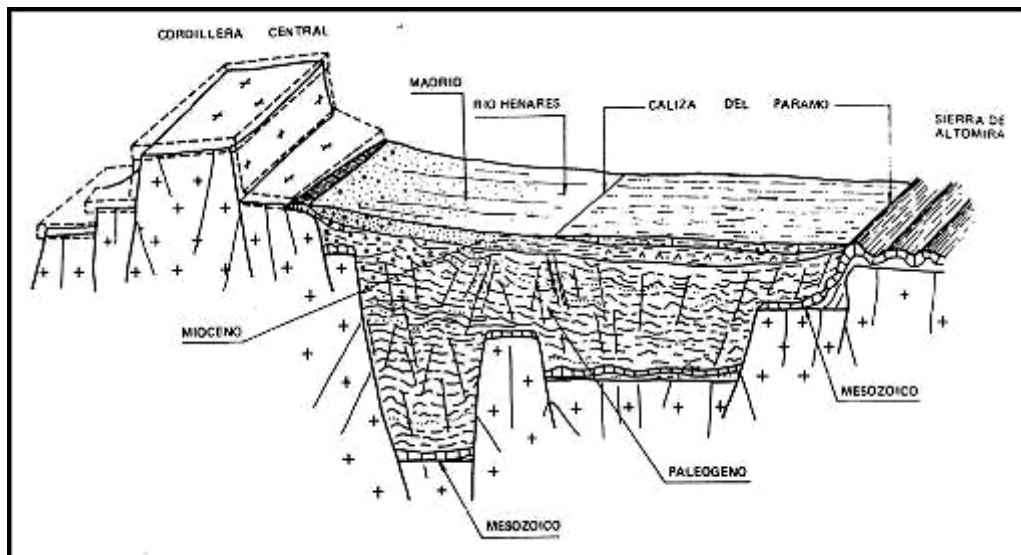
Los relieves son producto de la reactivación de fracturas hercínicas y tardihercínicas del zócalo en la Orogenia Alpina, que condujeron a una dinámica de bloques contemporánea a la sedimentación neógena.

La actividad tectosedimentaria se refleja en un importante control estructural según las direcciones NE -SO, fallas de desgarre tardihercínicas E - W, fracturas de zócalo hercínicas y tardihercínicas y fracturas y desgarres N - S. La dirección NW - SE es conjugada de la NE - SO.

Dada la naturaleza de los sedimentos detríticos del área de Madrid, en superficie no se refleja esta tectónica frágil, aunque se identifica cierta correspondencia entre la jerarquización y direcciones de los cursos fluviales principales que aparecen en la zona con las direcciones de las fracturas antes mencionadas.

La orientación del sistema de fracturas del zócalo paleozoico de la cuenca y los basculamientos de la zona parecen condicionar estructura y dirección de la red fluvial.

En la figura a continuación se recoge un esquema morfotectónico de la Cuenca de Madrid, donde se localiza en la parte central la zona de ubicación de las ERAR.



*Esquema morfotectónico de la Cuenca de Madrid.*

## 5.7. SISMICIDAD

Para conocer las características sísmicas de la zona se ha consultado la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, en la que se incluye un mapa de peligrosidad sísmica de la Península Ibérica. Este mapa indica la aceleración sísmica básica en cada punto del territorio nacional expresada en función del valor de la gravedad.



**Mapa de peligrosidad sísmica en España para un período de retorno de 500 años (NCSE-02).**

Según se indica en dicho mapa, la zona de estudio se ubica en el área de menor sismicidad, es decir, con aceleración sísmica básica inferior a 0,04 g, lo que implica valores de aceleración sísmica de cálculo inferiores a 0,052 g.

En el apartado 1.2.3 de la Norma (criterios de aplicación), se indica que no es obligatoria la aplicación de esta Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02 cuando la aceleración sísmica de cálculo sea inferior a 0,06 g, por lo que, aunque siempre se tenga en cuenta, y se aplique, no es obligatorio según dicha Norma considerar el efecto sísmico en el cálculo o diseño de las diferentes estructuras a proyectar.



## **5.8. PALEONTOLOGÍA**

### **5.8.1. Introducción. Marco Legislativo**

La primera Ley aprobada referente al Patrimonio Paleontológico es la Ley de Patrimonio Histórico Español de 1985, en la que se hace referencia al Patrimonio Paleontológico como uno de los patrimonios especiales, tal como refleja en dos de sus artículos: el artículo 1.2. y el artículo 40.

También en 1985, la Comunidad Autónoma de Madrid recibió plenas transferencias de competencias en materia de Cultura, incluyendo su patrimonio arqueológico y paleontológico.

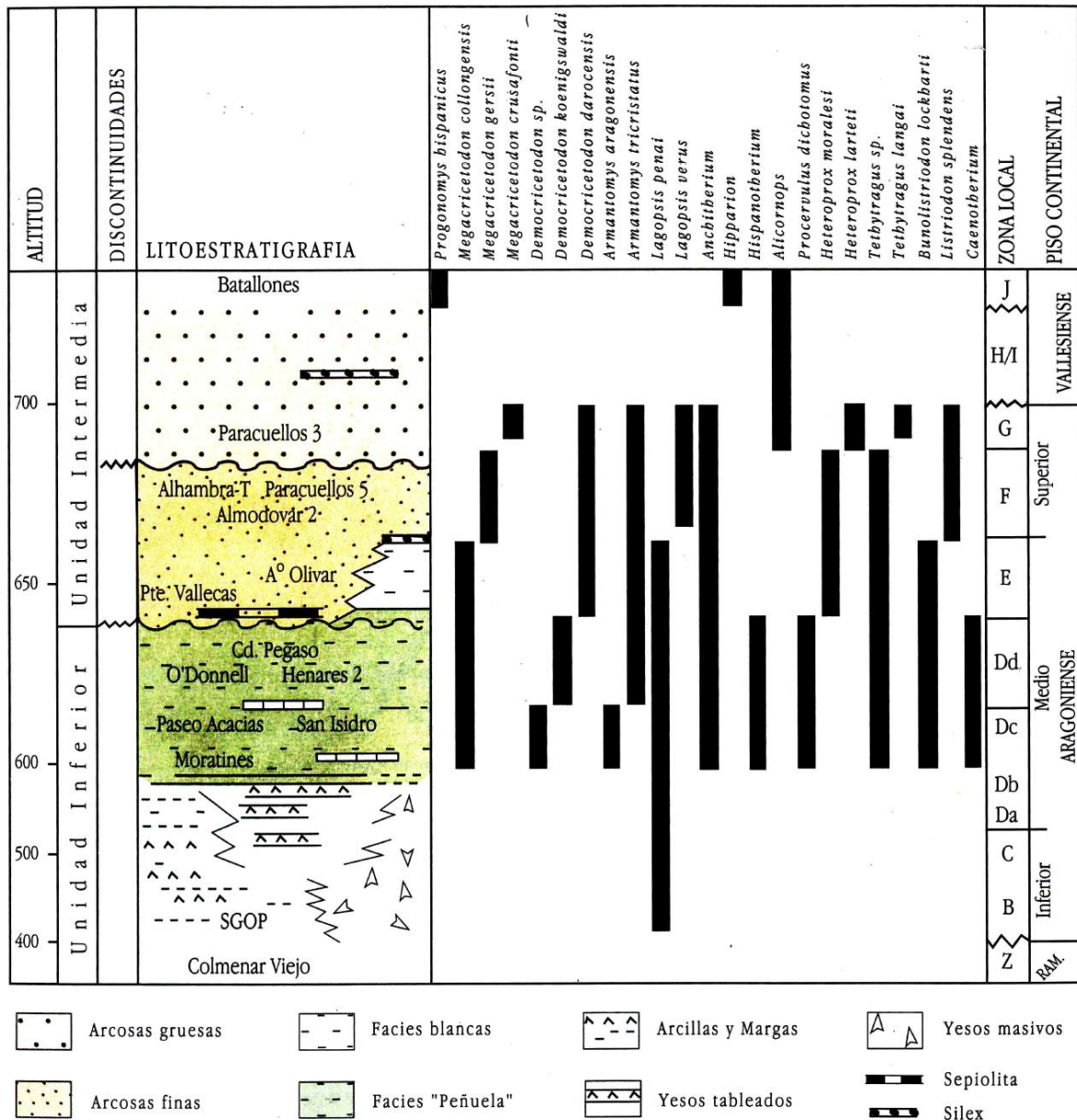
Con posterioridad, en julio de 1998, se promulga la Ley de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid que ofrece algunas modificaciones importantes, con respecto a la Ley Estatal, referentes al estatuto de la Paleontología como puede ser, por ejemplo, la incorporación de una categoría nueva a las Categorías de protección, la denominada “Zona Paleontológica” definida como *“aquél lugar donde hay vestigios fosilizados que constituyen una unidad coherente y con entidad propia”*.

Conociendo la riqueza paleontológica de la Comunidad de Madrid, y encontrándose en las proximidades de la zona de Proyecto la Zona Arqueológica arroyo Butarque y la Zona de Protección Paleontológica de las Terrazas del Manzanares, se realiza a continuación una descripción, desde el punto de vista paleontológico, de la zona de estudio.

### **5.8.2. Bioestratigrafía**

Como se recoge en epígrafes anteriores, las litologías existentes en el área de estudio son fundamentalmente de edad miocena y cuaternario. En primer lugar, la descripción paleontológica siguiente se centrará en la caracterización de las asociaciones fósiles presentes en los sedimentos del Mioceno, posteriormente se tratarán los yacimientos cuaternarios.

En la siguiente figura, se puede observar la bioestratigrafía de los yacimientos del Mioceno medio y superior de Madrid de mayor importancia, así como la distribución temporal de las especies más representativas litoestratigráficamente.



**Bioestratigrafía de los yacimientos del Mioceno medio y superior de Madrid.**

**Esquema litoestratigráfico de las unidades Inferior e Intermedia.**

**Distribución temporal de las especies más representativas litoestratigráficamente.**

**Zonas locales según Daams et al., (1999). Abreviaturas: VALL. Vallesiense; RAM:**

**Ramblense.**

Las faunas del Mioceno medio, período al que pertenecen la mayor parte de los materiales con fauna existentes en la zona de Estudio, representan el conjunto más



importante de yacimientos con mamíferos fósiles. En edad se distribuyen en cinco unidades: dos pertenecientes a la biozona D (Dc y Dd), biozona E, biozona F y biozona G. No se pretende realizar un análisis taxonómico de cada una de las zonas y asociaciones, por este motivo, y de forma simplificada, se recoge a continuación las típicas asociaciones faunísticas que aparecen en los sedimentos similares a los identificados en la zona de ubicación de las tres ERAR.

Se describe posteriormente, las asociaciones fósiles de edad cuaternaria asociadas a las terrazas del río Manzanares.

### 5.8.3. Mioceno medio. Aragoniense medio.

Incluye la Biozona D y la Biozona E.

La mayor parte de los yacimientos clásicos con mamíferos fósiles de Madrid se incluyen en sedimentos del Aragoniense medio. Su edad absoluta se sitúa entre 15,5 y 14,1 millones de años (Mioceno Medio).

Existen dos asociaciones principales: la primera correspondiente a la **Biozona D** también conocida como Faunas con *Hispanotherium* en función de la presencia en ellas de un peculiar rinoceronte del que reciben el nombre. Estas faunas se desarrollaron en un paisaje abierto y relativamente seco, en condiciones climáticas cálidas. Están muy bien representadas en sedimentos margo-arcillosos tradicionalmente denominadas “peñuela” y ampliamente distribuidos en los alrededores del río Manzanares.

En estas asociaciones se han identificado pequeños carnívoros antepasados del panda rojo o pequeño panda (*Ailurus fulgens*), ciervos primitivos (*Procervulus dichotomus*) y félidos. Adicionalmente se encuentra una gran abundancia de fósiles de *Anchitherium* un caballo primitivo muy lejano a los miembros actuales de la familia, apreciándose cambios en la morfología de sus patas y dientes. En el resto de fauna de grandes mamíferos de los yacimientos interpretados como Biozona D, destaca la presencia abundante de un antílope primitivo *Tethytragus* sp. próximo a los bóvidos africanos, mastodontes y cerdos, determinados como *Bunolistriodon lockharti*.





En los carnívoros, fuera de los mustélidos, son frecuentes *Amphicyon* y *Hemicyon*; ocasionalmente se encuentran félicos de talla pequeña y media del género *Pseudaelurus* y pequeñas hienas clasificadas como *Proctictitherium*.

En cuanto a las asociaciones de micromamíferos, abundan las especies de lagomorfos pertenecientes a distintas familias y diversas especies de roedores lejos de ser homogéneas al igual que ocurre con las asociaciones de macromamíferos.

La segunda de las asociaciones del Aragoniense Medio es la asociación faunística atribuible al final de dicho período, también conocida como **Biozona E** a la que se atribuye una edad entre 14,1 y 13,8 millones de años. Las faunas de esta edad se encuentran en facies distales de abanicos aluviales y su composición indica condiciones ambientales menos extremas, más templadas y húmedas que las de faunas precedentes.

La mayor parte de las formas registradas son heredadas del periodo anterior como mastodontes, jabalíes, *Anchitherium*, etc. Sin embargo, en esta asociación desaparece aparentemente el *Hispanotherium*, aumenta la abundancia de antílopes, moderadamente abundantes anteriormente y se produce un empobrecimiento en el número de especies de roedores con preferencia de hábitats abiertos, lo cual unido al aumento de abundancia de cérvidos y antílopes indica una tendencia hacia condiciones de temperatura más moderada y hacia el desarrollo de un paisaje con mayor cobertura arbórea.

#### 5.8.4. Mioceno medio. Aragoniense superior.

Al Aragoniense Superior se le atribuye una edad entre 13,8 y 11,1 millones de años. Las faunas de esta edad coincidieron con el momento de mayor desarrollo de los abanicos aluviales procedentes del Sistema Central, lo que indica la existencia de un período de fuerte estacionalidad climática con alto contraste entre las estaciones secas y húmedas. Están ampliamente representadas en Madrid y, en general, los yacimientos poseen acumulaciones fósiles de gran riqueza.



Corresponde a los yacimientos de la **Biozona F** identificados en sedimentos arenosos asociados a las facies distales de los abanicos aluviales. Las asociaciones faunísticas son similares a las de la Biozona E (final del Aragoniense Medio) lo cual, avalado por el tipo de facies sedimentarias, indica que ambientalmente no debieron producirse cambios significativos entre el final del Aragoniense medio (Biozona E) y el comienzo de Aragoniense superior (Biozona G).

Sí existe un cambio neto entre las faunas de la Biozona F, con las de la **Biozona G**, es decir a lo largo del Aragoniense superior. Prácticamente desaparece el predominante *Anchiterium*, aparece un nuevo rinoceronte con extremidades cortas de forma súbita: *Alicornops simorreense*, también aparece el primer ciervo con astas caedizas *Euprox furcatus*, el caballo gorila *Chalicotherium grande* representante de un grupo de perisodáctilos con garras en lugar de pezuñas y estructura parcialmente bípeda. Las faunas de la zona G del Aragoniense superior coinciden con un momento de fuerte desarrollo de los abanicos aluviales procedentes del sistema central. Por el tipo de concentración de los fósiles y su enorme extensión se puede pensar en acumulaciones de tipo catastrófico, probablemente debidas a sequías prolongadas.

### 5.8.5. Cuaternario

Poco antes del comienzo del cuaternario (1,64 m.a.) la cuenca del Tajo, donde se encuadra la zona de ubicación de las tres ERAR, presentaba un aspecto llano con escasos desniveles donde predominaban lagos, lagunas y charcas alimentadas por el agua de escorrentía procedente del Sistema Central, los Montes de Toledo y la Sierra de Altomira, generándose un sistema endorreico.

En cambio, durante el cuaternario, las aguas procedentes de los relieves se organizan en una red fluvial incipiente que dará lugar posteriormente a la red fluvial actual. La instalación de esta red supuso un cambio en las condiciones físicas de la cuenca al convertirse en un régimen exorreico, tanto por una transformación profunda de su geografía, por el desmantelamiento progresivo de los depósitos previos que da lugar a la aparición de los valles actuales, como por la generación de depósitos fluviales asociados



a ellos, generalmente encajados unos en otros formando lo que se denominan terrazas fluviales.

Los depósitos cuaternarios, con yacimientos paleontológicos más abundantes en diversidad, se encuentran en terrazas fluviales asociadas a procesos geotectónicos que dan lugar a procesos de subsidencia, con lo que la velocidad de sedimentación es rápida, y favorece la conservación de la fauna. Las terrazas y llanuras aluviales son los sedimentos con mayor número de yacimientos cuaternarios en Madrid, encontrándose la mayoría en las terrazas del río Manzanares, o tributarios del mismo (como por ejemplo el arroyo del Culebro).

Los macromamíferos encontrados en estos yacimientos son los elementos faunísticos siempre recuperados, y por tanto mejor estudiados en todos los yacimientos que se conocen hasta ahora.

Los macromamíferos más abundantes en los yacimientos cuaternarios madrileños son: el elefante antiguo *Elephas antiquus*, el caballo (*Equus caballus*), bóvidos de gran tamaño, como el uro o toro primitivo *Bos primigenius*, el rinoceronte, el cévido, fundamentalmente el género *Cervus* aunque también están presentes otros géneros, hipopótamo, *Hippopotamus* sp., entre otros.

Con respecto al resto de la fauna (carnívoros, micromamíferos, vertebrados no mamíferos) del Pleistoceno de Madrid, intentar extraer conclusiones es arriesgado, ya que hasta hace relativamente poco no se han realizado excavaciones sistemáticas en los yacimientos que permitieran recuperar todo tipo de restos faunísticos. En general los peces, anfibios, reptiles, aves, insectívoros y quirópteros recogidos, pertenecen a especies actuales, y en el caso de los lagomorfos, algunos eran parecidos a los actuales aunque no idénticos. Otros, como los carnívoros: hiénidos, osos fósiles (*Ursus*) extinguidos, se han encontrado en cuevas y/o complejos kársticos de la Sierra madrileña.

Tanto los mamíferos, como los microvertebrados del Pleistoceno medio, permiten suponer unas condiciones climáticas relativamente templadas, aunque determinados macromamíferos en el Pleistoceno superior indican unas condiciones relativamente más rigurosas coincidiendo, posiblemente, con las glaciaciones.



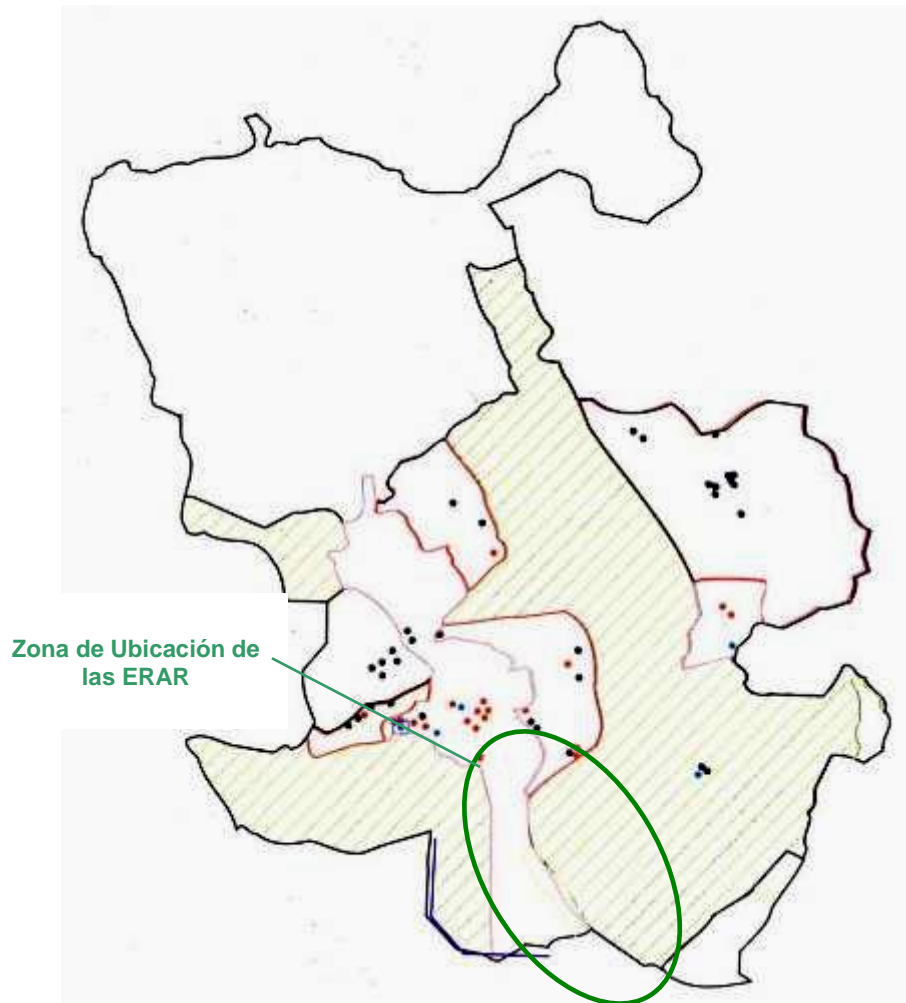
### 5.8.6. Distribución de yacimientos

El municipio de Madrid presenta una gran proliferación de yacimientos, probablemente debido a que las grandes obras de infraestructura y urbanización han sacado a la luz la cantidad de restos fósiles existentes en subsuelo.

Los yacimientos terciarios se distribuyen en dos facies: las arenas arcósicas, conocidas como “arena de miga”, y las arcillas verdes, denominadas geotécnicamente como “peñuelas”. En cuanto a los yacimientos cuaternarios se localizan fundamentalmente en las terrazas del río Manzanares.

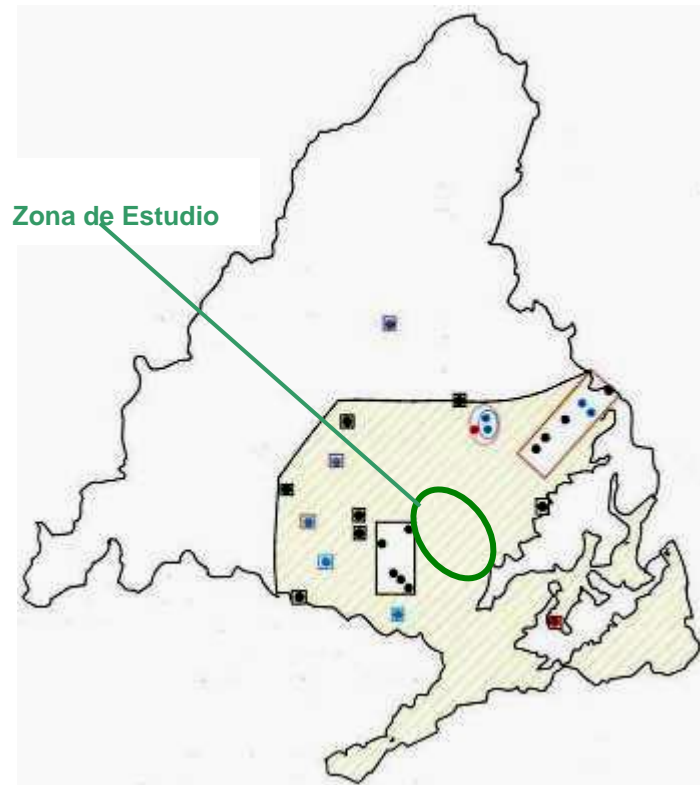
A continuación se recogen una serie de figuras que recogen el patrimonio paleontológico cartografiado y recogido en la Carta Paleontológica. Ya que las parcelas actuales de las tres ERAR, y sus posibles zonas de ampliación, objeto del presente Estudio, se localizan en los términos municipales de Madrid y Getafe, se recogen y presentan a continuación dos tipos de cartas paleontológicas: una primera del Término Municipal de Madrid, y posteriormente, una de conjunto de toda la Comunidad de Madrid donde se muestra el resto del territorio afectado.

Como puede observarse (figura 10), atendiendo a la existencia de yacimientos miocenos, la zona de Proyecto de discurre por el T.M. de Madrid, se localiza en gran parte en una zona de ámbito de protección general.



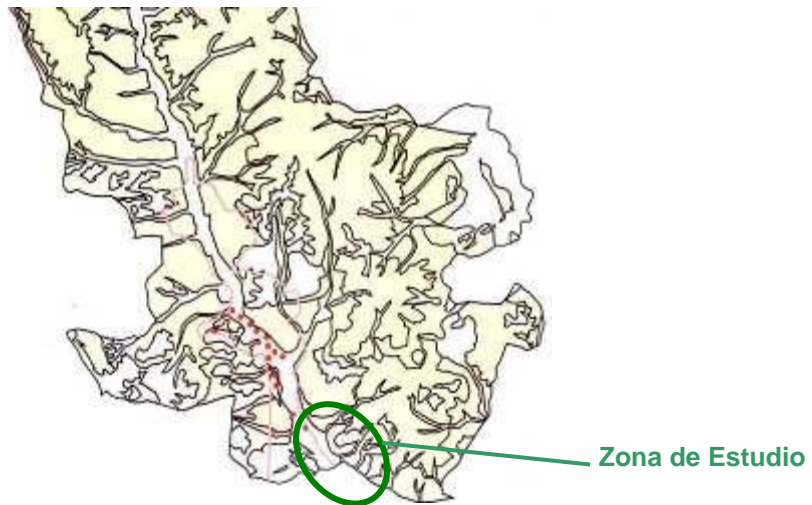
**Ámbitos de protección de los yacimientos del Mioceno del municipio de Madrid. Los puntos azules corresponden a yacimientos activos; los puntos rojos a yacimientos agotados y/o destruidos; los puntos verdes a yacimientos indicio; las líneas rojas a zonas que cuentan con protección arqueológica-paleontológica; las líneas color rosa corresponden a zonas que cuentan con protección geológica; el cuadrado azul a Sitio Paleontológico, las líneas rojas a Zona Paleontológica y las áreas con trama verde a zonas de ámbito de protección general.**

A menor escala (figura siguiente) se puede establecer que la zona de Estudio se encuadra dentro de una zona de ámbito de Protección general (en rayado amarillo), en lo que se refiere a yacimientos paleontológicos de edad miocena, existiendo una serie de yacimientos indicio al suroeste de dicha zona.



***Ámbitos de protección de los yacimientos del Mioceno de la Comunidad de Madrid. La línea rosa corresponde a zonas que cuentan con protección arqueológica-paleontológica; en azul las áreas que corresponden a Sitio Paleontológico; en rojo las correspondientes a Zona Paleontológica; en verde Zona de ámbito de protección específica; y en trama la Zona de ámbito de protección general.***

En cuanto a los yacimientos paleontológicos cuaternarios (figura siguiente), se puede observar que se localizan al norte de la zona de estudio, aunque el trazado se localice, al igual que en el caso de la diferenciación para los yacimientos miocenos, dentro de una Zona de ámbito de protección específica. Al final del tramo, en las proximidades de las terrazas del río Manzanares, el trazado se localiza sobre una zona con Protección arqueológica-paleontológica.



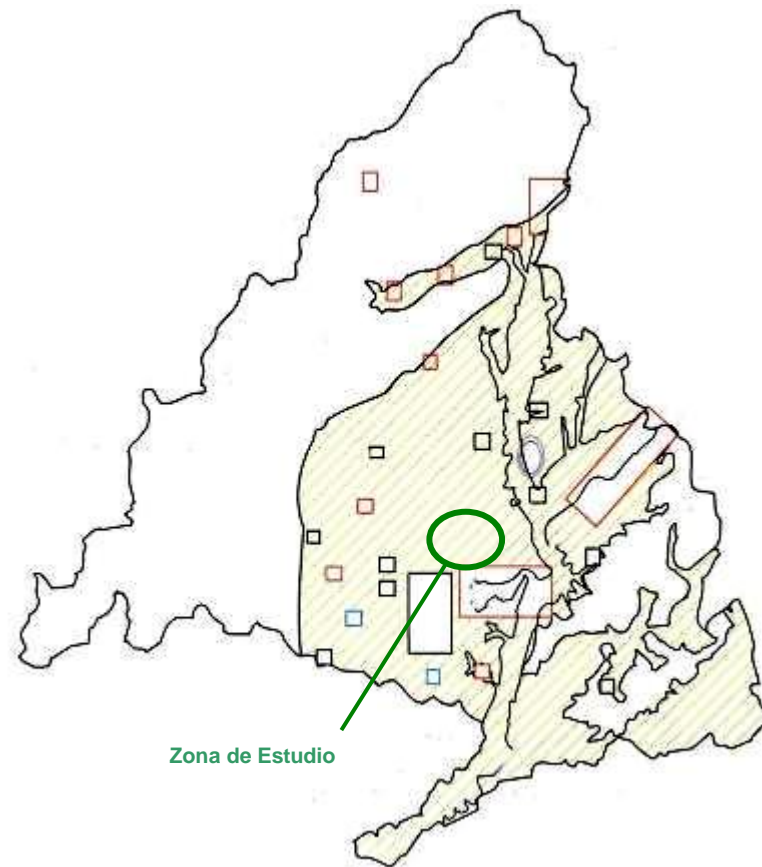
*Ámbitos de protección de los yacimientos cuaternarios del Municipio de Madrid. Los puntos indican yacimientos agotados y/o destruidos. En rosa, zonas que cuentan ya con protección arqueológica-paleontológica.*

Analizando la Carta Paleontológica de la Comunidad de Madrid referente a los yacimientos cuaternarios, se observa que la zona de Estudio si se encuadra en parte, y próxima a una Zona Paleontológica, sobre todo el sector de la ERAR Sur.



***Ámbitos de protección de los yacimientos cuaternarios de la Comunidad de Madrid. Los puntos azules corresponden a yacimientos activos; los rojos a yacimientos agotados y/o destruidos y los verdes a yacimientos indicio. Las líneas rojas corresponden a Zona Paleontológica y las verdes a Zona de ámbito de protección específica.***

En la siguiente figura se recoge una visión global de todo el patrimonio paleontológico conocido de la Comunidad.



**Ámbitos de protección para la Comunidad de Madrid. Los cuadrados azules corresponden a Sitio Paleontológico; las áreas enmarcadas en rojo a Zona Paleontológica; las áreas enmarcadas en verde a Zona de ámbito de protección específica; en trama verde la Zona de ámbito de protección general; y finalmente, el área rodeada por la línea rosa corresponde a la zona que cuenta con protección arqueológica-paleontológica.**

Como puede observarse, la zona de Estudio se enmarca próxima a una zona Paleontológica hacia el SE, la correspondiente a las Terrazas del río Manzanares con una potencialidad paleontológica, perteneciente al Cuaternario; y en una zona de ámbito de protección específica hacia el S-SW, correspondiente a restos fósiles de fauna y flora del Terciario Mioceno. Por ello, habrá que, en fases del estudio siguientes, definir si en las parcelas de las ERAR, o zonas anejas de ampliación, sobre todo en la ERAR Sur, se deberá realizar un seguimiento paleontológico de excavaciones de las obras consideradas.

## **6. GEOTECNIA GENERAL; ESTUDIO DE DETALLE DE ANTECEDENTES**





En los siguientes epígrafes se realiza la descripción, desde el punto de vista geotécnico de los materiales presentes en las zona de implantación de las ERAR, o aledañas, elaborada a partir de toda una serie de información procedente de reconocimientos geotécnicos de estudios previos o bases de datos, cuyos resultados se contrastaron con la bibliografía existente y con la información recogida en los antecedentes anteriormente mencionados y han sido convenientemente ampliados, elaborados y adaptados.

La ubicación de estas infraestructuras previas, con datos de geotecnia del subsuelo próximo a las tres ERAR, es tan próxima que han podido utilizarse para el presente Estudio, como base, gran cantidad de datos.

Todos ellos se presentan en epígrafes siguientes, y se resume lo principalmente aportado por cada una de ellas para la elaboración del presente documento.

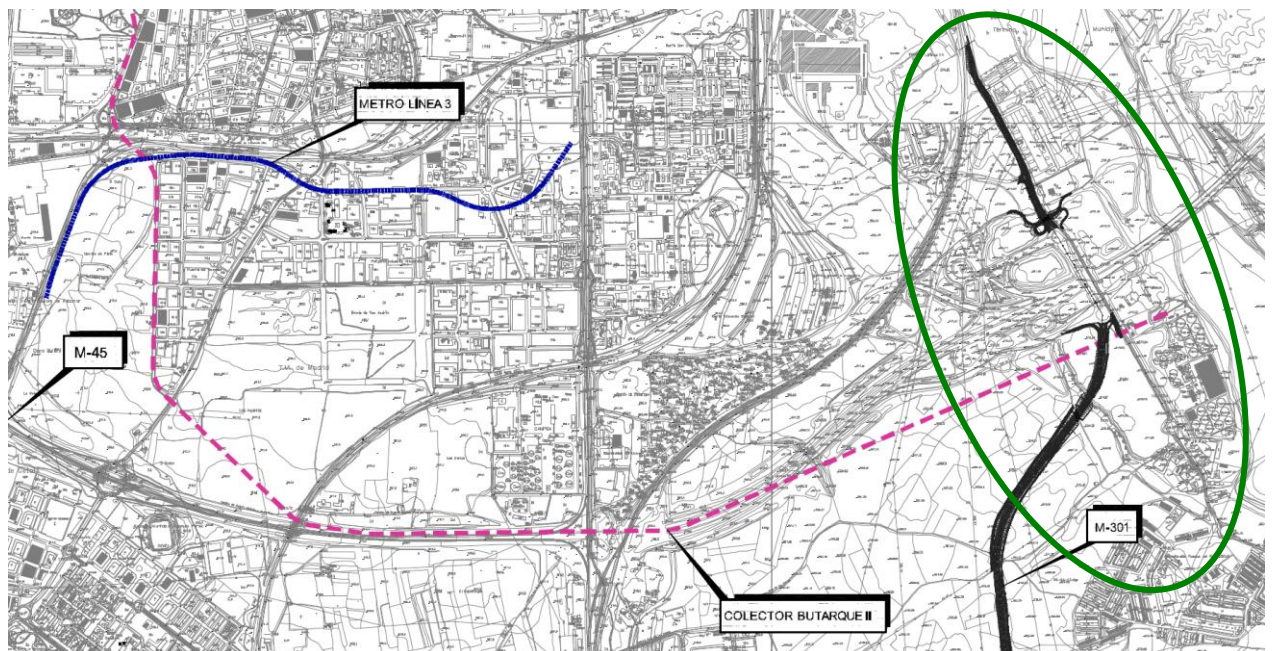
## **6.1. ANTECEDENTES GEOTÉCNICOS**

Como ya se ha comentado en el epígrafe 2, se han tomado como punto de partida varios estudios geotécnicos de distintas obras de infraestructura presentes en las cercanías de la zona de ubicación de las ERAR, así como documentación con datos geotécnicos referentes a ampliaciones, mejoras o modificaciones constructivas realizadas en las propias plantas o sus edificios, entre los que se encuentran:

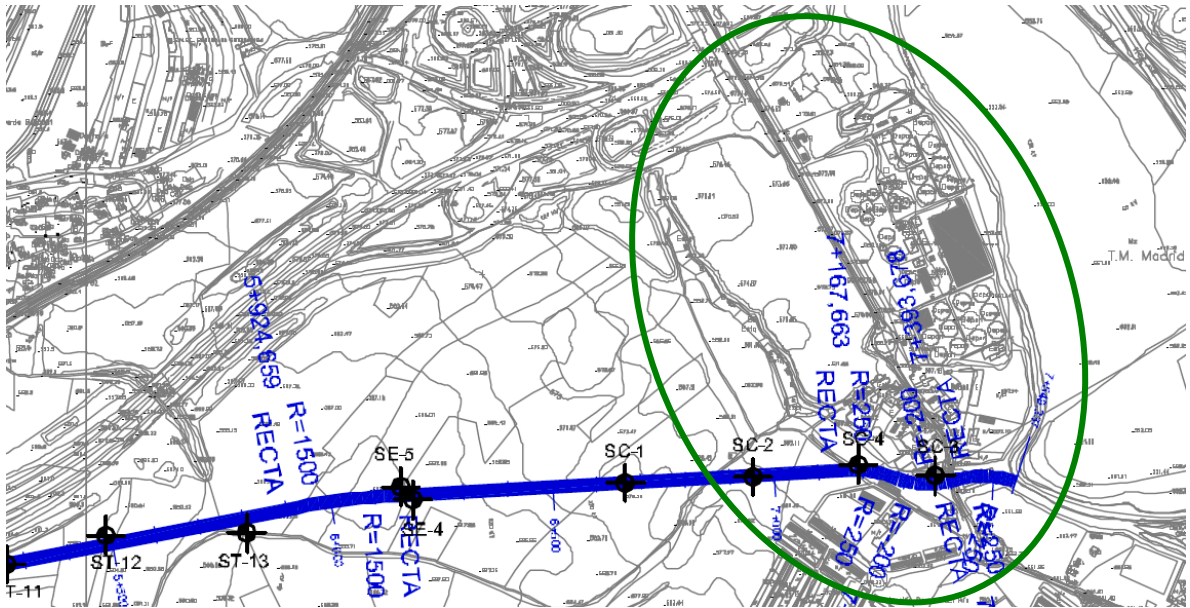
- Estudio Geológico Geotécnico de la carretera de circunvalación de Madrid M-45.
- Estudio Geológico-Geotécnico línea 3 de Metro de Madrid a su paso por Villaverde.
- Estudio Geológico-Geotécnico de la carretera M-301; proximidades de Perales del Río.
- Estudio Geológico-Geotécnico del Proyecto y Anteproyecto del Colector Butarque II y III.
- Mapa Geotécnico de la zona del Instituto Geológico y Minero N° 45 en el que, como en todos los mapas geotécnicos del IGME se recogen además mapas litológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos a escala 1:200.000.
- Mapa Geotécnico de Formaciones Geotécnicas de Madrid, Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones a escala 1:50.000.

- Mapa Geotécnico de Formaciones Geotécnicas de Madrid, Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones a escala 1:25.000.
- Mapas varios incluidos en la Base de Datos Geotécnica GEOMADRID del Área de Gobierno, Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid
- Síntesis Geotécnica de los suelos de Madrid y su Alfoz, Ventura Escario 1985
- Ingeniería Geológica, López-Vallejo.
- Geotecnia y Cimientos, José Antonio Jiménez Salas 1980.
- Artículo publicado en la Revista de Obras Públicas: “Propiedades Geotécnicas de los suelos de Madrid”, José M<sup>a</sup> Rodríguez Ortiz, 2000.
- Artículo publicado en la Revista de Obras Públicas: “Sobre los sistemas y parámetros geotécnicos de diseño en la ampliación del Metro de Madrid”.
- Datos procedentes de la Base de Datos Geotécnica de Madrid (GEOMADRID), del Área de Gobierno, Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid

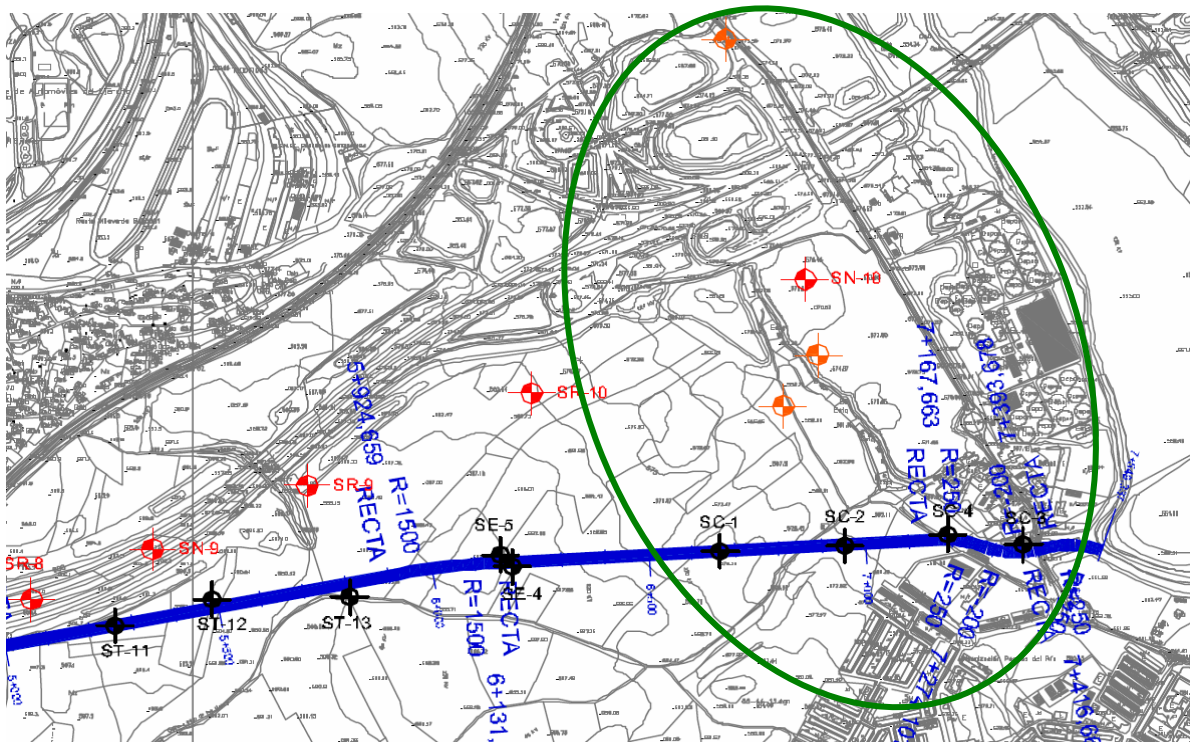
Algunos de estos datos y planos de Estudios y Proyectos antecedentes que se han recopilado, estudiado y analizado se muestran a continuación:



**Plano con la situación de algunas obras antecedentes, como son el Colector Butarque II, la M-45, Línea 3 del Metro y M-301 en relación a la zona de las tres ERAR del Estudio**

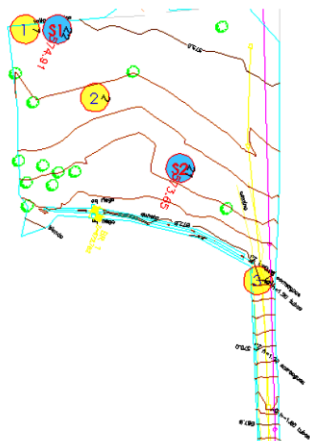


Trazado del Colector Butarque III junto a la ERAR Butarque

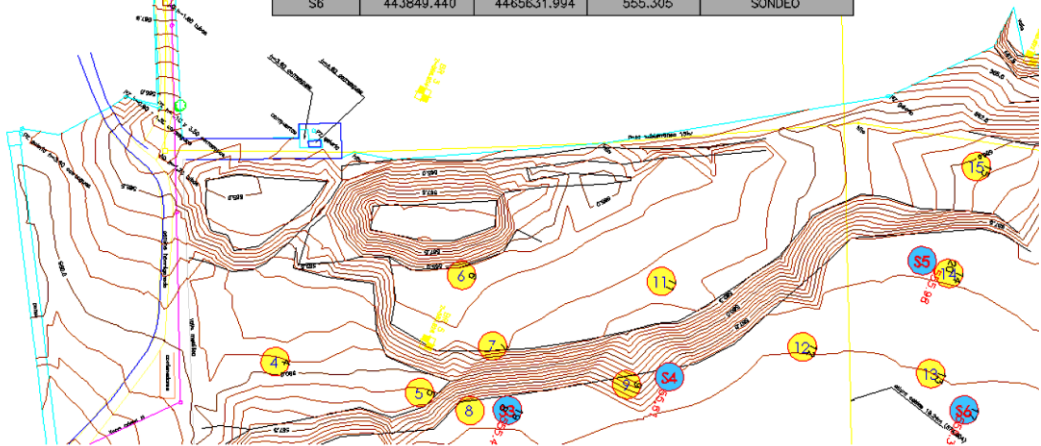


En color negro Sondeos de Butarque III, el resto según Leyenda

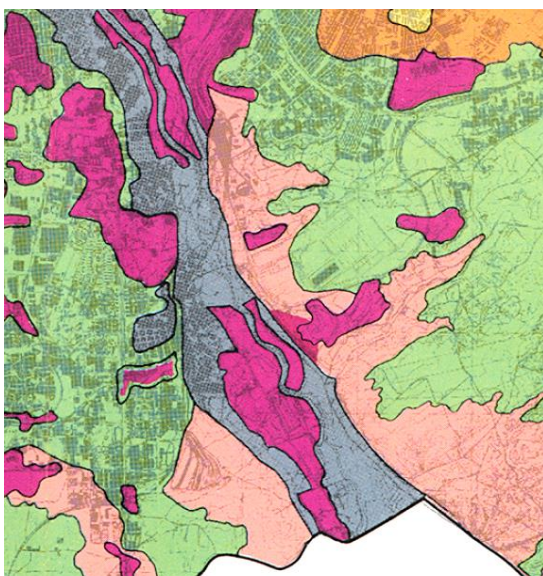




NÚMERO	X UTM	Y UTM	Z UTM	CÓDIGO
1	443760.181	4465278.129	574.658	PENETROMETRO
2	443770.204	4465303.561	574.255	PENETROMETRO
3	443799.648	4465365.445	572.123	PENETROMETRO
4	443911.798	4465449.179	560.377	PENETROMETRO
5	443904.064	4465489.801	559.529	PENETROMETRO
6	443869.241	4465487.824	564.427	PENETROMETRO
7	443884.152	4465503.515	563.759	PENETROMETRO
8	443899.995	4465510.191	555.583	PENETROMETRO
9	443879.547	4465542.265	555.691	PENETROMETRO
10	443909.687	4465542.305	555.407	PENETROMETRO
11	443849.157	4465539.976	563.177	PENETROMETRO
12	443850.779	4465583.465	555.470	PENETROMETRO
13	443843.696	4465619.441	555.457	PENETROMETRO
14	443815.855	4465613.220	555.994	PENETROMETRO
15	443785.314	4465608.742	559.668	PENETROMETRO
16	443859.631	4465647.568	555.149	PENETROMETRO
S1	443756.699	4465286.389	574.913	SONDEO
S2	443779.089	4465333.194	573.648	SONDEO
S3	443699.070	4465514.393	555.474	SONDEO
S4	443872.865	4465552.485	555.608	SONDEO
S5	443813.888	4465609.996	555.976	SONDEO
S6	443849.440	4465631.994	555.305	SONDEO



**Planta de penetros (amarillo) y sondeos (azul) realizados en la parcela del nuevo edificio de pretratamiento de la ERAR de Butarque: Todos los datos se han recopilado y analizado**



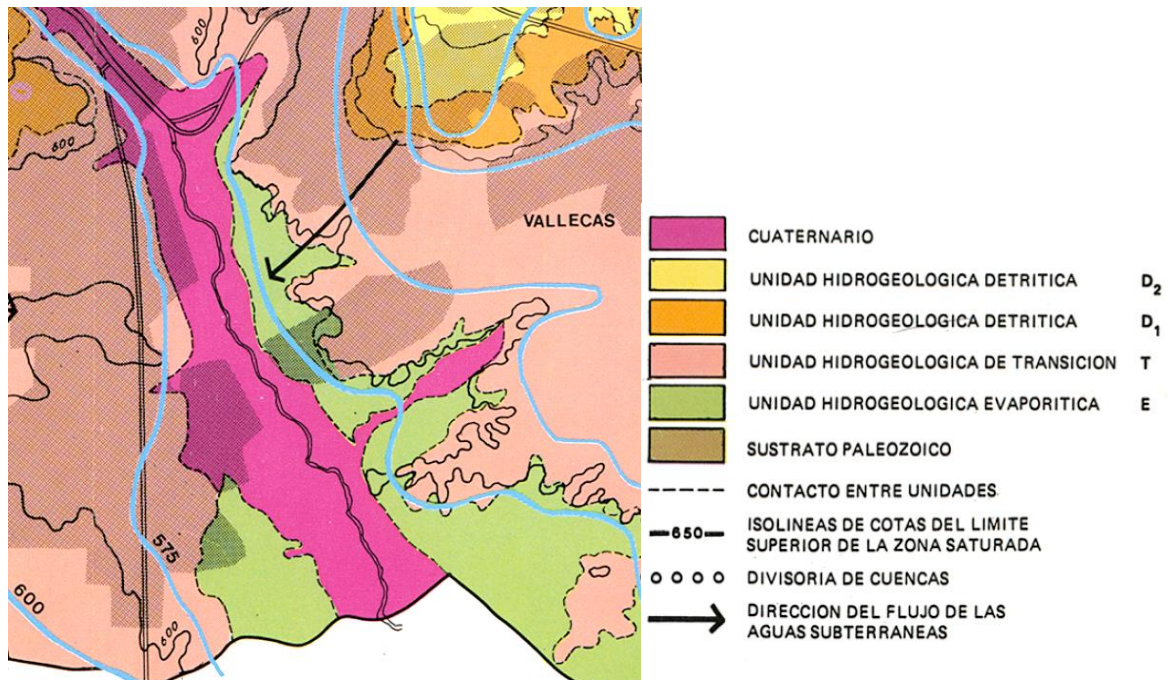
UNIDADES GEOTÉCNICAS

- ANTROPICO
- CUATERNARIO
- ARCOSAS CON BOLOS
- ARCOSAS SUPERIORES "Arena de miga"
- ARCOSAS INFERIORES "Tosco"
- TRANSICION ARCOSAS-ARCILLAS VERDES
- ARCILLAS VERDES "Peñuela"
- ARCILLAS CON YESOS
- YESOS CON ARCILLAS

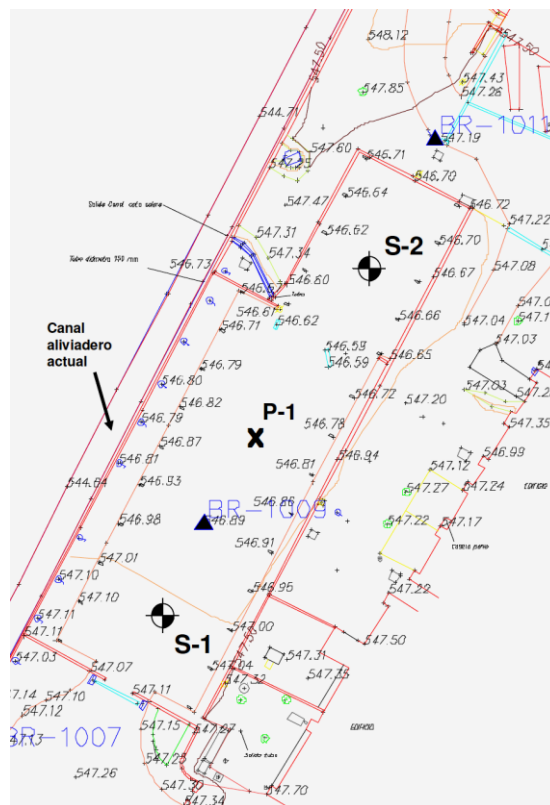
UNIDAD PROBLEMAS GEOTÉCNICOS

UNIDAD	PROBLEMAS GEOTÉCNICOS
ANTROPICO	Heterogeneidad litológica Capacidad de carga baja Asientos bruscos
CUATERNARIO	Nivel freático a escasa profundidad Capacidad de carga baja Asientos elevados
ARCOSAS SUPERIORES "Arena de miga"	Capacidad de carga media Asientos medios
ARCOSAS INFERIORES "Tosco"	Presencia de niveles plásticos Capacidad de carga media Asientos medios Niveles de sepiolita Expansividad puntual
TRANSICION	Presencia de niveles plásticos Niveles de sepiolita, sílex y carbonatos Capacidad de carga variable
FACIES VERDES "Peñuela"	Capacidad de carga variable Presencia de materiales plásticos Niveles expansivos
ARCILLAS CON YESOS	Agresividad a los hormigones Fenómenos kársticos Alta deformabilidad
YESOS CON ARCILLAS	Agresividad a los hormigones Alta deformabilidad Fenómenos kársticos

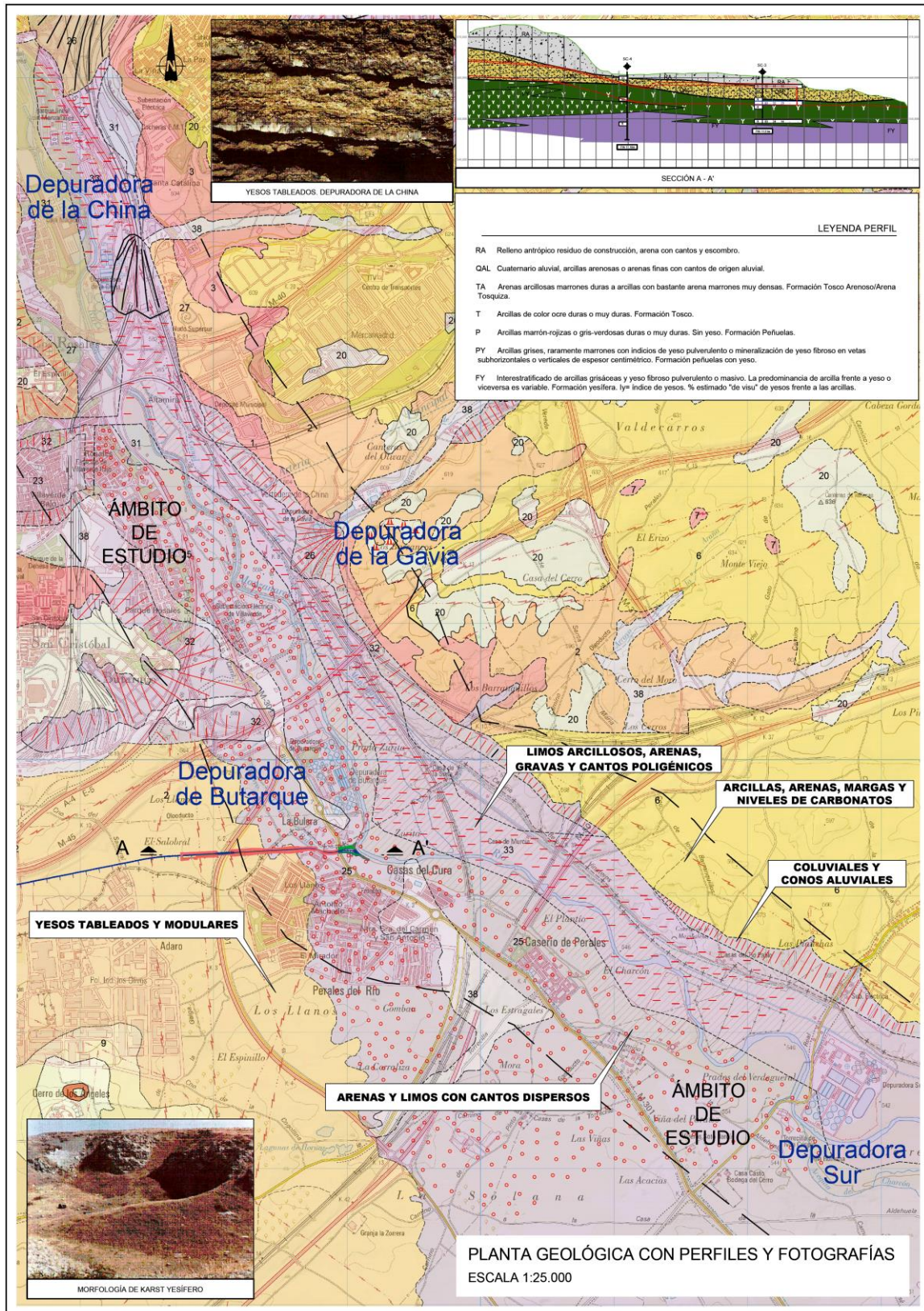
**Mapa Geotécnico de Madrid en la Base de Datos Geotécnica GEOMADRID**



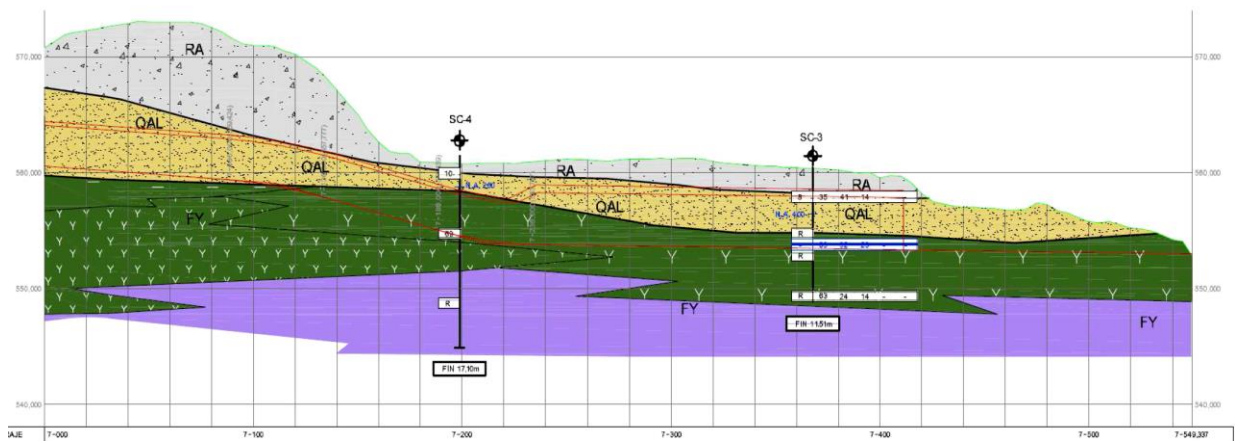
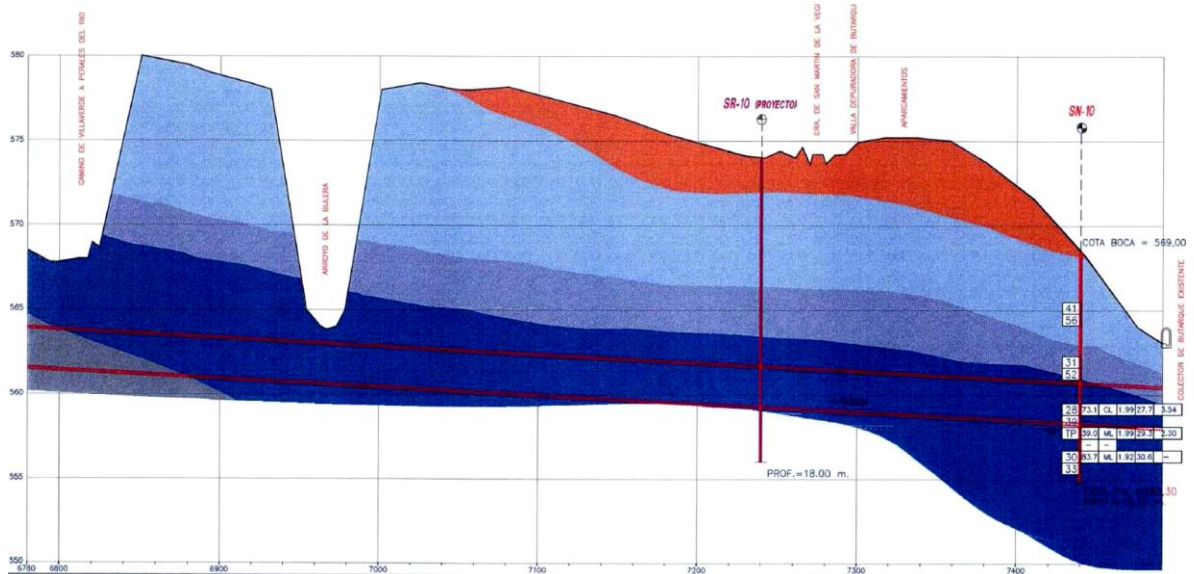
Mapa Hidrogeológico de Madrid de la Base de Datos Geotécnica del GEOMADRID



Sondeo y Penetros realizados en la ERAR Sur en el proyecto de Tratamiento de Q aliviados

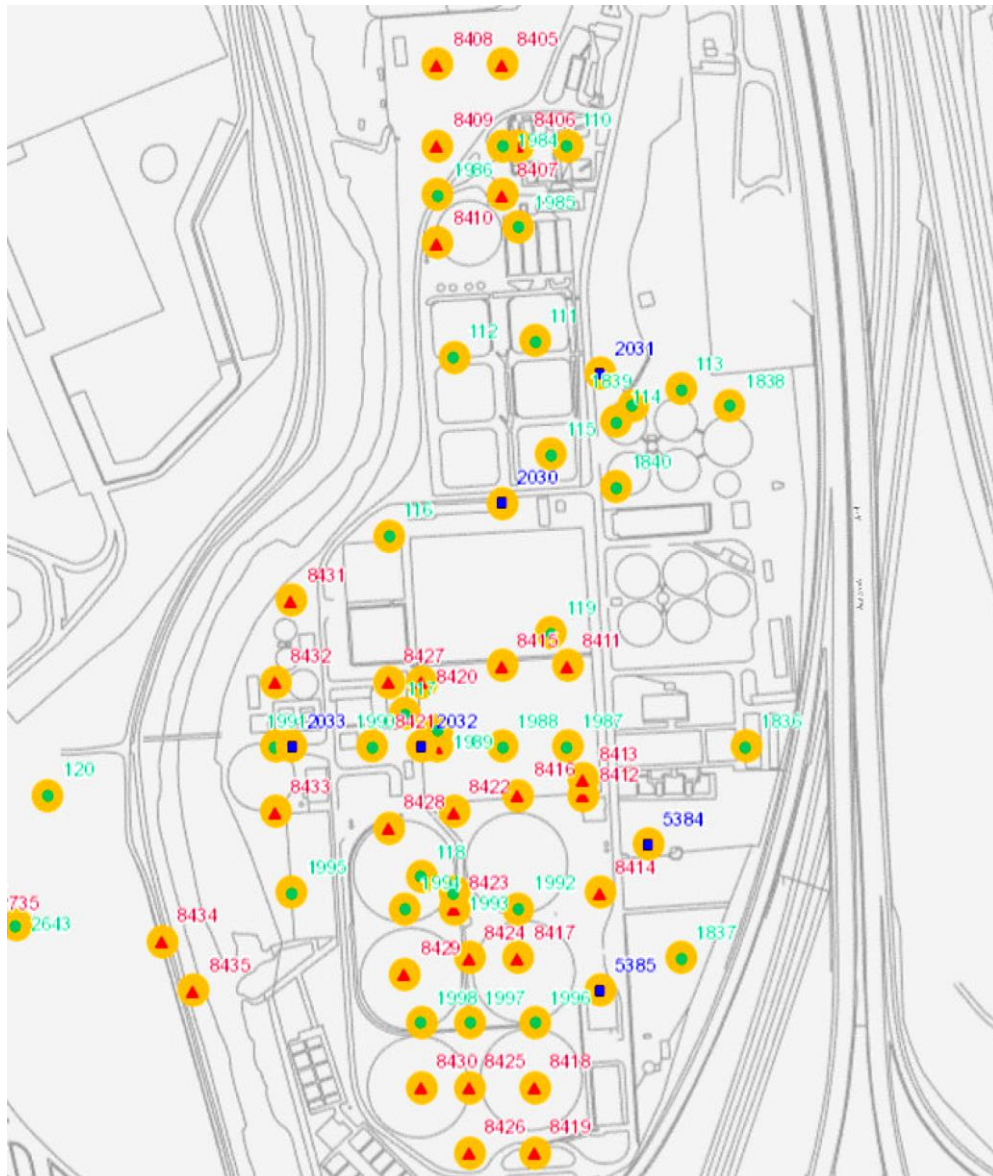


Plano geológico y perfiles Geotécnicos Oferta Técnica CYGSA



**Perfiles Geotécnicos de los tramos finales de los Colectores Butarque II y III junto ERAR. En ellos se muestran las columnas de los sondeos y ensayos un situ realizados al igual que los datos obtenidos en cuanto a propiedades geotécnicas de los materiales en ellos**





**Base de Datos Geotécnica GEOMADRID.**

**Planta de ensayos geotécnicos realizados para estudios y obras anteriores, con datos recopilados y disponibles, dentro de la propia parcela de la ERAR La China.**

**Se trata de datos de Calicatas, Penetros Borros y sondeos.**

**Esta gran cantidad de datos permite, mediante su estudio, sistematización y reinterpretación definir en detalle el sustrato de la ERAR y los parámetros geotécnicos de los materiales que lo conforman.**

**En verde se reflejan los sondeos, en rojo los penetrómetros, y en azul las calicatas.**



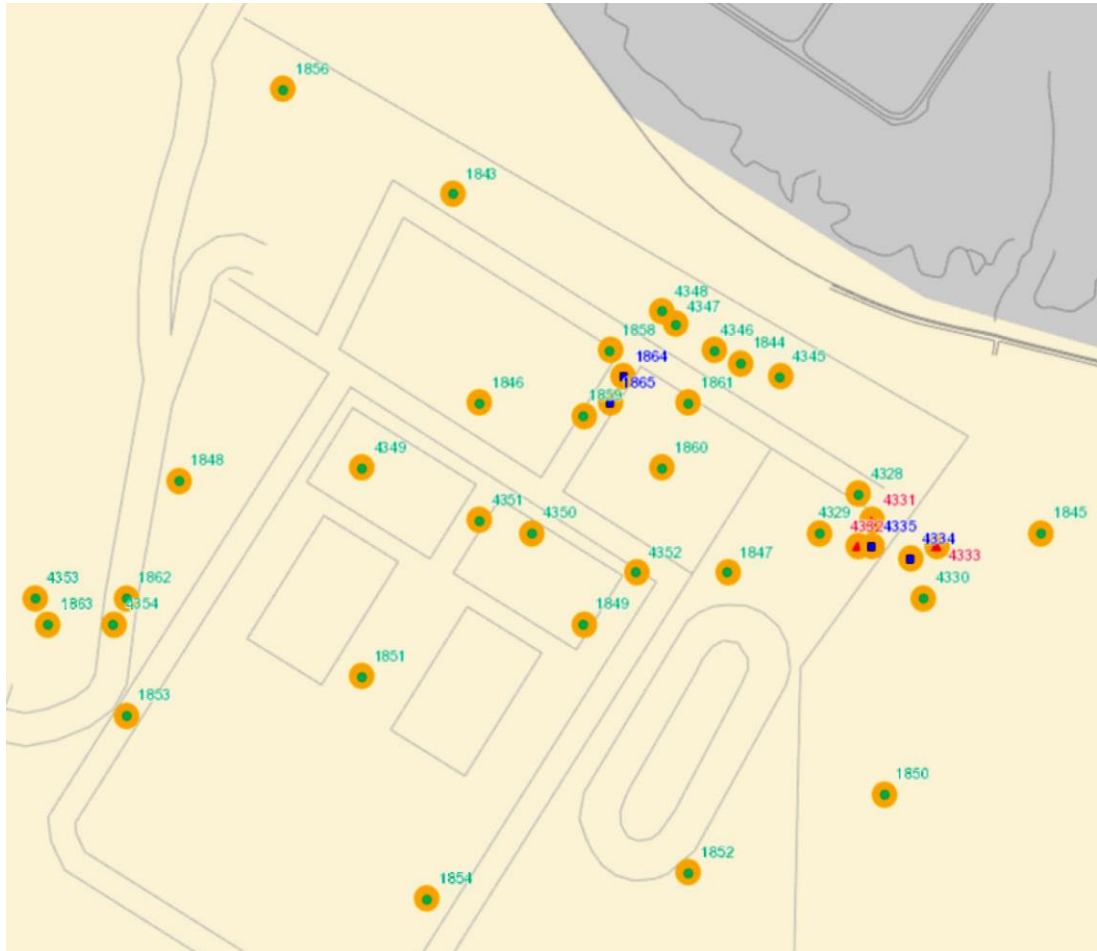
**Base de Datos Geotécnica GEOMADRID.**

***Planta de ensayos geotécnicos realizados para estudios y obras antecedentes, con datos recopilados y disponibles, dentro de la propia parcela de la ERAR Butarque.***

***Se trata de datos de Calicatas, Penetros Borros y sondeos.***

***Esta gran cantidad de datos permite, mediante su estudio, sistematización y reinterpretación definir en detalle el sustrato de la ERAR y los parámetros geotécnicos de los materiales que lo conforman.***

***En verde se reflejan los sondeos, en rojo los penetrómetros, y en azul las calicatas.***



**Base de Datos Geotécnica GEOMADRID.**

**Planta de ensayos geotécnicos realizados para estudios y obras antecedentes, con datos recopilados y disponibles, dentro de la propia parcela de la ERAR SUR.**

**Se trata de datos de Calicatas, Penetros Borros y sondeos.**

**Esta gran cantidad de datos permite, mediante su estudio, sistematización y reinterpretación definir en detalle el sustrato de la ERAR y los parámetros geotécnicos de los materiales que lo conforman.**

**En verde se reflejan los sondeos, en rojo los penetrómetros, y en azul las calicatas.**



### 6.1.1. Geotecnia de la carretera de circunvalación M-45

En el estudio geotécnico de la carretera de circunvalación a Madrid M-45, que cruza en sentido E-W la zona comprendida entre las ERAR de La China y la de Butarque, se realiza una descripción en función a criterios litológicos siguiendo la nomenclatura geotécnica establecida para los suelos de Madrid.

Las unidades geotécnicas diferenciadas son las siguientes, descritas de más antiguo a más moderno:

- **Margas yesíferas:** se trata de bancos de yesos macrocristalinos y yesos tableados que se intercalan con horizontes de arcillas limosas de consistencia muy dura y color gris verdoso, en ocasiones con cristales de yeso dispersos en la matriz arcillosa. El espesor de los estratos que se alternan es de entre 1 y 5 m. Son materiales de consistencia muy dura con características intermedias entre un suelo y una roca por lo que se han considerado, como en una buena parte de la literatura geotécnica, como una roca blanda. En algunos puntos el contacto con el estrato superior aparece una arcilla de tonalidades oscuras, muy reblandecida, con un espesor de hasta 2 m cuyo origen se encuentre probablemente asociado a la disolución de los yesos por corrientes de filtración. Existe una gran heterogeneidad litológica en esta unidad y diferentes grados de cementación, en algunos casos con presencia de carbonatos. En general la compresión simple varía desde valores muy elevados (propios de una roca) hasta resultados significativamente bajos.
- **Peñuelas:** en la nomenclatura geotécnica de Madrid, bajo esta denominación se incluye un conjunto muy heterogéneo de materiales entre los que se encuentran: arcillas de alta plasticidad de tonalidades marrones, grisáceas, verdosas y negras, con bancos de carbonatos intercalados (tonos blancos), sílex y arenas micáceas de tonalidades grisáceas. A lo largo de la traza de la carretera las peñuelas aparecen como arcillas plásticas de color gris-verdoso y arenas micáceas de esta misma tonalidad. Granulométricamente se trata de arcillas de alta plasticidad agrupadas en torno a la línea A de la carta de plasticidad de Casagrande.

- **Formaciones tosquizas:** se incluyen todos los materiales detríticos de origen Mioceno formados por minerales arcósicos, que comprenden una amplia gama de granulometrías, entre ellas se pueden diferenciar (en función del material que pasa por el tamiz 200):
  - Menos del 25 %, **arenas de miga**
  - Entre el 25 y el 40 %, **arenas tosquizas**
  - Entre el 40 y el 60%, **toscas arenosas**
  - Más del 60 %, **toscas**

La plasticidad de estos materiales es variable aunque pueden clasificarse mayoritariamente como de baja o media plasticidad, si bien se observan algunos puntos con plasticidades más elevadas.

- Aluvial del arroyo Butarque y del Manzanares: formado por arcillas arenosas de color marrón y consistencia media-blanda en la que se intercalan lentejones de arenas arcillosas y arenas poco arcillosas.
- Glacis del Bulevar: de origen cuaternario, formado por una arena de grano medio a grueso, muy arcillosa de color marrón claro y compacidad media-suelta, apareciendo en algunos puntos intercalaciones de arcillas arenosas. Probablemente, el origen geológico de este estrato es la erosión de las formaciones tosquizas cercanas.

### 6.1.2. Geotecnia de la línea 3 de Metro de Madrid

Al igual que en el Estudio Geotécnico del Proyecto de Construcción de la M-45 recogido en el epígrafe anterior, en el Estudio Geológico-Geotécnico del Proyecto de Construcción de la línea 3 de Metro de Madrid, que discurre al SW de la ERAR de La China y al NW de

la de Butarque, la descripción geológico-geotécnica se realiza adoptando la nomenclatura tradicional geotécnica de los suelos de Madrid.

De forma análoga, se recoge a continuación la descripción geológico-geotécnica descrita en dicho anejo, de más antiguo a más moderno.

- **Formaciones yesíferas:** arcillas con yesos y yesos con arcillas. Los términos arcillosos o peñuelas que aparecen interestratificados con los yesos tienen coloración gris oscura y presentan una naturaleza mineralógica fundamentalmente illítica; en ocasiones aparecen muy enriquecidos en carbonatos o componentes magnesianos. Los términos evaporíticos aparecen en forma de niveles centimétricos tableados y nodulares cuando están subordinados a las arcillas, mientras que cuando constituyen el término predominante corresponden a bancos masivos seleníticos o especulares con espesores métricos. Su naturaleza mineralógica corresponde fundamentalmente a yeso, apareciendo la anhidrita de forma muy ocasional, con participación puntual de sales cálcicas y sódicas diversas. En ocasiones, es frecuente que hacia el techo de la unidad aparezcan niveles de yeso detrítico, en forma de arena muy fina.
  
- **Peñuelas:** constituida por un conjunto litológico de lutitas o arcillas fuertemente litificadas por sobreconsolidación o cementaciones carbonatadas, de coloraciones fundamentalmente gris-verdoso-azulada con episodios marrones de alteración. Es frecuente la presencia de intercalaciones muy carbonatadas de color blanquecino, que reciben la denominación de “cayuelas”, junto a tablas y segregaciones nodulares de sílex, más abundantes en determinadas zonas. De forma muy subordinada aparecen lentejones y capas de arenas e incluso areniscas en las que son características las tonalidades verdosas y una fuerte presencia de micas. Son arcillas muy plásticas con límite líquido entre 50 y 90%, y su expansividad es variable dependiendo de la tipología de los filosilicatos que contengan: montmorillonita y/o sepiolita. Generalmente las peñuelas son materiales muy compactos y resistentes, aunque pueden aparecer niveles de consistencia mucho menor.
  
- **Depósitos cuaternarios:** son depósitos ligados a la dinámica fluvial, asociados a los arroyos y principales cauces fluviales. En líneas generales los depósitos cuaternarios suelen estar constituidos por materiales arenosos o limosos, con



mayor presencia de gravas en las terrazas de los ríos Jarama y Manzanares, algunas de las cuales suelen aparecer cementadas, sobre todo en la vertiente del primero, siendo también frecuente la aparición de niveles fangosos intercalados, ligados a una fuerte presencia de materia orgánica. Se trata de materiales con características geotécnicas muy variables y cuyo seguimiento resulta complejo en ocasiones, dada la similitud de caracteres que en ocasiones muestran con respecto al substrato, sobre todo cuando éste corresponde a las arenas de miga y los toscos.

- **Rellenos antrópicos:** constituidos por materiales de aportación artificial, fundamentalmente como consecuencia de actividades constructivas (vertederos de tierras y escombros, terraplenes controlados, etc) y, en mucha menor manera, como resultado de la actividad industrial. Las características geotécnicas de esta unidad son difícilmente resumibles, dada la fuerte heterogeneidad que estos materiales suelen presentar en cuanto a origen, compacidad, etc., destacando dos rasgos generalmente singulares para esta unidad: en primer lugar y fundamentalmente, una deformabilidad extremadamente alta (en general superior al 3% del espesor), debido a la baja compacidad y frecuente presencia de arcillas con elevados contenidos en humedad, y en segundo lugar, la posibilidad de que se alcancen altos niveles de agresividad al hormigón convencional, como consecuencia de la presencia de elementos químicos diversos, procedentes de vertidos de residuos industriales. También hay que indicar la elevada permeabilidad, lo cual genera niveles freáticos anormales no concordantes con los de las formaciones encajantes y, por otro lado, la elevada colapsabilidad al saturarse. Los rellenos se caracterizan por una consistencia muy floja.

### 6.1.3. Geotecnia del colector Butarque II

En los planos de documentos antecedentes presentado en el epígrafe anterior, se puede observar la cercanía del colector Butarque II con la parcela de ubicación de la ERAR de Butarque y con la de las zonas aledañas que podrían ser el objeto de ampliación o modificación de la planta. El colector discurre por el borde Norte de la parcela, en la zona del nuevo edificio de pretratamiento, del que a continuación se presentarán también datos



geotécnicos del estudio de su implantación. Por ello, la información recogida en los estudios geotécnicos del Proyecto y Anteproyecto de dicho colector han servido especialmente para completar, contrastar y confirmar la información recopilada.

En total se cuenta con la información aportada por 20 sondeos, dispuestos a lo largo del eje del túnel, sobre cuyas muestras se realizaron numerosos ensayos de laboratorio, tanto de identificación como de caracterización de propiedades resistentes.

Las unidades geotécnicas descritas en los informes geotécnicos tanto de Proyecto como de Anteproyecto, coinciden a grandes rasgos con las descritas en el resto de antecedentes, ***si bien no se describen bajo la nomenclatura típica asociada a los suelos de Madrid.***

A grandes rasgos, en los documentos geotécnicos del colector Butarque II se describen las siguientes unidades:

- Interestratificados de yesos fibrosos, masivos y cristalinos con arcillas con marrón oscuro-negruczas.
- Arcillas marrón oscuro-negras a pardas con tonos verdosos con nódulos (1-2 cm) y ocasionales niveles (0,2 - 2 cm) de yeso masivo, cristalino y/o fibroso.
- Arcillas más o menos puras o con sólo ocasionales nódulos de yeso diseminado.
- Depósitos cuaternarios compuestos por finas-medias o gravas finas con arena, sueltas y muy poco plásticas, arenas arcillosas o arcillas medianamente densas, poco plásticas y limos arcillosos o arcillas oscuras medianamente densas y plásticas.





#### **6.1.4. GEOTECNIA DEL PROYECTO DEL NUEVO PRETRATAMIENTO DE LA EDAR DE BUTARQUE; CIMENTACIÓN DEL EDIFICIO.**

En este proyecto se consideró inicialmente, como solución a las complicadas condiciones de cimentación, una sustitución de terreno de un metro de material granular, un geotextil y el hormigón de limpieza sobre el que se situaría la losa armada de 60 cm. de espesor.

Con motivo de la redacción del proyecto, se llevó a cabo la realización de un estudio geotécnico más detallado sobre el terreno donde se iba a ubicar la nueva planta y el edificio de control, ya que estas parcelas han sido utilizadas como posible vertedero de otras obras realizadas en la zona.

Asimismo se decidió estudiar las diferentes alternativas viables para la cimentación de las estructuras objeto del proyecto.

Para dicho estudio se tomó el taquimétrico de la parcela y se realizaron un total de 6 sondeos en la parcela de las obras

#### **SONDEOS**

Para la elaboración del estudio se tomó el taquimétrico de la parcela y se realizaron un total de 6 sondeos en la parcela de las obras.

Se realizaron sondeos mecánicos a rotación con recuperación a profundidades variables entre 10,00 y 10,30 metros y se realizaron ensayos in situ de S.P.T. y se obtuvieron muestras inalteradas.

De los 6 sondeos ejecutados los números 1 y 2 corresponderían a la parcela del futuro edificio de control de la depuradora mientras que los sondeos 3 al 6 corresponderían a la parcela de la ampliación de la depuradora propiamente dicha.

Con respecto al taquimétrico, se encontraron un volumen de terrenos de vertido en la parcela considerablemente mayor al previsto en proyecto. Dicho volumen se debe fundamentalmente a terrenos vertidos durante las obras de la M-45 y durante la hinca del colector del estanque de tormentas que desagua en la parcela de la depuradora



existente, comentado como antecedente previo en este mismo punto del presente informe.

Los resultados de los SPT dieron golpes siempre inferiores a 15 en los primeros 6,5 metros de terreno, encontrando a esa profundidad una capa de arenas con indicios de grava e indicios de arcilla de compacidad medianamente densa, con valores de golpeo en torno a 20. Finalmente, a una profundidad media de 9 metros con respecto a la cota de terreno, el SPT da valores de rechazo.

Debido a que los resultados obtenidos en los sondeos no eran concluyentes se decidió la realización de 16 penetrómetros dinámicos.

En planos mostrados en punto anterior se presenta la localización de los sondeos y penetros realizados.

## **PENETRÓMETROS DINÁMICOS**

Se realizaron dieciséis penetrómetros dinámicos:

- 2 en la parcela del edificio de control para completar los dos sondeos realizados previamente.
- 1 en el camino de acceso desde el edificio de control hasta la parcela de decantadores.
- 8 en la zona de decantadores primarios
- 4 en la zona del edificio de pretratamiento y desarenado-desengrasado.
- 1 en la zona de viales donde irán situadas las arquetas de reparto.

Los resultados obtenidos con estos penetrómetros nos indican lo que ya desvelaron los sondeos:

- En la zona del edificio de control, hasta aproximadamente los 9 metros no aparecían valores de rechazo, siendo en los primeros metros prácticamente nula la resistencia del terreno.
- En la zona de decantadores 1-4 los valores de rechazo aparecen a una media de 15 metros de profundidad aproximadamente.



- En la zona de decantadores 5-8 los valores de rechazo aparecen a una media de 6 metros de profundidad aproximadamente, al igual que el vial que discurre en paralelo al río.
- En la zona de pretratamiento y desarenado el rechazo aparece en profundidades entre 6 y 8 metros.

## **ALTERNATIVAS PROPUESTAS Y SOLUCIÓN ADOPTADA EN ESTE ESTUDIO ANTECEDENTE**

Una vez estudiados los resultados de los sondeos y penetrómetros, se comprobó que la propuesta de cimentación planteada en el proyecto no era adecuada por lo que se consideraron tres posibles soluciones: compactación dinámica, pilotes hincados y pilotes in situ.

Tras someter estas alternativas a juicio de la Dirección de Obra, atendiendo a los plazos, disponibilidad de maquinaria y al tipo de estructuras que se iban a ejecutar se optó por una cimentación mediante pilotes hincados.

### **6.1.5. ESTUDIO GEOTÉCNICO ERAR SUR; PROYECTO DE TRATAMIENTO DE CAUDALES ALIVIADOS Y MEJORAS MEDIOAMBIENTALES.**

En este estudio, se realizaron en la zona de los aparcamientos de entrada de la ERAR SUR dos sondeos y un penetrómetro dinámico por parte de la empresa Inteinco, a instancias de Nolter, en la zona donde se proyectaban las nuevas instalaciones para el tratamiento de caudales aliviados.

A continuación se presentan los datos principales obtenidos en dicho estudio geotécnico en un extracto literal del mismo, del que se desprende importante información aprovechable en el presente estudio.

**5.- TRABAJOS REALIZADOS Y RESULTADOS OBTENIDOS**

**5.1.- Análisis geológico-geotécnico e Inspección visual de los terrenos**

Para alcanzar el objetivo del estudio, en primer lugar se hizo una recopilación y análisis de la documentación geológico-geotécnica general existente sobre los terrenos de la zona, complementada con una inspección del entorno.

De acuerdo con la información geológico-geotécnica existente (ver fragmento del Mapa de formaciones geotécnicas de V. Escario en el anejo I), la zona reconocida queda situada sobre terrenos correspondientes a las facies centrales de la cuenca terciaria miocena de Madrid, afectados posteriormente por la dinámica fluvial del río Manzanares.

La Cuenca de Madrid es una cuenca continental cerrada donde la sedimentación se produjo según un esquema típico en condiciones subesféricas: sedimentos detríticos en el borde y evaporíticos en el interior; con la zona intermedia en la que se produce deposición mixta de materiales detríticos e interestratificados de minerales neoformados.

Los materiales de las facies centrales, de carácter evaporítico, corresponden en general a terrenos yesíferos. Aparecen tramos rocosos yesíferos desarrollados en niveles tabulares y nodulares de magnitud centimétrica-decimétrica que alternan con arcillas (arcillas gris-verdosas o "peñuelas") o margas yesíferas duras, así como bancos métricos de textura en general selenítica que son predominantes al desplazarnos hacia el Sureste de la cuenca, aunque con notables alternancias.

Las características de las formaciones yesíferas son, en general, difíciles de analizar, debido al complejo desarrollo microstratigráfico que presentan: existen engrosamientos imprevisibles de los niveles de yeso, removilización de los mismos, contaminaciones de los estratos arcillosos, fenómenos de disolución, alteraciones estructurales, etc. Todo ello determina posibles incidencias geotécnicas y la necesidad de reconocimientos de detalle cuando estos materiales afectan directamente a las obras.

Recubriendo el sustrato terciario descrito, aparecen en la zona depósitos aluviales cuaternarios ligados al río Manzanares. Su espesor puede ser importante y muy variable, así como su naturaleza, estando constituidos por gravas, arenas, limos y arcillas en muy diversas proporciones según las zonas.



Desde el punto de vista hidrogeológico, las condiciones de la zona vienen dadas por la proximidad del río, lo que implica la presencia de un nivel freático relativamente próximo a superficie y ligado a los caudales del mismo.

Por otra parte, desde el punto de vista sísmico y según la normativa sismorresistente vigente (NCSE-02), todo el entorno reconocido se encuentra situado en una zona de mínimo riesgo, por lo que no son necesarias comprobaciones en este sentido en los proyectos.

**5.2.- Reconocimiento geotécnico**

Para el reconocimiento del terreno en la zona de ubicación de las nuevas instalaciones se han realizado dos sondeos mecánicos (S-1 y S-2) hasta unos 6 m de profundidad, complementados con un ensayo continuo de penetración dinámica DPSH hasta rechazo. Su situación se refleja en el plano y fotografías del Anexo II. A continuación se indica la cota de boca de cada punto (estimada a partir del plano topográfico facilitado) y la profundidad alcanzada respecto a dicha boca:

PUNTO DE RECONOCIMIENTO	COTA DE BOCA (m)	PROFUNDIDAD (m)
S-1	547,0	6,1
S-2	546,8	6,0
P-1	546,6	11,0

Los sondeos se han realizado a rotación con batería provista de corona de widia, con recuperación continua de testigo y un diámetro de perforación que empezó siendo de 101 mm y luego de 86 mm. Si las paredes del sondeo se mostraban inestables se procedía a la entubación del mismo antes de realizar las maniobras de avances.

Durante la perforación y en función del tipo de terreno, se realizaban ensayos normales de penetración (SPT), de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 22476-3 y tomas de muestras inalteradas con tomanuestras de pared gruesa bipartido con camisa interior de PVC. En total se han realizado en los sondeos 4 ensayos SPT y 2 tomas de muestras inalteradas, según se indica en el Cuadro 1.



CUADRO 1. MUESTRAS Y ENSAYOS EN SONDEO

SONDEO	PROF. (m)	TIPO MUESTRA	GOLPEOS	N <sub>60</sub>	TERRENO
S-1	2,00-2,60	SPT	7-8-7-7	15	Gravas y arenas
	3,50-4,10	SPT	2-3-9-5	12	Gravas y arenas
	5,50-6,10	INALT	7-8-7-9	15	Gravas y arenas
S-2	1,00-1,60	INALT	3-7-15-11	22	Rellenos de arenas arcillosas
	3,00-3,60	SPT	3-4-5-6	9	Arenas con gravas
	5,00-5,60	SPT	3-2-3-10	5	Gravas y arenas

La muestra inalterada tomada hacia el fondo del sondeo S-1, donde se apreció la presencia de niveles limoarcillosos, resultó ser de gravas y arenas, desmoronándose al intentar extraerla y saliendo el tomamuestras vacío. Por otra parte, la muestra inalterada tomada al principio del sondeo S-2, en niveles arenoarcillosos algo cohesivos, resultó corresponder a rellenos y no se consideró representativa.

El testigo recuperado en la perforación se introdujo en cajas de plástico, con separaciones longitudinales, disponiéndolo según el orden de extracción y anotando en las mismas, mediante separadores transversales, las colas de extracción y las tomas de las distintas muestras, de manera que pudiera hacerse correctamente el levantamiento de la columna litológica del terreno.

Durante la perforación de los sondeos se prestó especial atención a la posible presencia de agua. En el sondeo S-1 se detectó claramente la presencia de agua hacia 3,5 m de profundidad. Durante el resto de la perforación y una vez terminado el sondeo, el nivel de agua permaneció estable a los 3,5 m. Dada la naturaleza del terreno y las condiciones hidrogeológicas del entorno, resultaba claro que este es el nivel freático de la zona, por lo que no se consideró necesario disponer tubería piezométrica para posteriores comprobaciones. En el sondeo S-2, las condiciones fueron análogas, localizándose el nivel de agua en este caso a 3,1 m. Estos resultados son coherentes con la información facilitada por técnicos de la E.D.A.R., indicando la presencia del nivel freático en la zona en torno a los 3,5 m de profundidad.

Una vez terminados los sondeos, se procedió a taparlos, restituyendo el hormigón del aparcamiento con mortero de cemento.



Las columnas litológicas de los sondeos y toda la información referente a los mismos se recogen en los correspondientes registros, que junto a las fotografías de las cajas de testigo se incluyen en el Anejo III.

Como complemento a los sondeos se ha realizado además un ensayo continuo de penetración dinámica DPSH hasta rechazo. Este ensayo consiste en la hincada de una puntaza cónica de 50 mm de diámetro, soportada por un varillaje macizo de 32 mm de diámetro. El golpeo se produce con una maza de 63,5 kg, con altura de caída libre de 75 cm. Durante la hincada se anota el número de golpes para tramos de 20 cm de penetración, N<sub>20</sub>. El ensayo se da por terminado cuando el número de golpes N<sub>20</sub> es igual o mayor de 100 (rechazo). Los resultados se muestran en un gráfico de golpes N<sub>20</sub> en función de la profundidad. El gráfico con los resultados del ensayo realizado se incluye en el Anejo IV.

### 6.3.- Ensayos de laboratorio

Sobre diversas muestras de suelos tomadas en los sondeos y a la vista de su naturaleza, se han realizado los ensayos de laboratorio siguientes:

- 4 Uds. de análisis granulométrico por tamizado, s/UNE 103101.
- 4 Uds. de determinación de los límites de Atterberg, s/UNE 103103 y 103104.
- 4 Uds. de determinación del contenido en sulfatos solubles, s/UNE 103201.
- 2 Uds. de determinación del contenido en materia orgánica, s/UNE 103204.

Por otra parte, sobre una muestra de agua tomada en el sondeo S-1, se realizaron las determinaciones indicadas en la EHE-08 para analizar su posible agresividad al hormigón.

En el Anejo V se incluyen los resultados de todos estos ensayos. En el Cuadro 2 adjunto se presenta un resumen de los mismos.

Para la ejecución de los ensayos "in situ" y los ensayos de laboratorio, se ha contado con la colaboración del laboratorio de Eplisa en Madrid, inscrito en el Registro General de Laboratorios de Ensayos para el Control de la Calidad de la Edificación del Ministerio de Fomento.



CUADRO 2. RESUMEN RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

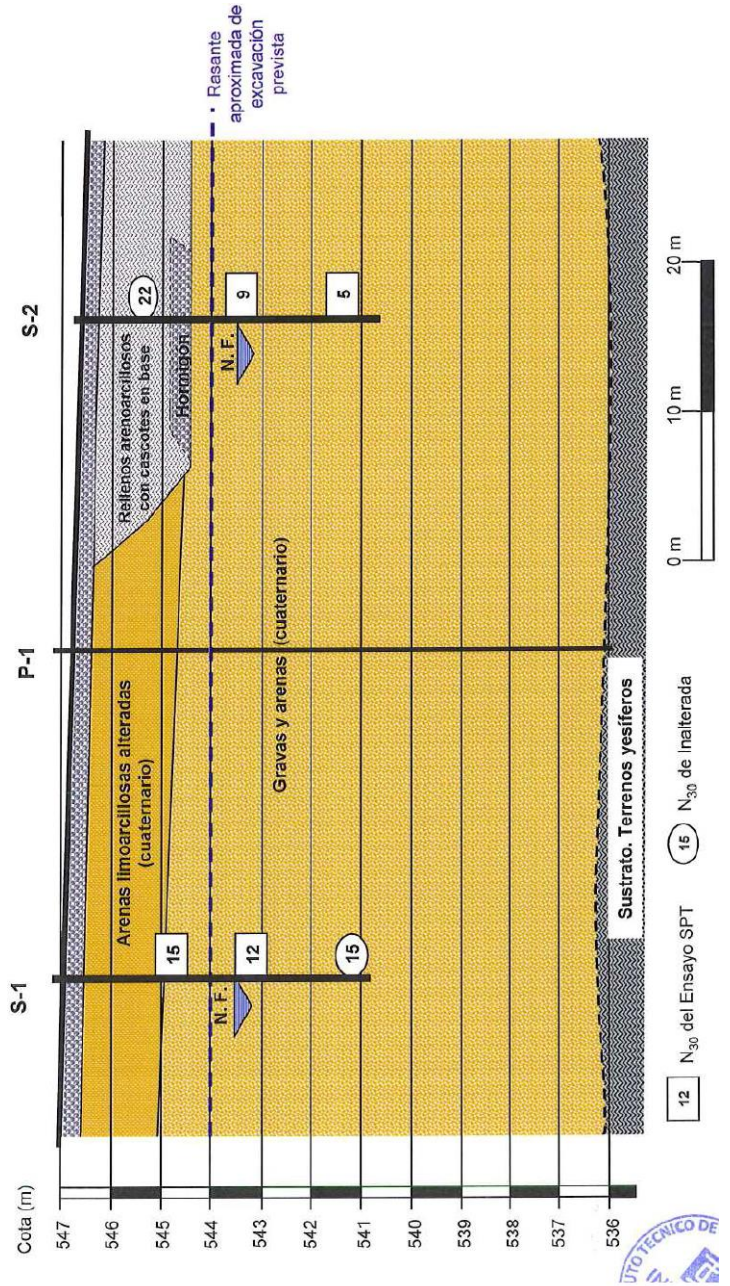
SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE MUESTRA	GRANULOMETRÍA (% pasa)				LÍMITES DE ATTERBERG			MATERIA ORGÁNICA SOLIBLES (%)	SULFATOS SOLUBLES (%)	CLASIFICACIÓN USCS
			0,080 mm	0,40 mm	2,0 mm	50 mm	L.L.	L.P.	I.P.			
S-1	2,00-2,60	SPT	3,2	10,6	36,7	100	N.P.	N.P.	0,04	0,013	GP	
S-1	3,50-4,10	SPT	2,2	8,6	35,4	100	N.P.	N.P.		0,048	SW	
S-2	3,00-3,60	SPT	0,5	6,8	44,6	100	N.P.	N.P.	0,09	0,022	SP	
S-2	5,00-5,60	SPT	9,4	13,7	24,9	100	36,6	17,5	19,1	0,021	GP-GC	

Muestra de agua S-1	pH: 7,2	Residuo seco: 3.955 mg/l	Sulfatos: 2.112 mg/l	Magnesio: 289 mg/l	CO <sub>2</sub> agresivo: 4 mg/l	Amonio NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> : 0 mg/l	Agresividad (EHE-08): Ataque Medio / Qb
---------------------	---------	--------------------------	----------------------	--------------------	----------------------------------	--	---



PERFIL LITOLÓGICO ESQUEMATICO



## 6.- DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

### 6.1.- Naturaleza y caracterización geotécnica del terreno

A partir de los resultados de los sondeos (ver registro del Anejo III), el ensayo DPSH y los ensayos de laboratorio, se deduce que el terreno en la zona reconocida aparece constituido por diversos niveles, cuya disposición se ilustra en el perfil litológico esquemático de la figura adjunta.

Estos niveles, al margen del firme del aparcamiento de 40-30 cm de espesor, serían los siguientes:

- **Relenos arenocarcillosos y con cascotes.** En el sondeo S-2, bajo 30 cm de firme de hormigón, aparecen suelos arenocarcillosos de coloración oscura, que resultaron ser rellenos artificiales, pues hacia su base presentan abundantes cascotes de ladrillo y también apreciable olor a combustibles. Debajo de ellos se detecta una capa de hormigón de unos 40 cm de espesor. Estos rellenos no se detectan en el sondeo S-1, siendo difícil precisar si se extienden hasta la zona del ensayo P-1, aunque parece que no es así, ya que la distribución de golpes en este ensayo se corresponde más con la disposición del terreno detectada en el S-1.
- **Restos de estructuras de hormigón.** En el S-2 aparece entre 1,8 y 2,2 m de profundidad la citada capa de hormigón. Por su situación y los rellenos que la cubren, podría tratarse de una antigua estructura (depósito o similar) abandonada y soterrada.
- **Depósitos cuaternarios de arenas limocarcillosas.** En el sondeo S-1, bajo el firme del aparcamiento, aparecen arenas limocarcillosas alteradas y flojas (el testigo se comprime al perforar), que alcanzan hasta unos 2 m de profundidad. Estos suelos serían los mismos atravesados por el ensayo de penetración hasta 2,2 m de profundidad con golpes muy bajos ( $N_{60}$  de 3 a 5).

**Depósitos cuaternarios de gravas y arenas.** Por debajo de las profundidades indicadas de unos 2 m aparece en el sondeo S-1 este nivel de gravas y arenas. En el sondeo S-2 aparecen bajo el hormigón a 2,2 m. A esta misma profundidad estarían en la zona del ensayo P-1, a la cual se aprecia un claro contraste y aumento en los golpes  $N_{60}$  que se sitúan en 8-10 golpes. Estos depósitos granulares se extienden al menos hasta los 6 m de profundidad de los sondeos, pero los resultados del ensayo P-1 parecen indicar que lo hacen hasta los 10-11 m de profundidad. Son mezclas de gravas y arenas en proporciones algo variables según zonas, con alguna pequeña

interacción decimétrica limocarcillosa. Presentan una compactación media-baja por encima del nivel freático ( $N_{60}$  de 15 y  $N_{60}$  entre 8-10), disminuyendo claramente a compactación baja a muy baja por debajo del nivel freático ( $N_{60}$  de 12, 9 y 5 y  $N_{60}$  en general entre 2-4).

- **Sustrato terciario yesífero.** A partir de la profundidad de 10-11 m el claro aumento de la compactación del terreno nos indica la presencia del sustrato terciario. Además el rápido rechazo parece indicar la presencia de niveles rocosos de yeso.

Dejando al margen los suelos arenocarcillosos superficiales alterados detectados en el sondeo S-1 y los rellenos detectados en el S-2, que por su malo y heterogéneo comportamiento geotécnico no se ha considerado de interés ensayar, los ensayos de laboratorio se han centrado en identificar geotécnicamente el nivel de gravas y arenas, que es el de mayor implicación geotécnica para las obras previstas.

Los análisis granulométricos indican para este nivel granular porcentajes variables pero similares de gravas y arenas, con mínimos contenidos de finos limocarcillosos, resultando en general materiales no plásticos. Tan sólo una muestra con algo mayor contenido de finos limocarcillosos (9,3%) resultó con una plasticidad baja, con límite líquido de 36,6 e índice de plasticidad de 19,1. Prácticamente no contienen materia orgánica y los contenidos de sulfatos solubles son también muy escasos (inferiores a 0,05%), sin problemas de agresividad a los hormigones según los criterios de la EHE-08.

Como ya se ha indicado, se aprecia una clara disminución de la compactación de este nivel de gravas y arenas por debajo del nivel freático, lo que determina un distinto comportamiento geotécnico, que podemos traducir en distintos parámetros de resistencia al corte. Para todo el nivel debemos considerar una cohesión nula, con valores del ángulo de rozamiento interno efectivos ( $\phi'$ ) variables. A partir de las correlaciones habituales con el ensayo SPT (ver por ejemplo Anejo D del documento SE-C del C.T.E.), podemos considerar  $\phi' = 32^\circ$  por encima del nivel freático y  $\phi' = 28^\circ$  por debajo. Por otra parte, por encima del nivel freático puede considerarse una densidad aparente de 2,0 g/cm<sup>3</sup> y por debajo una densidad sumergida de 1,0 g/cm<sup>3</sup>.

### 6.2.- Aguas freáticas

Las comprobaciones realizadas en los sondeos indican que en el sondeo S-1 el nivel de agua estable está a 3,5 m de profundidad. En el sondeo S-2 el agua se estabilizó a 3,1 m. Considerando estos resultados y las cotas de boca de ambos sondeos, se puede concluir que el nivel freático en la zona se encuentra en la cota 543,5.

Los resultados del análisis en laboratorio de una muestra de agua indican que presenta un riesgo de "ataque irredio" al hormigón (ambiente Cb) por su importante contenido en sulfatos, según los criterios de la EHE-08.

## 7.- CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS

### 7.1.- Excavaciones

De acuerdo con la información facilitada, los nuevos canales previstos se conforman con varios muros paralelos sobre una losa cuya cara superior estará a la misma cota que la del canal actual, que está en torno a la cota 544,65. Esto supone excavaciones estimadas para la ejecución de las obras hasta el erlorno de la cota 544, es decir unos 2,5-3 m respecto al aparcamiento actual.

Estas excavaciones afectarían al nivel superficial arenocascaloso alterado y a los rellenos artificiales y restos de antiguas instalaciones, que aparecen hasta unos 2 m de profundidad, así como a la zona superficial de gravas y arenas situada por encima del nivel freático.

En estas condiciones, las características del terreno no suponen condicionantes significativos para la ejecución de las excavaciones, que podrán realizarse en general con medios mecánicos convencionales, si bien será necesario además prever los medios adecuados para la demolición de restos de estructuras soterradas, detectadas en el sondeo S-2.

Al no existir edificaciones próximas, se considera posible la ejecución de las excavaciones ataluzadas. Considerando la disposición de los diferentes niveles de suelos superficiales y su deficiente comportamiento geotécnico, para evitar problemas de inestabilidad de los taludes, aunque sean de pequeña altura, se recomiendan para ellos pendientes no superiores a 1:1 (H:V). En la zona de gravas y arenas, dada su falta de cohesión, la pendiente estable será aún menor, en torno a 3:2.

Con las excavaciones consideradas, todavía quedaría un resguardo de 0,5 m sobre el nivel freático detectado. No debería haber problemas por presencia de agua en las excavaciones, salvo épocas muy lluviosas con caudales grandes en el río que pudieran elevar localmente el nivel freático.

Para el diseño de los muros laterales que soporten empujes del terreno, el cálculo de empujes deberá hacerse con parámetros geotécnicos acordes a las características que se prevean para el relleno de trasdós. En este sentido, las gravas y arenas procedentes de la

excavación (que cumplen los criterios de "suelos seleccionados" según el PG-3) pueden considerarse aptas para dichos rellenos compactados. Suponiendo que el relleno del trasdós se realiza con estos materiales o similares compactados, pueden considerarse los siguientes parámetros:

Cohesión efectiva (Kp/cm <sup>2</sup> )	0,05
Ángulo de roz. interno efectivo (°)	34
Peso específico aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,0

### 7.2.- Cimentaciones

Con las excavaciones indicadas y quedando la rasante de la excavación sobre el nivel de gravas y arenas y ligeramente por encima del nivel freático, pueden considerarse factibles cimentaciones directas sobre estos suelos.

Para el diseño de cimentaciones directas sobre suelos granulares, la presión admisible para su diseño viene condicionada más que por su resistencia por la necesaria limitación de asentamientos. Esta presión admisible puede obtenerse, de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación (DB SE-C, apartado 4.3.3), con las siguientes expresiones:

$$q_{adm} = 12 N_{SPT} \left( 1 + \frac{D}{3B} \right) \left( \frac{S_r}{25} \right) \quad \text{para } B < 1,20 \text{ m}$$

$$q_{adm} = 8 N_{SPT} \left( 1 + \frac{D}{3B} \right) \left( \frac{S_r}{25} \right) \left( \frac{B + 0,3}{B} \right)^2 \quad \text{para } B \geq 1,20 \text{ m}$$

siendo "q" la presión admisible en kN/m<sup>2</sup>, "N<sub>SPT</sub>" el valor medio del parámetro N<sub>60</sub> del ensayo SPT en la zona de afección de la cimentación, "D" la profundidad de empotramiento de la cimentación en el terreno en metros, "S<sub>r</sub>" el asiento total admisible en milímetros y "B" el ancho de la zapata en metros. El valor de D/3B no puede tomarse mayor de 0,3.

Teniendo en cuenta los resultados de los ensayos "in situ" (SPT y DPSH), podemos considerar para la zona afectada por las cimentaciones (influiría de forma muy importante la zona sumergida) un valor medio de N<sub>SPT</sub>=6. Despreciando el pequeño efecto del empotramiento en el terreno, con un asiento admisible habitual de 25 mm (1 puigada) y suponiendo zapatas de hasta 1,5 m de lado, se obtendría una presión admisible q<sub>adm</sub> = 69 kN/m<sup>2</sup> (0,7 kp/cm<sup>2</sup>).







Dadas las características de la obra, es de esperar que las cimentaciones se realicen mediante zapatas corridas o losas, por lo que para garantizar asientos admisibles del conjunto las presiones medias de trabajo deben ser inferiores, recomendándose una presión de  $0,5 \text{ kp/cm}^2$ , pudiendo tomarse el valor anterior de  $0,7 \text{ kp/cm}^2$  como el admisible para las presiones máximas en zonas locales.

En realidad, las excavaciones previas del terreno suponen una descarga que es del mismo orden de magnitud que las presiones medias que pueda transmitir la estructura, por lo que los asientos medios no serán importantes, si bien debe cuidarse que no se produzcan asientos diferenciales significativos entre zonas. En este sentido para el análisis de la interacción terreno-estructura y la distribución de asientos es habitual utilizar el modelo del coeficiente de balasto, basado en el parámetro  $K_{30}$  correspondiente a ensayos de placa de  $30 \times 30 \text{ cm}$ . Este es un valor de referencia que, salvo que puedan hacerse ensayos de carga con placa, suele tomarse de tablas. Por otra parte hay que señalar que variaciones importantes en el valor de este parámetro introducen sólo pequeñas variaciones en el diseño final de las cimentaciones. En nuestro caso, a partir de las características de las gravas y arenas detectadas se puede considerar  $K_{30} = 4 \text{ kp/cm}^3$  ( $40 \text{ MN/m}^3$ ).

Finalmente hay que señalar que el agua detectada presenta problemas de agresividad a los hormigones, con un grado de agresividad medio (ambiente Qb) de acuerdo con los criterios de la Instrucción EHE-08. Por tanto será necesario tomar las medidas oportunas, en particular el empleo de cementos sulforresistentes, en los hormigones que puedan llegar a estar en contacto con el agua.

Este informe consta de quince páginas numeradas y selladas y cinco anejos de 2, 4, 5, 2, y 15 páginas respectivamente.

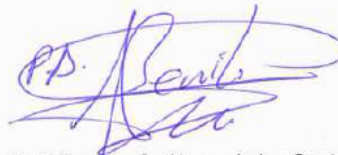
Madrid, septiembre de 2015

JEFE DEL DEPARTAMENTO  
DE GEOTECNIA



José C. de Castro Gutiérrez  
Ingeniero de Caminos

VºBº  
DIRECTOR GENERAL



Valentín Trijueque Gutiérrez de los Santos  
Ingeniero Técnico de Obras Públicas





### 6.1.6. BASE DE DATOS GEOTÉCNICA DE MADRID.- GEOMADRID

Como ya se ha citado en puntos previos, y se ha mostrado los datos gráficos que ofrece esta Base de Datos Geotécnica de Madrid (GEOMADRID) hay que decir que compila una gran cantidad de datos referente a ensayos sobre el terreno, como sondeos, catas, penetrómetros DPSH y sobre todo tipo Borros, etc.

Todos los reconocimientos disponibles en esta base de datos, referentes a las tres ERAR, sus parcelas de implantación y todos los presentes en sectores colindantes se han recopilado, representado en planos, estudiado y reinterpretado en muchos casos, por lo que han ofrecido una valiosa información de todas las parcelas de interés, tanto para esta fase previa, como para fases posteriores del Estudio.

Con los sondeos, se están estudiando todas las columnas litológicas, asignando cada nivel descrito y muestreado a la columna geotécnica tipo adoptada para este estudio, y se están situando en planos de detalle de las tres ERAR cada sondeo para poder realizar perfiles geológicos geotécnicos de detalle.

Esta caracterización de niveles geológico-geotécnicos se amplía y correlaciona con datos de ensayos in situ de resistencia realizados y compilados en GEOMADRID, básicamente penetrómetros tipo Borros, que previamente han sido analizados y recalculados en términos de capacidad portante del terreno para cimentación de estructuras.

Como datos básicos, esta Base GEOMADRID aporta una situación por coordenadas y planos de todos los ensayos que comprende, de modo que ya sea en un cuadrante de coordenadas o en el plano llave de situación de los citados ensayos, se pueden seleccionar éstos.

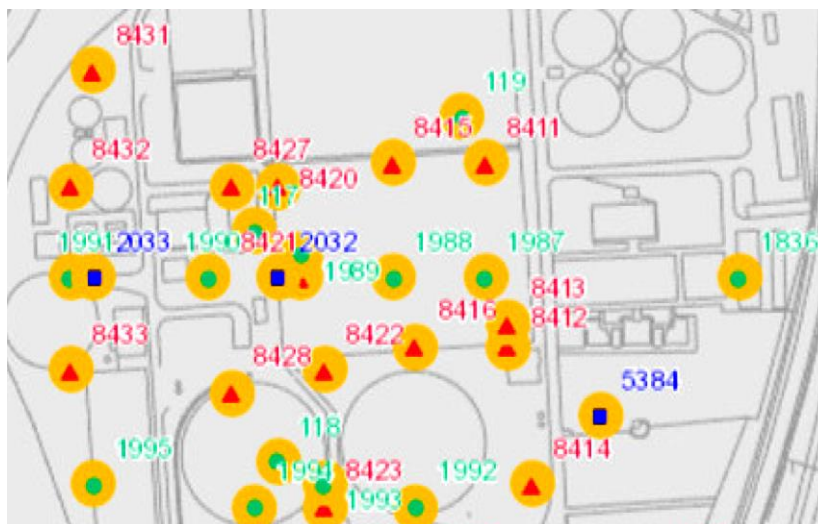
Con su nomenclatura y denominación que ofrece la Base para los mismos, se puede entonces consultar en fichas tabuladas los parámetros y datos geotécnicos del terreno obtenidos.

Se trata básicamente de datos de sondeos, calicatas y penetrómetros (la mayoría de éstos dinámicos tipo Borros) de los que se obtiene la columna litológica, con descripción

de los materiales atravesados en cada ensayo, y de los datos de penetración dinámica obtenidos en diferentes cotas del terreno a una profundidad concreta, con los que se correlaciona.

No se ofrece el registro completo de estos penetrómetros en los pertinentes escalones de golpeo / 20 cm., pero se pueden asimilar tramos cortos de golpeo similar a lo largo de toda la columna, de modo que se agrupan tramos de igual golpeo con distintas profundidades de ensayo, pudiéndose obtener una columna algo menos detallada pero válida en cuanto a la distribución clara de cada uno de los niveles de resistencia distinta definibles.

Como ejemplo de la información disponible, se muestra un pequeño sector de la ERAR de La China, en el que se muestra el plano con todos los reconocimientos geotécnicos situados en la parcela, en verde sondeos, en rojo penetrómetros dinámicos y en azul calicatas. De todos y cada uno de ellos se dispone de fichas individualizadas, con los datos completos del ensayo por cotas y los parámetros principales obtenidos. Se presenta el registro correspondiente al Sondeo N°-1836, el situado más al Este en el plano siguiente





PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

INFORMACIÓN GENERAL						
Número	CoordX	CoordY	CoordZ	Hoja Plano	Año Realización	Tipo
1836	442,46	4.468,67	564,6	559-3-4	1980	SONDEO
Título Estudio			Observaciones			
DEPURADORA "LA CHINA"						
Realizado			Propiedad			
Rodio, Cimentaciones Especiales.			Ayuntamiento de Madrid.			
Localización			Recopilador			
Ayuntamiento de Madrid.			Mercedes Echegaray Giménez.			

DESCRIPCIÓN DEL TERRENO						
Prof. (m)	Niv. Agua. (m)	Diam. (mm)	GR	Naturaleza	Color	Observaciones
						Tamaño
						Compacidad
0,5	76	11		Suelos orgánicos (Cuaternario).		
				TV	Suelo o tierra vegetal	- Sin datos
				--	Sin datos	- Sin datos
4,0	76	12		Arcillas y Margas del Cuaternario.		
				AC(ILI*AR)	Arcilla con intercalaciones de limo con mezcla de Arena	- Sin datos
				PF	Marrón obscuro	- Sin datos
4,7	3,5	76	13	Arcillas, limos y Arenas del Cuaternario.		
				AR(ILI*AC)	Arena con intercalaciones de limo con mezcla de Arcilla	F De grano fino
				PI	Marrón	- Sin datos
5,5	3,5	76	14	Arenas, gravillas y gravas del Cuaternario.		
				AR(IGR)	Arena con intercalaciones de grava	M De grano medio
				GI	Gris	- Sin datos
6,2	3,5	38	29	Arcillas con intercalaciones de niveles de Yeso.		
				AC.YE	Arcilla y Yeso	- Sin datos
				GV	Gris verdoso	- Sin datos
10,6	3,5	38	31	Yesos masivos o Yesos con Arcillas y Carbonatos.		
				YE.AC	Yeso y Arcilla	- Sin datos
				--	Sin datos	- Sin datos

GLANULOMETRÍA ATTERBERG										
Prof. (m)	Diam 10%	Diam 30%	Diam 60%	Tamiz 200(%)	Inf.2n(%)	L.L.	I.P.	I.R.	C.Casag.	Observaciones
1,9			60.0	14.0	39	22			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja.
3,3			68.0	12.0	45	29			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja.
4,8			18.0		31	20			SC	Arena arcillosa.
6,2			88.0		61	33			CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada.

ENSAYO ENDOMÉTRICO								
Prof. (m)	Tip. Mue.	Diam. (mm)	I. Comp	I. Esp.	Md. End. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Intervalo Carga	Pres. Precons. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Observaciones
3,3	Inalterada	53	0.174	0.024	75.4	0.1 - 8.0		



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

DATOS CLASIFICACIONES			
Prof. (m)	H.R.B.	GR	Observaciones
1,9		12	Arcillas y Margas del Cuaternario.
3,3		12	Arcillas y Margas del Cuaternario.
4,8		14	Arenas, gravillas y gravas del Cuaternario.
6,2		29	Arcillas con intercalaciones de niveles de Yeso.
7,5		31	Yesos masivos o Yesos con Arcillas y Carbonatos.
9,0		31	Yesos masivos o Yesos con Arcillas y Carbonatos.
10,5		31	Yesos masivos o Yesos con Arcillas y Carbonatos.

PROPIEDADES ELEMENTALES						
Prof. (m)	Tip. Mue.	Diam. (mm)	Humed. (%)	Densid. Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Peso Espec. (gr/cm <sup>3</sup> )	EA. Observaciones
1,9	Inalterada	55	21.0	1.53		
3,3	Inalterada	55	24.0	1.55	2.64	
4,8	Inalterada	55	27.0	1.6		
6,2	Inalterada	28	20.0	1.61		

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE						
Prof. (m)	Tip. Mue.	Diam. (mm)	Carga Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Altura (mm)	Deform (%)	Observaciones
3,3	Inalterada	56	0.72			
6,2	Inalterada	28	3.02			

ENSAYO DE PENETRACIÓN								
Prof. (m)	S.P.T.	Borros	Tip. Ens.	Altura (cm)	Maza (Kg)	Penet. (cm)	Golpes	Observaciones
1,9	-	-	Dinamico	76	64	20	5 N	Otros: Hince del tomanuestras.
3,3	-	-	Dinamico	76	64	20	7 N	Otros: Hince del tomanuestras.
4,8	-	-	Dinamico	76	64	20	13 N	Otros: Hince del tomanuestras.
6,2	-	-	Dinamico	76	64	20	50 N	Otros: Hince del tomanuestras.
7,5	70 N	-					-	Otros: Hince del tomanuestras.
9,0	70 N	-					-	Otros: Hince del tomanuestras.
10,5	70 N	-					-	Otros: Hince del tomanuestras.

COMPOSICIÓN QUÍMICA						
Prof. (m)	CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	Mat. Org.	SiO <sub>2</sub>	Mg	Otros Elem. Quims.
6,2	-	3.3	-	-	-	-

CONTENIDO MINERAL									
Prof. (m)	Yeso	ClNa	Carb.	Bent.	Mica	Mont.	Dolo.	Otros Min.	Observaciones
1,9	-	-	X	-	-	-	-		
3,3	X	-	X	-	-	-	-		
6,2	X	-	-	-	-	-	-		
7,5	X	-	-	-	-	-	-		
9,0	X	-	-	-	-	-	-		
10,5	X	-	-	-	-	-	-		



En el caso de sondeos, se dispone de datos de Nspt, datos de los ensayos de laboratorio de las muestras alteradas e inalteradas obtenidas, análisis químicos de contenidos en sales del material o agua, columna litológica, etc.

En el caso de calicatas la descripción litológica y geotécnica de los materiales atravesados,.

En cuanto a penetrómetros, se han recopilado todos y cada uno de los registros de golpeo y penetración de los ensayos tipo Borros que esta Base de Datos GEOMADRID ofrece y muestra situados en las parcelas de las tres ERAR, o sus inmediaciones, al igual que cualquier otro ensayo disponible fuera de esta Base de Datos; todos han sido han sido reinterpretados y recalculados.

Se ha asignado a la simple columna de golpes / 20 cm. que proporciona el ensayo, todos los parámetros geotécnicos que este reconocimiento es capaz de aportar, y que anteriormente no se tenían.

ENSAYO DE PENETRACIÓN								
Prof. (m)	S.P.T.	Borros	Tip. Ens.	Altura (cm)	Maza (Kg)	Penet. (cm)	Golpes	Observaciones
0,8	-	37 N					-	
1,0	-	17 N					-	
2,0	-	6 N					-	
3,0	-	13 N					-	
3,2	-	6 N					-	
4,4	-	4 N					-	
5,2	-	14 N					-	
6,0	-	18 N					-	
6,8	-	8 N					-	
7,6	-	23 N					-	
8,2	-	8 N					-	
9,2	-	15 N					-	
10,8	-	5 N					-	
11,0	-	R					-	

**Modelo de Datos de penetrómetro tipo Borros aportado por la Base de Datos Geotécnica GEOMADRID; en este caso el nº-8405 de la ERAR de La China**



Para ello, se calcula a cada cota con el golpeo del Borros la resistencia dinámica (Rd) con la denominada “Fórmula de los Holandeses”, se le aplica la aproximación a capacidad portante (C.P.-F.S.-1), y posteriormente la corrección a C.P.-F.S.-3.

Con dicha Rd se calcula la resistencia en punta (Rp), y con ésta el N<sub>spt</sub> equivalente al valor del N<sub>Borros</sub>. Igualmente se aproxima un Módulo de def. (E), y una Resistencia al corte sin drenaje o Cu, en el caso de suelos cohesivos.

Por último, con el N<sub>spt</sub> obtenido equivalente al valor del N<sub>Borros</sub> se aproxima un valor de capacidad portante, o carga admisible con las formulación de Terzaghi para suelos granulares y/o cohesivos, comparándola con la carga neta que ejercerán los elementos posiblemente proyectados. Todo ello se presenta en próximos puntos.

$$R_d = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot e(M + n \cdot P)}$$

ESTIMACIÓN CAPACIDAD PORTANTE	
Rd / 20 (Kp/cm <sup>2</sup> )	F.S.- 3 Rd / 60 (Kp/cm <sup>2</sup> )

$$N_{SPT} = \frac{R_p}{\mu}$$

Terzaghi granular a partir N<sub>SPT</sub> :

B ≤ 1.3 m :  $q_a = \frac{R_p}{8 \cdot \mu}$

B > 1.3 m :  $q_a = R_p \cdot \left(1 + \frac{1}{3.3 \cdot B}\right)^2 \cdot \frac{1}{12 \cdot \mu}$

Asientos máximos admisibles para estas fórmulas : 2.54 cm

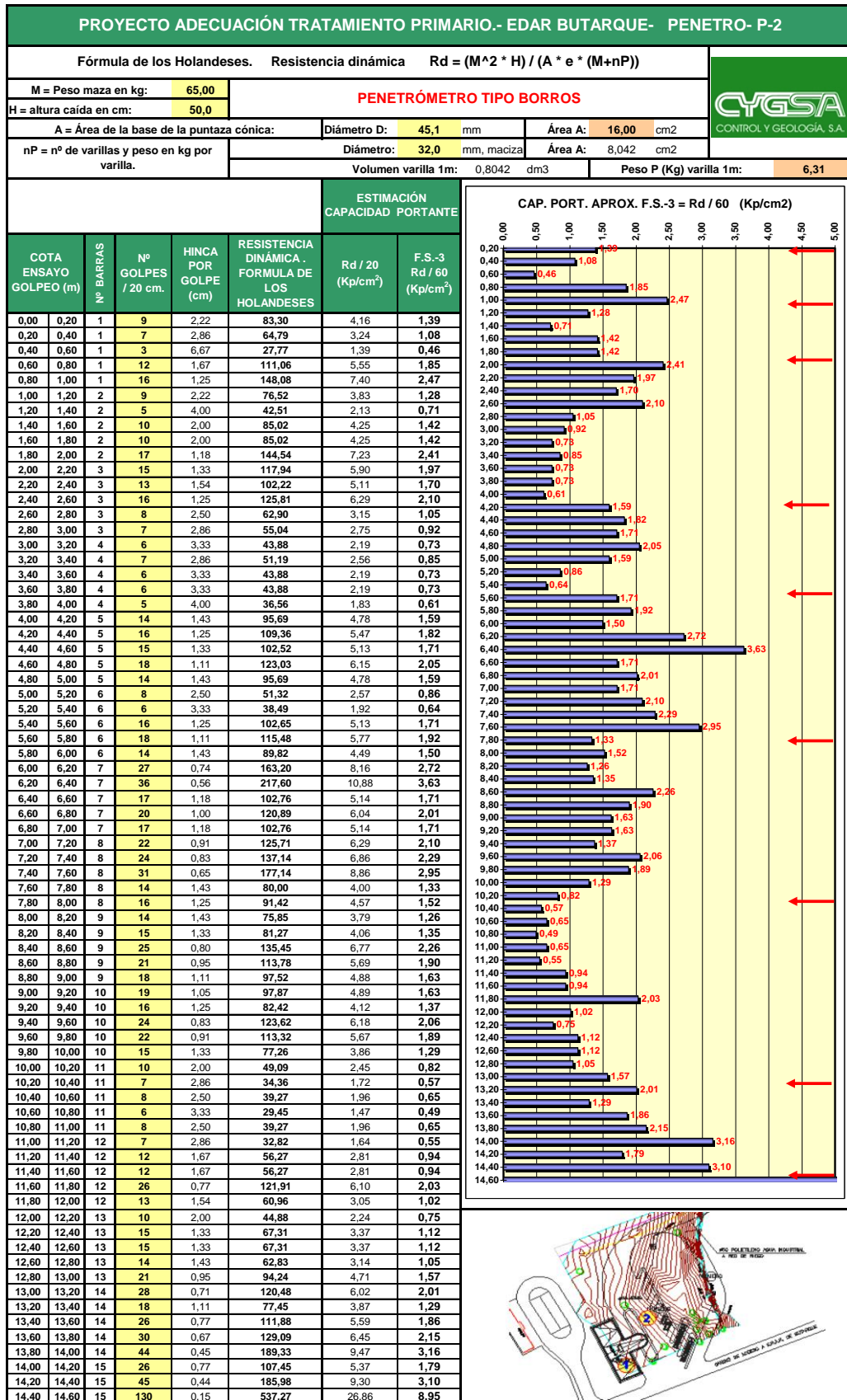
Terzaghi con factor de forma, cohesivos :

$$q_{adm} = \frac{5.14 \cdot \left(1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}\right) \cdot C_u}{F} + \gamma_h \cdot D$$

Esfuerzo vertical  $\sigma_z$  a profundidad z :

$$\sigma_{z \text{ media}} = \frac{q_0 \cdot B \cdot L}{(B + z \cdot \text{tag } \alpha) \cdot (L + z \cdot \text{tag } \alpha)}$$

En los dos cuadros siguientes se muestra un ejemplo concreto de el tratamiento que se le han dado a todos los datos de ensayos de penetración antecedentes disponibles, tanto de la Base de Datos de GEOMADRID, como de cualquier otra fuente.

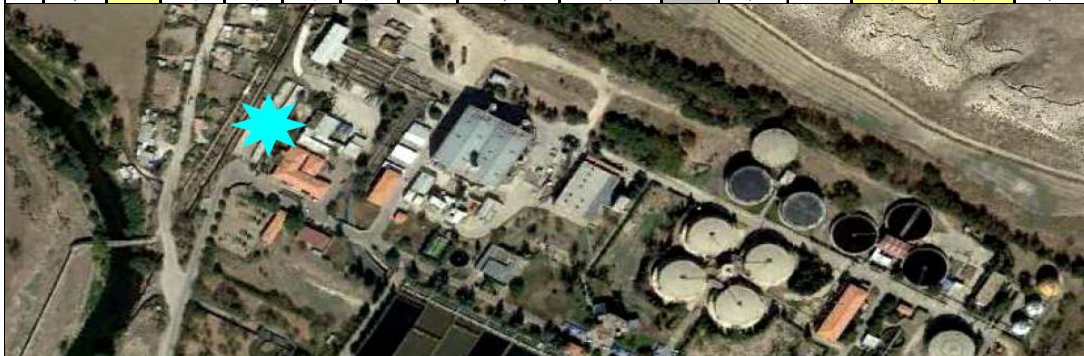






PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

PRETRAT. EDAR SUR: PENETRO P-1 INTEINCO-APARCAMIENTO										Datos para suelos cohesivos:									
PENETROMETRO TIPO D.P.S.H.										Densidad del terreno (γ):	1,80	gr/cm <sup>3</sup>	0,0018	kg/cm <sup>3</sup>					
Carga admisible (módulo de Deform. y Cohesión) a partir del Ensayo de Penetración Dinámica Características de la máquina de ensayo Peso maza (M): 63,5 kg Altura caída maza (H): 75 cm Sección punta (A): 20 cm <sup>2</sup> Peso de una barra (P): 6,31 kg										Terzaghi granular a partir N <sub>SPT</sub> : $B \leq 1.3m : q_a = \frac{R_p}{8 \cdot \mu}$ $B > 1.3m : q_a = R_p \cdot \left(1 + \frac{1}{3.3 \cdot B}\right)^2 \cdot \frac{1}{12 \cdot \mu}$ Asientos máximos admisibles para estas fórmulas : 2.54 cm $N_{SPT} = \frac{R_p}{\mu}$					Profundidad ciment. (D):	6,00	m	600	cm
$R_d = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot e(M + n \cdot P)}$										Ancho de la zapata (B):	40,00	m	4000	cm					
$N_{SPT} = \frac{R_p}{\mu}$										Largo de la zapata (L):	40,00	m	4000	cm					
$R_d = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot e(M + n \cdot P)}$										Factor seguridad (F):	3								
$R_d = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot e(M + n \cdot P)}$										Esfuerzo vertical σ <sub>z</sub> a profundidad z : $\sigma_{z\ media} = \frac{q_0 \cdot B \cdot L}{(B + z \cdot \text{tag} \alpha) \cdot (L + z \cdot \text{tag} \alpha)}$									
$R_d = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot e(M + n \cdot P)}$										Terzaghi con factor de forma, cohesivos : $q_{adm} = \frac{5.14 \cdot \left(1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}\right) \cdot C_u}{F} + \gamma_h \cdot D$									
$R_d = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot e(M + n \cdot P)}$										Carga admisible (q <sub>adm</sub> ):	0,74	kg/cm <sup>2</sup>	Otra metod.						
$R_d = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot e(M + n \cdot P)}$										Angulo α (°):	30		Valor μ						
Barra (n)	Prof. golpeo (m)	N D.P.S.H. (N <sub>20</sub> )	Rd (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	N <sub>SPT</sub>	Carga admisible (kg/cm <sup>2</sup> ) (1)	Carga admisible (kg/cm <sup>2</sup> ) (2)	Cota cero:	Profund. final:	Fórmula a tener en cuenta:	Carga transmitida según ángulo (kg/cm <sup>2</sup> )	Carga admisible usada (kg/cm <sup>2</sup> )	Carga admisible (kg/cm <sup>2</sup> )				
1	0,00	8,02	56,00	33,60	67,20	0,56	10	0,81	2,24			1,00	0,74		0,93				
1	0,20	1	10,83	6,50	13,00	0,11	2	0,16	1,30						0,18				
1	0,40	1	10,83	6,50	13,00	0,11	2	0,16	1,30						0,18				
1	0,60	15	162,45	97,47	194,94	1,63	28	2,36	4,43						2,71				
1	0,80	9	97,47	58,48	116,96	0,98	17	1,41	3,09						1,62				
1	1,00	5	54,15	32,49	64,98	0,54	9	0,79	2,20						0,90				
2	1,20	4	39,73	23,84	47,68	0,40	7	0,58	1,90						0,66				
2	1,40	3	29,80	17,88	35,76	0,30	5	0,43	1,70						0,50				
2	1,60	3	29,80	17,88	35,76	0,30	5	0,43	1,70						0,50				
2	1,80	3	29,80	17,88	35,76	0,30	5	0,43	1,70						0,50				
2	2,00	4	39,73	23,84	47,68	0,40	7	0,58	1,90						0,66				
3	2,20	4	36,69	22,01	44,03	0,37	6	0,53	1,84						0,61				
3	2,40	10	91,72	55,03	110,06	0,92	16	1,33	2,97						1,53				
3	2,60	9	82,55	49,53	99,06	0,83	14	1,20	2,78						1,38				
3	2,80	8	73,38	44,03	88,05	0,74	13	1,06	2,60						1,22				
3	3,00	9	82,55	49,53	99,06	0,83	14	1,20	2,78						1,38				
4	3,20	9	76,68	46,01	92,01	0,77	13	1,11	2,66						1,28				
4	3,40	1	8,52	5,11	10,22	0,09	1	0,12	1,26						0,14				
4	3,60	2	17,04	10,22	20,45	0,17	3	0,25	1,43						0,28				
4	3,80	3	25,56	15,34	30,67	0,26	4	0,37	1,61						0,43				
4	4,00	4	34,08	20,45	40,90	0,34	6	0,49	1,78						0,57				
5	4,20	3	23,86	14,32	28,64	0,24	4	0,35	1,57						0,40				
5	4,40	3	23,86	14,32	28,64	0,24	4	0,35	1,57						0,40				
5	4,60	4	31,82	19,09	38,18	0,32	5	0,46	1,74						0,53				
5	4,80	4	31,82	19,09	38,18	0,32	5	0,46	1,74						0,53				
5	5,00	3	23,86	14,32	28,64	0,24	4	0,35	1,57						0,40				
6	5,20	3	22,38	13,43	26,85	0,22	4	0,32	1,54						0,37				
6	5,40	2	14,92	8,95	17,90	0,15	3	0,22	1,39		0,20	NO	0,74	0,32	0,25				
6	5,60	2	14,92	8,95	17,90	0,15	3	0,22	1,39		0,40	NO	0,73	0,22	0,25				
6	5,80	4	29,84	17,90	35,80	0,30	5	0,43	1,70		0,60	NO	0,73	0,22	0,25				
6	6,00	3	22,38	13,43	26,85	0,22	4	0,32	1,54		0,80	NO	0,72	0,43	0,50				
7	6,20	3	21,07	12,64	25,28	0,21	4	0,31	1,52		1,00	NO	0,72	0,32	0,37				
7	6,40	4	28,09	16,85	33,71	0,28	5	0,41	1,66		1,20	NO	0,72	0,31	0,35				
7	6,60	3	21,07	12,64	25,28	0,21	4	0,31	1,52		1,40	NO	0,71	0,41	0,47				
7	6,80	9	63,20	37,92	75,84	0,63	11	0,92	2,39		1,60	NO	0,71	0,31	0,35				
7	7,00	10	70,22	42,13	84,26	0,71	12	1,02	2,53		1,80		0,70	0,92	1,05				
8	7,20	6	39,80	23,88	47,76	0,40	7	0,58	1,90		2,00		0,70	1,02	1,17				
8	7,40	3	19,90	11,94	23,88	0,20	3	0,29	1,49		2,20	NO	0,70	0,58	0,66				
8	7,60	2	13,27	7,96	15,92	0,13	2	0,19	1,35		2,40	NO	0,69	0,29	0,33				
8	7,80	3	19,90	11,94	23,88	0,20	3	0,29	1,49		2,60	NO	0,69	0,19	0,22				
8	8,00	4	26,53	15,92	31,84	0,27	5	0,38	1,63		2,80	NO	0,68	0,29	0,33				
9	8,20	5	31,43	18,86	37,71	0,32	5	0,46	1,73		3,00	NO	0,68	0,38	0,44				
9	8,40	4	25,14	15,08	30,17	0,25	4	0,36	1,60		3,20	NO	0,68	0,46	0,52				
9	8,60	5	31,43	18,86	37,71	0,32	5	0,46	1,73		3,40	NO	0,67	0,36	0,42				
9	8,80	3	18,86	11,31	22,63	0,19	3	0,27	1,47		3,60	NO	0,67	0,46	0,52				
9	9,00	4	25,14	15,08	30,17	0,25	4	0,36	1,60		3,80	NO	0,67	0,27	0,31				
10	9,20	3	17,92	10,75	21,50	0,18	3	0,26	1,45		4,00	NO	0,66	0,36	0,42				
10	9,40	2	11,94	7,17	14,33	0,12	2	0,17	1,33		4,20	NO	0,66	0,26	0,30				
10	9,60	3	17,92	10,75	21,50	0,18	3	0,26	1,45		4,40	NO	0,65	0,17	0,20				
10	9,80	17	101,52	60,91	121,83	1,02	17	1,47	3,18		4,60	NO	0,65	0,26	0,30				
10	10,00	28	167,21	100,33	200,66	1,68	29	2,43	4,53		4,80		0,65	1,47	1,69				
11	10,20	9	51,20	30,72	61,43	0,51	9	0,74	2,14		5,00		0,64	2,43	2,79				
11	10,40	10	56,88	34,13	68,26	0,57	10	0,82	2,25		5,20		0,64	0,74	0,85				
11	10,60	21	119,46	71,67	143,35	1,20	20	1,73	3,55		5,40		0,64	0,82	0,95				
11	10,80	42	238,91	143,35	286,70	2,40	41	3,46	6,01		5,60		0,63	1,73	1,99				
11	11,00	100	568,84	341,30	682,61	5,71	98	8,25	12,83		5,80		0,63	3,46	3,98				
											6,00		0,63	8,25	9,48				

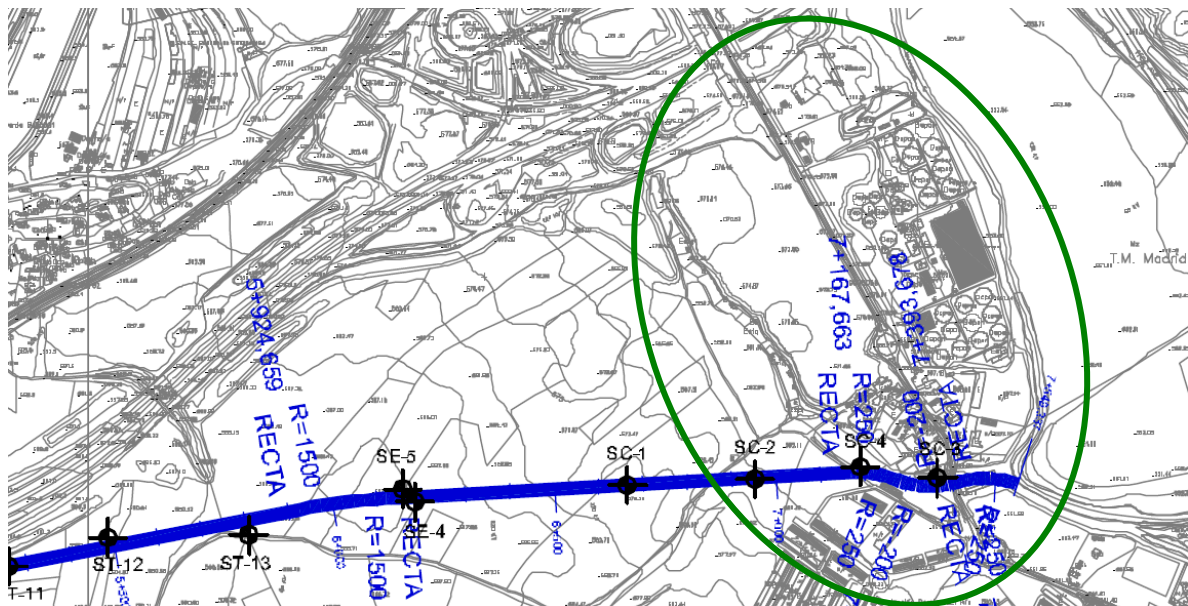


### 6.1.7. campaña geotécnica DEL PROYECTO DE ENCAUZAMIENTO DEL arroyo butarque.- COLECTOR BUTARQUE III

Este proyecto contemplaba la ejecución de una serie de obras para encauzar el arroyo Butarque mediante una colector que discurría parcialmente en túnel.

El trazado de esta infraestructura en proyecto finalizaba en el sector comprendido entre las ERAR de Butarque y la ERAR SUR, ya que terminaba desaguando en el río Manzanares, en su margen derecha en un tramo del cauce comprendido entre dichas dos ERAR.

La información disponible de los terrenos afectados por dicha obra es ingente, y toda es aprovechable en el presente Estudio, por lo que los datos obtenidos y analizados del citado Proyecto serán aplicables y utilizables en el presente estudio de Fase-I y en siguientes.



**Trazado Colector Butarque III junto a la ERAR Butarque, en el sector entre ésta y la ERAR Sur**

Los trabajos incluidos en la campaña geotécnica de este Proyecto de encauzamiento del Arroyo Butarque (Colector Butarque III) se planificaron de manera que se pudiera confeccionar, a partir de ellos, un perfil geológico-geotécnico ajustado a la realidad a lo largo del trazado y en la localización de los elementos singulares de la obra, considerando adicionalmente la información aportada por los estudios geotécnicos antecedentes.



Dicha campaña incluye sondeos mecánicos con recuperación continua de testigo, calicatas mecánicas, penetrómetros dinámicos y una serie de ensayos mediante sísmica de refracción (tomografía sísmica).

Adicionalmente, se realizaron ensayos “in situ” en el interior de los sondeos y se tomaron una serie de testigos parafinados para su ensayo en laboratorio.

La distribución de todos los reconocimientos en planta se adjunta en los planos 3 y 4.

### ➤ **CAMPAÑA DE SONDEOS Y ENSAYOS EN INTERIOR DE PERFORACIONES**

Para el estudio de los materiales donde se localizaba el encauzamiento del arroyo Butarque, se ha realizado una amplia campaña de campo compuesta por un total de 35 sondeos ejecutados a rotación con recuperación continua de testigo.

La nomenclatura seguida para la denominación de los sondeos se correspondía con el elemento del trazado que se pretende definir con la información aportada por ellos, así:

- SB fueron los sondeos destinados al estudio de la balsa de decantación. Su profundidad se proyectó el doble de la altura de la balsa.
- SE fueron los sondeos destinados al estudio de los emboquilles de los sondeos y al estudio del cruce del encauzamiento con la A-42, zona en la que el recubrimiento es menor. Su profundidad fue la necesaria para atravesar con holgura las cotas de clave y solera del túnel.
- ST son los sondeos destinados al estudio del trazado en túnel. Su profundidad es tal que se conozcan los materiales infrayacentes al túnel hasta un diámetro y medio bajo la solera del mismo.
- SC son los sondeos destinados al estudio del encauzamiento en falso túnel con morfología de canal. Son los menos profundos, y su longitud se estableció de manera que se atravesaran los materiales de apoyo del canal.
- SP son los sondeos destinados al estudio de las zonas donde se localizan los pozos de ventilación. Como se puede ver en el trazado en planta, muchos de los pozos proyectados cuentan con la información aportada por sondeos ST, no existiendo por tanto un sondeo SP por cada pozo proyectado.



- SET son los sondeos destinados al estudio de las zonas de emplazamiento de los estanques de tormentas de regulación de la cuenca. Su profundidad es la suficiente para conocer las características de cimentación de las balsas. Por otro lado, estos sondeos permiten estudiar la secuencia típica de los suelos de Madrid (arena de miga, tosco, peñuela, unidad yesífera) a lo largo del curso del arroyo Butarque.

En el interior de los sondeos se realizaron dos tipos de ensayos “in situ”, por un lado ensayos de penetración estándar (**SPT**) y, por otro, ensayos presiométricos. El objetivo fue conocer las características resistentes y deformacionales de los materiales ensayados. A continuación se describe con detalle cada uno de los ensayos “in situ” realizados.

**El Ensayo de Penetración Estándar (SPT)**, consiste en la toma de muestras del subsuelo, mediante la penetración por golpeo de un tubo hueco estandarizado de 45 cm de longitud. Para la realización del ensayo se emplea un dispositivo hidráulico, automático, que permite la caída de una maza de 63,5 kg de peso, con una altura de caída de 75 cm y cadencia normalizada. Esta hincas se realiza en tres tandas sucesivas de 15 cm cada una, anotándose el número de golpes preciso para lograr cada una de estas penetraciones parciales. Con la suma de los golpes realizados en las dos últimas tandas se obtiene un valor de resistencia a la penetración estándar ( $N_{30}$ ), indicativo de la capacidad portante del terreno en el que se realiza el ensayo.

Se considera que se ha obtenido rechazo (R) cuando se alcanza un golpeo superior a 50 en una tanda de 15 cm ( $N_{15} > 50$ ), en este caso, se da por finalizado el ensayo.

Los ensayos de penetración estándar (SPT) se ejecutaron siguiendo las especificaciones de la Norma UNE 103800/92. Este ensayo permite obtener una muestra representativa del terreno para su identificación, aunque con su estructura alterada.

En total se realizaron en este Proyecto antecedente del Encauzamiento del Arroyo Butarque (colector Butarque III) 223 ensayos SPT en el interior de los sondeos. Los resultados obtenidos en la totalidad de los reconocimientos se resumen en las siguientes tablas, de los que cuales tienen interés para nuestro Estudio los realizados en sondeos próximos a las ERAR de Butarque y ERAR SUR, que son los ubicados al Este de la M-45: **ST-11, ST-12, ST-13, SE-5, SC-1, SC-2, SC-3 y SC-4.**



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

SONDEO	UNIDAD	TIPO MUESTRA	PROF. (m)	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO / 15 cm			GOLPEO N <sub>30</sub>
					15	15	15	
SB-1	QAL	SPT-1	3,25-3,70	3,48	9	7	8	15
SB-1	P	SPT-2	6,00-6,45	6,23	7	12	13	25
SB-1	P	SPT-3	9,00-9,45	9,23	8	10	12	22
SB-1	P	SPT-4	12,00-12,45	12,23	12	15	19	34
SB-1	P	SPT-5	15,00-15,45	15,23	10	18	26	44
SB-1	FY A+Y	SPT-6	18,00-18,10	18,05	50	--	--	R
SB-1	FY Y+A	SPT-7	21,05-21,15	21,10	50	--	--	R
SE-1	RA	SPT-1	3,00-3,45	3,23	3	5	6	11
SE-1	QAL	SPT-2	6,00-6,45	6,23	6	8	11	19
SE-1	P	SPT-3	9,00-9,45	9,23	9	16	24	40
SE-1	P	SPT-4	12,00-12,45	12,23	10	18	22	40
SE-2	RA	SPT-1	3,00-3,45	3,23	6	8	11	19
SE-2	P	SPT-2	6,10-6,55	6,33	11	16	22	38
SE-2	P	SPT-3	9,20-9,65	9,43	7	10	14	24
SE-2	P	SPT-4	12,15-12,60	12,38	10	14	16	30
SE-2	P	SPT-5	15,20-15,65	15,43	18	23	31	54
SE-2	FY A+Y	SPT-6	18,15-18,60	18,38	21	30	39	69
SE-6	QAL	SPT-1	3,35-3,80	3,58	4	5	8	13
SE-6	P	SPT-2	6,00-6,45	6,23	8	14	20	34
SE-6	P	SPT-3	9,05-9,50	9,28	12	18	29	47
SE-6	P	SPT-4	12,00-12,45	12,23	10	16	23	39
SE-6	PY	SPT-5	15,00-15,45	15,23	24	24	31	55
SE-6	FY A+Y	SPT-6	18,00-18,25	18,13	18	50	--	R
SE-6	FY A+Y	SPT-7	19,80-20,25	20,03	14	23	40	63
SE-3	QAL	SPT-1	2,85-3,25	3,05	7	10	11	21
SE-3	P	SPT-2	6,05-6,50	6,28	7	12	15	27
SE-3	P	SPT-3	9,40-9,85	9,63	8	13	18	31
SE-3	P	SPT-4	12,70-13,15	12,93	10	12	14	26
SE-3	P	SPT-5	15,70-16,15	15,93	12	14	16	30
SE-3	PY	SPT-6	18,70-19,15	18,93	10	18	48	66
SE-3	FY A+Y	SPT-7	21,35-21,75	21,55	30	41	50	R
ST-1	P	SPT-1	5,00-5,45	5,23	11	14	18	32
ST-1	P	SPT-2	10,40-10,85	10,60	10	13	14	27
ST-1	P	SPT-3	15,20-15,65	15,43	17	23	35	58
ST-1	FY A+Y	SPT-4	17,60-17,85	17,73	35	50	--	R
ST-1	FY A+Y	SPT-5	20,80-21,25	21,03	18	23	31	54



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

SONDEO	UNIDAD	TIPO MUESTRA	PROF. (m)	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO / 15 cm			GOLPEO N <sub>30</sub>
					15	15	15	
ST-1	P	SPT-6	25,30-25,56	25,43	33	50	--	R
ST-14	QAL	SPT-1	2,40-2,82	2,61	28	27	50	R
ST-14	QAL	SPT-2	6,35-6,80	6,57	11	13	14	27
ST-14	P	SPT-3	9,55-10,00	9,77	9	13	15	28
ST-14	P	SPT-4	12,80-13,25	13,02	16	18	22	40
ST-14	P	SPT-5	15,60-16,05	15,82	26	31	38	69
ST-14	FY A+Y	SPT-6	18,20-18,65	18,42	20	33	43	76
ST-14	FY A+Y	SPT-7	23,10-23,20	23,05	9	50	--	R
ST-15	QAL	SPT-1	6,30-6,75	6,53	11	12	12	24
ST-15	PY	SPT-2	9,70-10,15	9,93	6	6	7	13
ST-15	PY	SPT-3	12,10-12,55	12,33	14	13	14	27
ST-15	PY	SPT-4	14,80-14,90	14,85	50	--	--	R
ST-15	P	SPT-5	19,00-19,45	19,23	26	33	36	69
ST-15	FY A+Y	SPT-6	22,20-22,32	22,26	50	--	--	R
ST-15	FY A+Y	SPT-7	25,70-25,75	25,73	50	--	--	R
ST-2	QAL	SPT-1	3,00-3,45	3,22	6	7	10	17
ST-2	QAL	SPT-2	5,90-6,35	6,13	8	14	10	24
ST-2	P	SPT-3	9,30-9,75	9,53	14	20	18	38
ST-2	P	SPT-4	10,50-10,95	10,72	16	27	34	61
ST-2	FY A+Y	SPT-5	15,10-15,55	15,32	23	31	39	70
ST-2	FY A+Y	SPT-6	17,80-18,00	17,90	42	50	--	R
ST-2	P	SPT-7	21,00-21,14	21,07	50	--	--	R
ST-2	P	SPT-8	27,00-27,45	27,22	22	34	47	81
ST-2	P	SPT-9	29,00-29,23	29,11	36	50	--	R
ST-3	P	SPT-1	5,90-6,35	6,13	22	19	40	59
ST-3	P	SPT-2	9,40-9,85	9,63	7	9	12	21
ST-3	P	SPT-3	12,30-12,75	12,53	10	12	24	36
ST-3	FY Y+A	SPT-4	15,20-15,65	15,43	22	33	40	73
ST-3	FY A+Y	SPT-5	18,00-18,45	18,23	17	40	35	75
ST-3	FY A+Y	SPT-6	20,60-21,04	20,82	39	45	50	R
ST-3	FY Y+A	SPT-7	23,60-23,68	23,64	50	--	--	R
ST-3	FY Y+A	SPT-8	26,80-27,24	27,02	23	39	50	R
ST-3	P	SPT-9	29,80-30,25	30,03	23	33	45	78
ST-4	RA	SPT-1	3,25-3,70	3,48	8	11	12	23
ST-4	P	SPT-2	6,35-6,80	6,58	18	15	18	33
ST-4	P	SPT-3	9,40-9,85	9,63	6	10	12	22
ST-4	P	SPT-4	12,25-12,65	12,45	6	17	50	R



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

SONDEO	UNIDAD	TIPO MUESTRA	PROF. (m)	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO / 15 cm			GOLPEO N <sub>30</sub>
					15	15	15	
ST-4	FY Y+A	SPT-5	15,30-15,40	15,35	50	--	--	R
ST-4	PY	SPT-6	18,50-18,95	18,73	16	23	35	58
ST-4	FY A+Y	SPT-7	22,30-22,55	22,43	34	50	--	R
ST-4	PY	SPT-8	25,65-25,75	25,70	50	--	--	R
SP-1	RA	SPT-1	3,05-3,50	3,23	7	5	6	11
SP-1	P	SPT-2	9,45-9,90	9,68	2	6	9	15
SP-1	FY A+Y	SPT-3	15,20-15,40	15,30	19	50	--	R
SP-1	PY	SPT-4	21,50-21,70	21,60	41	50	--	R
SP-1	FY Y+A	SPT-5	27,10-27,35	27,23	24	50	--	R
ST-16	RA	SPT-1	3,25-3,70	3,48	10	13	14	27
ST-16	QAL	SPT-2	6,00-6,45	6,23	11	12	14	26
ST-16	QAL	SPT-3	11,00-11,45	11,23	10	10	12	22
ST-16	FY A+Y	SPT-4	16,00-16,25	16,13	19	50	--	R
ST-16	P	SPT-5	22,00-22,45	22,23	17	27	35	62
ST-16	FY Y+A	SPT-6	26,60-26,85	26,73	50	--	--	R
ST-16	FY Y+A	SPT-7	30,50-30,75	30,63	30	50	--	R
ST-16	P	SPT-8	35,25-35,70	35,48	23	34	49	83
ST-5	QAL	SPT-1	6,25-6,70	6,48	4	4	4	8
ST-5	QAL	SPT-2	9,25-9,70	9,48	3	3	5	8
ST-5	FY A+Y	SPT-3	12,40-12,65	12,53	20	50	--	R
ST-5	FY Y+A	SPT-4	15,00-15,10	15,05	50	--	--	R
ST-5	FY A+Y	SPT-5	20,00-20,45	20,23	15	24	30	54
ST-5	FY A+Y	SPT-6	25,00-25,10	25,05	50	--	--	R
ST-5	FY A+Y	SPT-7	28,00-28,25	28,13	39	50	--	R
ST-5	P	SPT-8	31,50-31,95	31,73	15	25	38	63
ST-5	P	SPT-9	34,80-35,25	35,03	19	30	47	77
ST-5	P	SPT-10	37,40-37,65	37,53	40	50	--	R
ST-6	QAL	SPT-1	3,40-3,85	3,62	12	19	23	42
ST-6	P	SPT-2	6,00-6,45	6,22	14	21	30	51
ST-6	P	SPT-3	9,45-9,90	9,67	15	20	29	49
ST-6	FY A+Y	SPT-4	13,35-13,80	13,57	15	3	14	17
ST-6	FY Y+A	SPT-5	15,50-15,60	15,55	50	--	--	R
ST-6	FY Y+A	SPT-6	18,50-18,60	18,55	50	--	--	R
ST-6	FY A+Y	SPT-7	21,50-21,95	21,72	15	20	33	53
ST-6	FY Y+A	SPT-8	24,80-24,90	24,85	50	--	--	R
ST-6	FY Y+A	SPT-9	28,50-28,60	28,55	50	--	--	R
ST-6	FY Y+A	SPT-10	31,50-31,90	31,70	17	25	50	R



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

SONDEO	UNIDAD	TIPO MUESTRA	PROF. (m)	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO / 15 cm			GOLPEO N <sub>30</sub>
					15	15	15	
ST-6	P	SPT-11	35,35-35,80	35,57	19	32	42	74
ST-6	P	SPT-12	39,50-39,95	39,72	20	35	48	83
ST-7	P	SPT-1	6,00-6,45	6,22	7	10	10	20
ST-7	FY Y+A	SPT-2	8,90-8,97	8,93	50	--	--	R
ST-7	FY Y+A	SPT-3	12-20-12,28	12,24	50	--	--	R
ST-7	FY A+Y	SPT-4	16,20-16,63	16,41	23	31	50	81
ST-7	FY Y+A	SPT-5	21,00-21,05	21,02	50	--	--	R
ST-7	P	SPT-6	27,35-27,80	27,57	32	41	46	87
ST-7	P	SPT-7	30,40-30,86	30,63	29	37	46	83
ST-7	P	SPT-8	33,30-33,80	33,55	28	39	49	88
ST-7	P	SPT-9	36,40-36,68	36,54	46	50	--	R
ST-7	FY A+Y	SPT-10	42,35-42,42	42,38	50	--	--	R
ST-8	QAL	SPT-1	6,00-6,45	6,22	3	4	6	10
ST-8	FY Y+A	SPT-2	8,55-8,65	8,60	50	--	--	R
ST-8	FY A+Y	SPT-3	11,90-12,35	12,12	20	26	39	65
ST-8	FY A+Y	SPT-4	14,90-15,15	15,02	42	50	--	R
ST-8	FY A+Y	SPT-5	17,70-17,80	17,75	50	--	--	R
ST-8	FY A+Y	SPT-6	20,70-20,80	20,75	50	--	--	R
ST-8	P	SPT-7	23,40-23,85	23,62	19	31	42	73
ST-8	P	SPT-8	26,65-27,10	26,88	13	20	33	53
ST-8	P	SPT-9	31,65-32,10	31,87	25	35	41	76
ST-8	P	SPT-10	34,50-34,94	34,72	28	37	50	R
ST-9	PY	SPT-1	5,80-6,25	6,02	8	12	15	27
ST-9	FY A+Y	SPT-2	9,00-9,25	9,12	30	50	--	R
ST-9	FY A+Y	SPT-3	12,15-12,40	12,27	40	50	--	R
ST-9	FY A+Y	SPT-4	15,15-15,40	15,27	26	50	--	R
ST-9	P	SPT-5	18,15-18,60	18,37	13	20	28	48
ST-9	P	SPT-6	21,50-21,95	21,72	16	24	33	57
ST-9	P	SPT-7	24,40-24,85	24,62	14	24	31	55
ST-9	P	SPT-8	27,00-27,45	27,22	18	27	35	62
ST-9	P	SPT-9	30,00-30,45	30,22	14	22	32	54
ST-9	P	SPT-10	34,65-34,75	34,70	50	--	--	R
ST-10	QAL	SPT-1	6,25-6,70	6,47	4	3	2	5
ST-10	P	SPT-2	8,70-9,15	8,92	7	12	19	31
ST-10	P	SPT-3	11,85-12,20	12,02	12	15	20	35
ST-10	P	SPT-4	14,70-15,15	14,92	11	16	21	37
ST-10	P	SPT-5	18,00-18,45	18,22	9	13	18	31





PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

SONDEO	UNIDAD	TIPO MUESTRA	PROF. (m)	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO / 15 cm			GOLPEO N <sub>30</sub>
					15	15	15	
ST-10	PY	SPT-6	21,30-21,75	21,52	14	22	35	57
ST-10	FY A+Y	SPT-7	25,15-25,25	25,20	50	--	--	R
ST-10	FY Y+A	SPT-8	28,15-28,25	28,20	50	--	--	R
ST-10	FY Y+A	SPT-9	33,00-33,05	33,02	50	--	--	R
ST-10	FY Y+A	SPT-10	36,00-36,05	36,02	50	--	--	R
SP-2	FY Y+A	SPT-1	3,10-3,20	3,15	50	--	--	R
SP-2	P	SPT-2	9,50-9,95	9,70	10	15	24	39
SP-2	PY	SPT-3	15,00-15,45	15,23	11	18	30	48
SP-2	FY Y+A	SPT-4	21,20-21,45	21,33	35	50	--	R
ST-11	P	SPT-1	3,15-3,60	3,37	7	9	12	21
ST-11	PY	SPT-2	5,95-6,40	6,17	8	16	31	47
ST-11	PY	SPT-3	8,90-9,30	9,10	14	23	32	55
ST-11	PY	SPT-4	15,00-15,45	15,22	8	13	17	30
ST-11	FY Y+A	SPT-5	21,00-21,05	21,02	50	--	--	R
ST-11	FY Y+A	SPT-6	28,50-28,60	28,55	50	--	--	R
ST-12	FY Y+A	SPT-1	3,00-3,07	3,03	50	--	--	R
ST-12	FY A+Y	SPT-2	6,05-6,50	6,27	19	23	39	62
ST-12	FY A+Y	SPT-3	9,30-9,75	9,52	15	25	49	74
ST-12	PY	SPT-4	12,90-13,05	12,97	50	--	--	R
ST-12	PY	SPT-5	16,00-16,40	16,20	34	42	50	R
ST-12	FY A+Y	SPT-6	19,00-19,11	19,05	50	--	--	R
ST-13	FY Y+A	SPT-1	3,00-3,40	3,20	44	17	50	R
ST-13	FY A+Y	SPT-2	6,30-6,75	6,52	12	15	20	35
ST-13	FY A+Y	SPT-3	9,85-10-10	9,97	29	50	--	R
ST-13	FY A+Y	SPT-4	13,00-13,25	13,12	38	50	--	R
ST-13	FY Y+A	SPT-5	16,00-16,40	16,20	25	46	50	R
ST-13	FY A+Y	SPT-6	19,00-19,10	19,05	50	--	--	R
SC-1	QAL	SPT-1	3,00-3,14	3,07	50	--	--	R
SC-1	QAL	SPT-2	6,00-6,41	6,02	24	39	50	R
SC-1	FY A+Y	SPT-3	9,20-9,65	9,42	19	16	14	30
SC-1	FY Y+A	SPT-4	12,00-12,13	12,06	50	--	--	R
SC-1	FY Y+A	SPT-5	15,00-15,11	15,05	50	--	--	R
SC-1	FY Y+A	SPT-6	18,00-18,10	18,05	50	--	--	R
SC-1	FY Y+A	SPT-7	19,60-19,74	19,67	50	--	--	R
SC-2	QAL	SPT-1	3,00-3,45	3,22	5	7	9	16
SC-2	QAL	SPT-2	6,00-6,45	6,22	2	2	2	4
SC-2	FY A+Y	SPT-3	9,00-9,45	9,22	11	17	22	39



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

SONDEO	UNIDAD	TIPO MUESTRA	PROF. (m)	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO / 15 cm			GOLPEO N <sub>30</sub>
					15	15	15	
SC-2	FY Y+A	SPT-4	11,40-11,53	11,46	50	--	--	R
SC-2	FY Y+A	SPT-5	15,80-15,89	15,84	50	--	--	R
SC-2	FY Y+A	SPT-6	18,00-18,12	18,06	50	--	--	R
SC-2	FY Y+A	SPT-7	20,90-21,11	21,00	50	--	--	R
SC-4	QAL	SPT-1	1,10-1,55	1,33	3	4	6	10
SC-4	FY A+Y	SPT-2	6,20-6,55	6,34	26	38	31	69
SC-4	FY Y+A	SPT-3	12,10-12,20	12,15	50	--	--	R
SC-3	RA	SPT-1	2,00-2,45	2,22	2	3	5	8
SC-3	QAL	SPT-2	5,20-5,60	5,40	9	21	50	R
SC-3	FY A+Y	SPT-3	8,30-8,45	8,37				
SC-3	FY A+Y	SPT-4	11,10-11,51	11,30	19	27	50	R
SE-4	PY	SPT-1	2,90-3,35	3,12	10	13	14	27
SE-4	PY	SPT-2	5,90-6,35	6,12	15	11	16	27
SE-4	PY	SPT-3	8,80-9,25	9,02	21	30	42	72
SE-4	PY	SPT-4	12,25-12,70	12,47	15	28	30	59
SE-4	FY Y+A	SPT-5	15,15-15,40	15,27	30	50	--	R
SE-4	FY A+Y	SPT-6	18,30-18,40	18,35	50	--	--	R
SE-5	PY	SPT-1	3,00-3,40	3,20	8	20	50	R
SE-5	PY	SPT-2	6,25-6,70	6,47	17	8	17	25
SE-5	PY	SPT-3	9,00-9,45	9,22	16	19	21	40
SE-5	PY	SPT-4	12,05-12,30	12,17	20	50	--	R
SE-5	PY	SPT-5	15,10-15,35	15,22	30	50	--	R
SE-5	FY A+Y	SPT-6	18,10-18,35	18,22	30	50	--	R
SET-1	TA	SPT-1	3,30-3,75	3,53	12	15	19	34
SET-1	TA	SPT-2	6,40-6,85	6,63	14	23	30	53
SET-1	TA	SPT-3	9,40-9,85	9,63	17	27	43	70
SET-2	TA	SPT-1	3,00-3,45	3,23	13	19	20	39
SET-2	TA	SPT-2	6,20-6,65	6,43	14	19	25	44
SET-2	TA	SPT-3	10,00-10,45	10,23	20	32	34	66
SET-3	QAL	SPT-1	3,00-3,45	3,23	4	5	5	10
SET-3	T	SPT-2	6,30-6,75	6,53	11	19	25	44
SET-3	T	SPT-3	8,30-8,75	8,53	12	15	18	33
SET-3	T	SPT-4	11,00-11,45	11,23	14	19	30	49
SET-4	RA	SPT-1	3,00-3,45	3,23	3	4	4	8
SET-4	P	SPT-2	6,10-6,55	6,33	14	22	40	62
SET-4	P	SPT-3	9,10-9,50	9,3	17	28	50	78
SET-4	P	SPT-4	12,10-12,55	12,33	15	21	25	46
SET-5	QAL	SPT-1	3,00-3,45	3,23	5	5	5	10



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

SONDEO	UNIDAD	TIPO MUESTRA	PROF. (m)	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO / 15 cm			GOLPEO N <sub>30</sub>
					15	15	15	
SET-5	P	SPT-2	6,00-6,45	6,23	12	24	32	56

**Resumen de ensayos SPT. RA: relleno antrópico; QAL: cuaternario aluvial; P: unidad peñuelas; PY: unidad peñuelas yesíferas; FY: unidad formación yesífera (A+Y arcillas con contenidos hasta el 50% de yesos, Y+A arcillas con contenidos en yeso superiores al 50%), TA tosco arenoso, T tosco.**



**Ensayos Presiométricos en sondeos:** El objetivo de la realización de ensayos presiométricos en el interior de los sondeos es medir la deformabilidad del terreno y estimar las subsidencias creadas por la perforación del túnel.

Este ensayo se realiza en el interior de un sondeo y consiste en aplicar escalonadamente una presión radial mediante una sonda dilatante en el interior del sondeo, midiendo el desplazamiento que se introduce en el terreno circundante. La presión se aplica a través de una camisa de caucho por medio de agua o gas.

Dependiendo del tipo y características del terreno ensayado se obtiene la curva de presión-deformación en la que se distingue una fase inicial o de puesta en contacto de la sonda con las paredes del sondeo, una fase elástica lineal que representa el comportamiento elástico del suelo, y una plástica o de deformación irre recuperable hasta llegar a la rotura del suelo.

A partir de esa curva se calcula la presión de fluencia o presión a la que el material deja de comportarse elásticamente y la presión límite que es la presión a la que el terreno se cizalla, no admitiendo ningún incremento de presión.

El equipo empleado en los presiómetros realizados en este Proyecto antecedente de encauzamiento del Arroyo Butarque fue una sonda SUNDA-APAGEO, cuyas características se resumen a continuación:

- Diámetro de la sonda (mm.): 60
- Volumen inicial de la sonda (cm<sup>3</sup>): 535

En total se realizaron 32 ensayos presiométricos, dos por sondeo para caracterización del trazado en túnel a profundidades aproximadamente coincidentes con las cotas de clave y túnel.

En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos en los ensayos presiométricos realizados, de los que son especialmente interesantes los referentes a los sondeos próximos a las ERAR Butarque y ERAR SUR, que son los ubicados al Este de la M-45: **ST-11, ST-12, ST-13, SE-5, SC-1, SC-2, SC-3 y SC-4.**



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

SONDEO	PROF. (m)	UNIDAD GEOTÉCNICA	PRESIÓN LÍMITE (bar)	PRESIÓN NETA (bar)	MÓDULO PRESIOMÉTRICO (bar)	OBSERVACIONES
ST-1	11,40	P	30,2	26,70	202,69	--
ST-1	18,30	FY A+Y	--	--	1.233,31	Rotura
ST-2	11,35	P	38,7	35,20	719,23	--
ST-2	18,30	FY A+Y	>48	>45,2	956,48	--
ST-3	17,20	FY A+Y	>52	>49,2	1.137,97	--
ST-3	24,60	FY Y+A	>52	>49,9	3.761,24	--
ST-4	18,00	PY	>52	>49,2	713,94	--
ST-4	25,35	FY A+Y	>52	>49,9	1.656,65	--
ST-5	24,30	FY A+Y	>52	>49,8	1.352,96	--
ST-5	31,20	P	45,6	44,10	694,02	--
ST-6	28,15	FY A+Y	>52	>46,2	2.007,90	--
ST-6	35,00	P	>52	>50,9	814,04	--
ST-7	28,30	P	>52	>50,2	2.318,23	--
ST-7	35,10	P	54,9	53,80	2.473,80	--
ST-8	26,15	P	36,5	34,50	514,61	--
ST-8	31,10	P	36,3	34,80	776,52	--
ST-9	26,50	P	26,3	24,30	306,39	rotura.
ST-9	34,20	P	>50	>48,8	1.361,44	--
ST-10	22,80	FY A+Y	>54	>51,7	2.196,60	--
ST-10	30,05	FY Y+A	>52	>50,4	4.465,90	--
ST-11	20,00	FY Y+A	>40	>37,5	4.944,64	Rotura
ST-11	28,20	FY Y+A	>50	>48,2	3.809,12	--
ST-12	12,40	PY	>52	>48,7	844,49	--
ST-12	20,20	FY A+Y	>52	>49,40	1.971,06	--
ST-13	11,15	FY A+Y	>44	>43	649,04	--
ST-13	18,00	PY	21,20	19,90	436,75	--
ST-14	12,50	P	28,00	24,70	634,49	--
ST-14	19,40	FY A+Y	>48	>45,4	1.026,76	--
ST-15	16,10	PY	>52	>49	1.223,08	--
ST-15	23,50	FY A+Y	>50	>49,8	1.704,53	--
ST-16	20,30	P	>52	>49,4	1.423,10	--
ST-16	30,20	FY Y+A	>52	>50,4	1.527,25	--

**Resumen ensayos presiométricos. RA: relleno antrópico; QAL: cuatern. aluvial; P: unidad peñuelas; PY: unidad peñuelas yesíferas; FY: unidad formación yesífera (A+Y arcillas con contenidos hasta el 50% de yesos, Y+A arcillas con contenidos en yeso superiores al 50%).**

**Ensayos de Permeabilidad:** En los sondeos ejecutados en este proyecto antecedente se midió el nivel freático en distintas fechas con el fin de obtener una idea aproximada de



la posición del nivel freático una vez que se ha estabilizado puesto que durante la perforación de los sondeos se introduce agua para refrigerar el elemento de corte y las primeras mediciones podrían dar lugar a posiciones del nivel freático no representativas.

Las últimas mediciones se realizaron varios meses después de finalizar la campaña geotécnica pudiendo a partir de ellas establecer la posición del nivel freático.

Los resultados de estas mediciones se recogen en la tabla siguiente de características de los sondeos realizados, de los que son especialmente interesantes los referentes a los sondeos próximos a las ERAR Butarque y ERAR SUR, que son los ubicados al Este de la M-45: **ST-11, ST-12, ST-13, SE-5, SC-1, SC-2, SC-3 y SC-4.**

Es especialmente relevante el dato de posición del freático en dichos sondeos próximos a las dos ERAR, sobre todo a la de Butarque; el nivel se ubica en estos 8 sondeos entre 2,70 y 4,00 m. de profundidad del emboquille de la perforación.

En relación a dicha cota de emboquille, el nivel medido no es un nivel común ya que muchos niveles están a cota absoluta por encima del emboquille de sondeos próximos; lo que si indica es que el agua está saturando un nivel superficial de rellenos, vertidos o aluviones permeable que tiene una base impermeable, confinando el agua. El inconveniente de este esquema es que afecta directamente a los elementos constructivos que se proyecten en el marco de este Estudio.

Para tener una idea de la permeabilidad de los materiales atravesados, se realizaron tres ensayos de permeabilidad tipo Gilg-Gavard (en los sondeos ST-11, ST-12 y ST-16, los dos primeros muy interesantes al estar directamente en nuestra zona de Estudio).

Los ensayos se realizaron a nivel variable, introduciendo agua en el pozo de sondeo hasta la boca del mismo y posteriormente se midiendo el nivel de agua en intervalos de tiempo sucesivos. De esta manera se puede estimar la permeabilidad de los materiales ensayados, mediante la expresión:

$$k = \frac{(1,308 \cdot d^2 \Delta h)}{\Delta h_m \Delta t}$$

Donde: k es la permeabilidad y se mide en cm/s

- d es el diámetro del sondeo
- $\Delta h$  (m) es el descenso del nivel de agua para el intervalo  $\Delta t$  (min)
- $h_m$  es la altura media del nivel de agua en el intervalo  $\Delta t$  (m)

En los sondeos ST-11 y ST-16, se han obtenido resultados similares, que son permeabilidades del orden de  $10^{-6}$  cm/s, mientras que en el sondeo ST-12 no ha habido descenso alguno del nivel de agua en la duración del ensayo, lo que indica una fuerte impermeabilidad. Como se observa en la siguiente tabla (Terzaghi y Peck 1967), los materiales atravesados por el túnel pueden considerarse suelos de muy bajo grado de permeabilidad.

Grado de permeabilidad	Valor de k (cm.seg)
Elevada	Superior a $10^{-1}$
Media	$10^{-1}$ – $10^{-3}$
Baja	$10^{-3}$ – $10^{-5}$
Muy baja	$10^{-5}$ – $10^{-7}$
Prácticamente impermeable	Menor de $10^{-7}$

Según Terzaghi y Peck, 1967.

**Clasificación de los suelos según sus coeficientes de permeabilidad (Mecánica de suelos. T. Willian Lambe & Robert V. Whitman)**

**En resumen**, en total, en este Proyecto Antecedente de Encauzamiento del Arroyo Butarque (Colector Butarque III), dentro de la campaña de sondeos mecánicos, se realizaron 35 sondeos, con una longitud total perforada de 997,64 m.



Se ejecutaron en el interior de dichos sondeos 223 ensayos de penetración tipo SPT, y 32 ensayos presiométricos a distintas cotas y tres ensayos de permeabilidad tipo Gilg-Gavard.

Se tomaron asimismo 65 testigos parafinados para su posterior ensayo en laboratorio.

De todo lo realizado en este Proyecto antecedente se han obtenido los datos, y se dispone de los referentes a todos los reconocimientos realizados en las inmediaciones de las ERAR de Butarque y Sur, que serán tenidos en cuenta en el presente Estudio.

En la siguiente tabla se recogen las características de los sondeos con información disponible, de los que son especialmente interesantes los referentes a los sondeos próximos a las ERAR Butarque y ERAR SUR, que son los ubicados al Este de la M-45: **ST-11, ST-12, ST-13, SE-5, SC-1, SC-2, SC-3 y SC-4:**





PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

DENOMINACIÓN	SITUACION (P.K.)	COORDENADAS			OBJETO	Dist. al eje (m)	PROF. (m)	FECHA		SONDA	TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS IN SITU				NIVEL FREÁTICO	
		X	Y	Z				INICIO	FIN		SPT	TP	PRESIÓMETRO	GILG-GAVARD	PROF. (m)	FECHA
SB-1	BALSA	438.821,62	4.467.098,66	606,75	BALSA	24	29,50	4-dic-07	4-dic-07	CIBELES C-60	7	2	0	0	5,70	06/05/08
SE-1	0+270 CRUCE A-42	438.705,92	4.467.280,23	603,51	CRUCE A-42	--	15,40	28-nov-07	28-nov-07	ROLATEC RL 48L	4	2	0	0	5,10	06/05/08
SE-7	0+327 CRUCE A-42	438.738,00	4.467.221,00	603,50	CRUCE A-42	24	8,35	29-jul-08	29-jul-08	ISSA GM	0	0	0	0	--	--
SE-6	0+373,39 CRUCE A-42	438.805,13	4.467.221,68	606,36	CRUCE A-42	0	20,25	28-nov-07	29-nov-07	CIBELES C-60	7	2	0	0	5,10	06/05/08
SE-2	0+460,32 CRUCE A-42	438.820,40	4.467.134,97	605,57	CRUCE A-42	0	30,00	29-nov-07	30-nov-07	ROLATEC RL 48L	6	2	0	0	5,60	06/05/08
SE-3	EMBOQUILLE	438.821,62	4.467.098,66	606,80	EMBOQUILLE	0	30,35	30-nov-07	4-dic-07	CIBELES C-60	7	2	0	0	5,70	06/05/08
ST-1	0+200	438.897,92	4.466.901,12	606,37	TÚNEL	0	30,00	27-nov-07	28-nov-07	ROLATEC RL 48L	6	5	2	0	8,20	06/05/08
ST-14	0+380	439.001,81	4.466.774,55	606,80	TÚNEL	0	30,00	3-dic-07	4-dic-07	ROLATEC RL 48L	7	2	2	0	9,30	06/05/08
ST-2	0+573	439.085,79	4.466.600,69	603,35	TÚNEL	0	29,23	26-nov-07	27-nov-07	ROLATEC RL 48L	7	6	2	0	6,50	06/05/08
ST-15	1+211	439.174,71	4.465.968,00	610,00	TÚNEL	15,63	34,70	22-nov-07	27-nov-07	ROLATEC RL 48L	8	5	2	0	8,40	06/05/08
ST-3	1+443	439.156,80	4.465.730,61	610,00	TÚNEL	16,24	33,90	5-nov-07	7-nov-07	ROLATEC RL 48L	9	5	2	0	7,10	06/05/08
ST-4	1+622	439.150,91	4.465.544,89	611,00	TÚNEL	13,74	40,75	26-oct-07	6-nov-07	CIBELES C-60	8	1	2	0	6,40	06/05/08
SP-1	1+730	439.149,64	4.465.446,93	611,00	POZO	16	32,40	23-abr-08	24-abr-08	CIBELES C-60	5	0	0	0	6,70	06/05/08
ST-16	1+958	439.067,68	4.465.220,61	615,00	TÚNEL	31	40,80	10-dic-07	12-dic-07	CIBELES C-60	8	1	2	1	13,80	06/05/08
ST-5	2+215	439.098,99	4.464.927,47	614,78	TÚNEL	49,13	43,60	6-nov-07	8-nov-07	CIBELES C-60	10	2	2	0	10,20	06/05/08
ST-6	2+528	439.342,90	4.464.737,84	614,36	TÚNEL	0	46,00	26-nov-07	29-nov-07	CIBELES C-60	12	1	2	0	13,00	06/05/08
ST-7	3+220	439.906,45	4.464.329,48	614,00	TÚNEL	0	45,60	27-nov-07	29-nov-07	ROLATEC RL 48L	10	3	2	0	6,30	06/05/08
ST-8	3+269	439.951,31	4.464.320,79	612,30	TÚNEL	11,35	43,80	12-nov-07	14-nov-07	CIBELES C-60	10	2	2	0	5,00	06/05/08
ST-9	3+529	440.203,57	4.464.280,63	611,60	TÚNEL	0	45,00	14-nov-07	21-nov-07	CIBELES C-60	10	2	2	0	6,50	06/05/08
ST-10	4+137	440.811,91	4.464.279,93	609,00	TÚNEL	0	44,50	21-nov-07	23-nov-07	CIBELES C-60	10	1	2	0	4,60	06/05/08
SP-2	4+414	441.086,46	4.464.283,52	604,00	POZO	0	30,00	23-abr-08	24-abr-08	CIBELES C-60	4	0	0	0	2,60	06/05/08
<b>ST-11</b>	5+262	441.930,00	4.464.348,67	595,10	TÚNEL	0	37,20	14-dic-07	18-dic-07	CIBELES C-60	6	2	2	1	2,70	06/05/08
<b>ST-12</b>	5+494	442.153,86	4.464.413,76	591,84	TÚNEL	10	32,00	5-dic-07	10-dic-07	CIBELES C-60	6	2	2	1	3,00	06/05/08
<b>ST-13</b>	5+806	442.470,84	4.464.418,64	591,00	TÚNEL	35,26	38,80	23-oct-07	25-oct-07	CIBELES C-60	6	1	2	0	4,00	06/05/08



DENOMINACIÓN	SITUACION (P.K.)	COORDENADAS			OBJETO	Dist. al eje (m)	PROF. (m)	FECHA		SONDA	TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS IN SITU				NIVEL FREÁTICO		
		X	Y	Z				INICIO	FIN		SPT	TP	PRESIÓMETRO	GILG-GAVARD	PROF. (m)	FECHA	
SE-4	6+190	442.844,70	4.464.493,01	588,88	EMBOQUILLE	12,38	30,10	17-oct-07	20-oct-07	CIBELES C-60	6	1	0	0	2,00	06/05/08	
<b>SE-5</b>	6+163	442.816,96	4.464.522,54	591,00	EMBOQUILLE	18,52	30,55	22-oct-07	23-oct-07	CIBELES C-60	6	2	0	0	2,70	06/05/08	
<b>SC-1</b>	6+591	443.236,00	4.464.527,17	577,05	CANAL	0	19,74	22-nov-07	23-nov-07	ROLATEC RL 48L	7	1	0	0	3,80	06/05/08	
<b>SC-2</b>	6+956	443.609,19	4.464.545,44	569,00	CANAL	0	21,11	21-nov-07	21-nov-07	ROLATEC RL 48L	7	5	0	0	3,50	06/05/08	
<b>SC-4</b>	7+200	443.846,95	4.464.572,39	560,00	CANAL	13	17,10	21-abr-08	21-abr-08	CIBELES C-60	3	0	0	0	2,60	06/05/08	
<b>SC-3</b>	7+369	444.020,57	4.464.547,66	559,40	CANAL	0	11,51	20-nov-07	21-nov-07	ROLATEC RL 48L	4	1	0	0	4,00	06/05/08	
SET-1	ESTANQUE TORMENTAS	431.788,00	4.467.833,00	670,80	ESTANQUE	--	11,50	23-jul-08	23-jul-08	ISSA GM	3	1	0	0	--	--	
SET-2	ESTANQUE TORMENTAS	432.466,00	4.467.726,00	608,31	ESTANQUE	--	10,45	24-jul-08	24-jul-08	ISSA GM	3	2	0	0	--	--	
SET-3	ESTANQUE TORMENTAS	435.531,00	4.467.050,00	632,00	ESTANQUE	--	11,45	23-jul-08	23-jul-08	ISSA GM	4	0	0	0	--	--	
SET-4	ESTANQUE TORMENTAS	437.356,00	4.467.044,00	613,00	ESTANQUE	--	12,55	21-jul-08	22-jul-08	ISSA GM	4	1	0	0	--	--	
SET-5	ESTANQUE TORMENTAS	437.990,00	4.467.276,00	605,00	ESTANQUE	--	9,45	21-jul-08	21-jul-08	ISSA GM	3	0	0	0	--	--	
<b>TOTAL</b>								997,64				223	65	32	3,00		

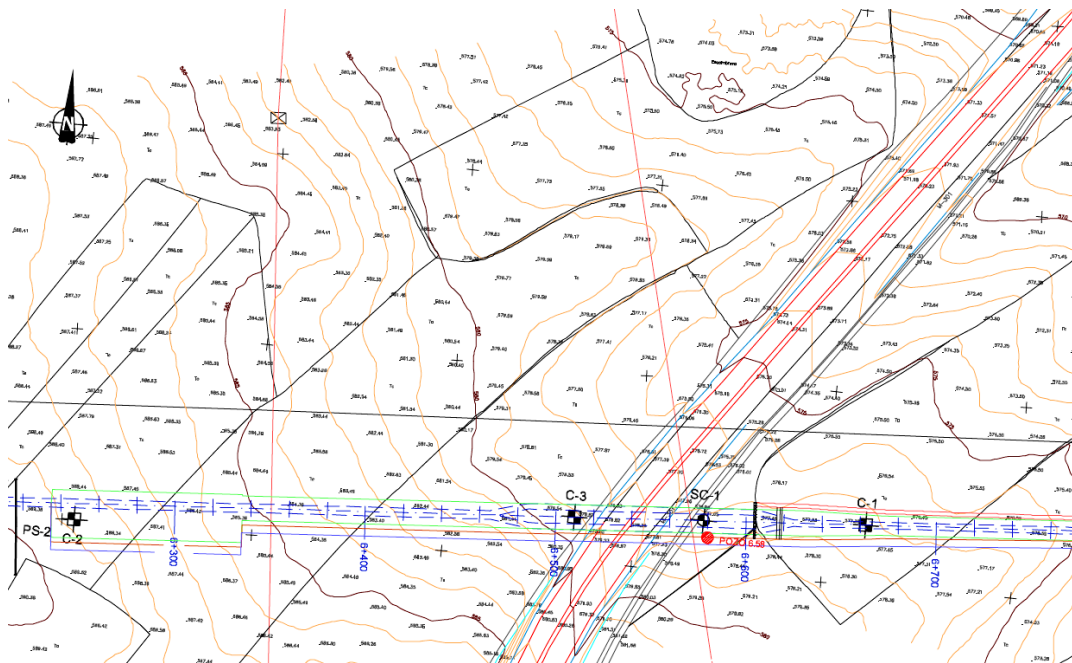
**Resumen de la campaña de sondeos realizada en el Proyecto Antecedente de Encauzamiento del Arroyo Butarque (Colector Butarque III).**

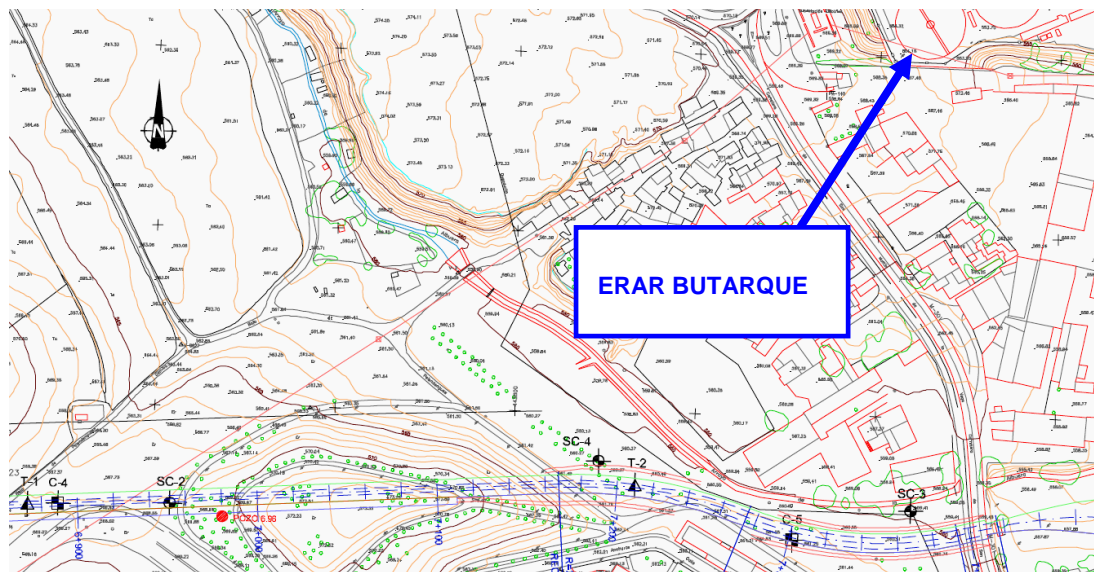
### Campaña de Calicatero.

En este Proyecto antecedente del Encauzamiento del Arroyo Butarque (Colector Butaque III), la realización de calicatas en la zona de Proyecto en la que el trazado es en túnel no tenía sentido, puesto que la profundidad máxima que se puede alcanzar es en torno a 4 m. Por este motivo, la campaña de calicatas se ha centrado fundamentalmente en la zona donde el encauzamiento se construirá a cielo abierto (PP.KK. 6+200-7+554), que es precisamente la zona de interés en el presente Estudio, la zona superficial comprendida entre el sector sur de la ERAR de Butaque y zona Norte de la ERAR Sur..

El objetivo fue determinar la naturaleza de los materiales donde se estudiaba el trazado del canal final de incorporación al río Manzanares, información apoyada por los sondeos destinados a este fin, la obtención de muestras alteradas para su posterior ensayo en laboratorio y la determinación de excavabilidad de los materiales y estabilidad de las paredes de la zanja.

Las calicatas realizadas se recogen en la siguiente tabla, estando todas en el entrono de la la ERAR de Butarque:





DENOMIN.	SITUACION (P.K.)	COORDENADAS			PROFUNDIDAD (m)
		X	Y	Z	
<b>C-1</b>	6+583	443.321,02	4.464.531,72	577	3,2
<b>C-2</b>	6+719	442.906,49	4.464.500,52	588	3,2
<b>C-3</b>	6+507	443.168,17	4.464.523,33	578	1,3
<b>C-4</b>	6+697	443547,17	4464544,26	567	3,6
<b>C-5</b>	7+271	443.954,91	4.464.530,64	561	3,9
<b>C-6</b>	7+500	444.142,40	4.464.451,03	562	3,9

**Resumen de la campaña de calicatas antecedentes en el Proyecto de Encauzamiento del Arroyo Butarque (Colector Butarque III).**

Como puede observarse, la profundidad alcanzada ha variado entre 1 y 4 m, excavándose siempre hasta rechazo por lo que se puede establecer a dichas profundidades la existencia del “sustrato rocoso”.

Durante la ejecución de las calicatas se ha reconocido la excavabilidad de los materiales como excavabilidad media-fácil y en ningún caso se ha detectado la presencia de nivel freático. La información obtenida está a disposición del presente Estudio.



**Penetrómetros Dinámicos D.P.S.H.**

En el comentado Proyecto antecedente de Encauzamiento del Arroyo Butarque (Colector Butarque III), la realización de penetrómetros dinámicos tipo DPSH tuvo como objetivo la obtención de un perfil resistente continuo del terreno.

El ensayo se ejecuta haciendo caer en caída libre una maza de 63,5 kg de peso sobre una puntaza cuadrada de sección 40 x 40 mm. desde una altura de 75 cm. Contabilizando el número de golpes necesarios para hacer penetrar la sarta de penetración en tramos de 20 cm se puede estimar la resistencia a la penetración de los materiales.

Si son necesarios más de 100 golpes para hincar los 20 cm de varilla, se considera rechazo y se da por terminado el ensayo.

En total se realizaron seis ensayos de penetración dinámica de cuyos registros se dispone y serán reinterpreados para obtener información aprovechable para el presente Estudio.

Se resumen en la siguiente tabla:

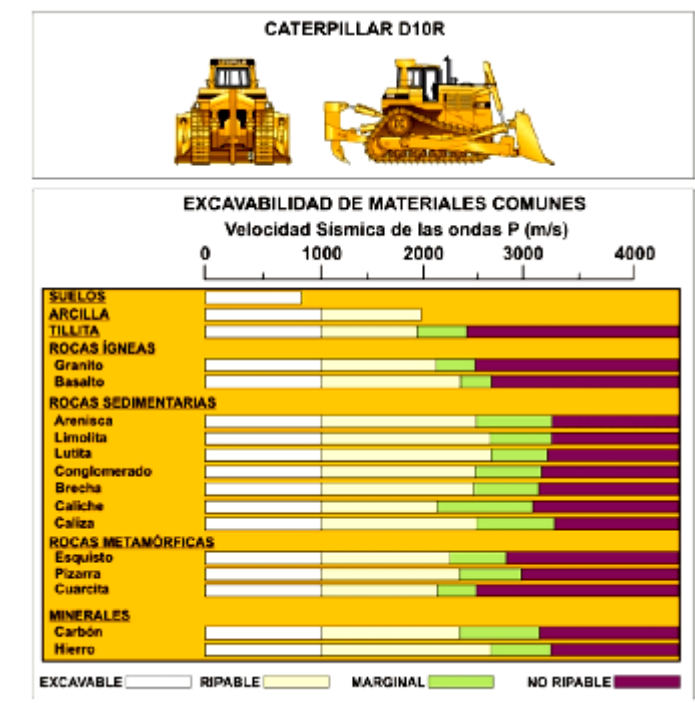
DENOMIN.	SITUACION (P.K.)	COORDENADAS			PROFUNDIDAD RECHAZO (m)
		X	Y	Z	
<b>T-1</b>	6+697	443.530,27	4.464.543,33	568	5,60
<b>T-2</b>	7+195	443.867,22	4.464.559,06	560	3,80
T-3	CRUCE A-42	438.722,41	4.467.263,99	603	14,00
T-4	CRUCE A-42	438.811,47	4.467.178,44	602	16,20
T-5	BALSA	438.844,09	4.467.114,31	605	16,60
T-6	0+194	438.885,66	4.466.919,95	606	15,20

***Resumen de la campaña de penetrómetros DPSH realizada en el Proyecto antecedente de Encauzamiento del Arroyo Butarque; (Colector Butarque III).***

### Reconocimientos Geofísicos

En el Proyecto antecedente comentado se realizaron un total de 3 extendimientos geofísicos de 60 m de longitud mediante tomografía sísmica.

La tomografía sísmica de ondas P consiste en determinar la velocidad de propagación en el terreno de las ondas sísmicas compresionales (ondas P). El procedimiento para realizar este tipo de prospección consiste en situar varios detectores de señales sísmicas (geófonos) a distancias conocidas y alineados con el lugar en el que se genera una fuente de energía. Determinando los tiempos de llegada de las ondas P a cada geófono se puede determinar la velocidad de transmisión de las ondas P a través de las diferentes capas de terreno. A partir de este dato se puede obtener un perfil geofísico que aporta una idea de la estratigrafía infrayacente, además de definir la excavabilidad de los materiales mediante tablas empíricas que correlacionan la velocidad de ondas P con la excavabilidad, clasificando los materiales como excavables, ripables, marginales o no ripables tal y como representa la siguiente figura:

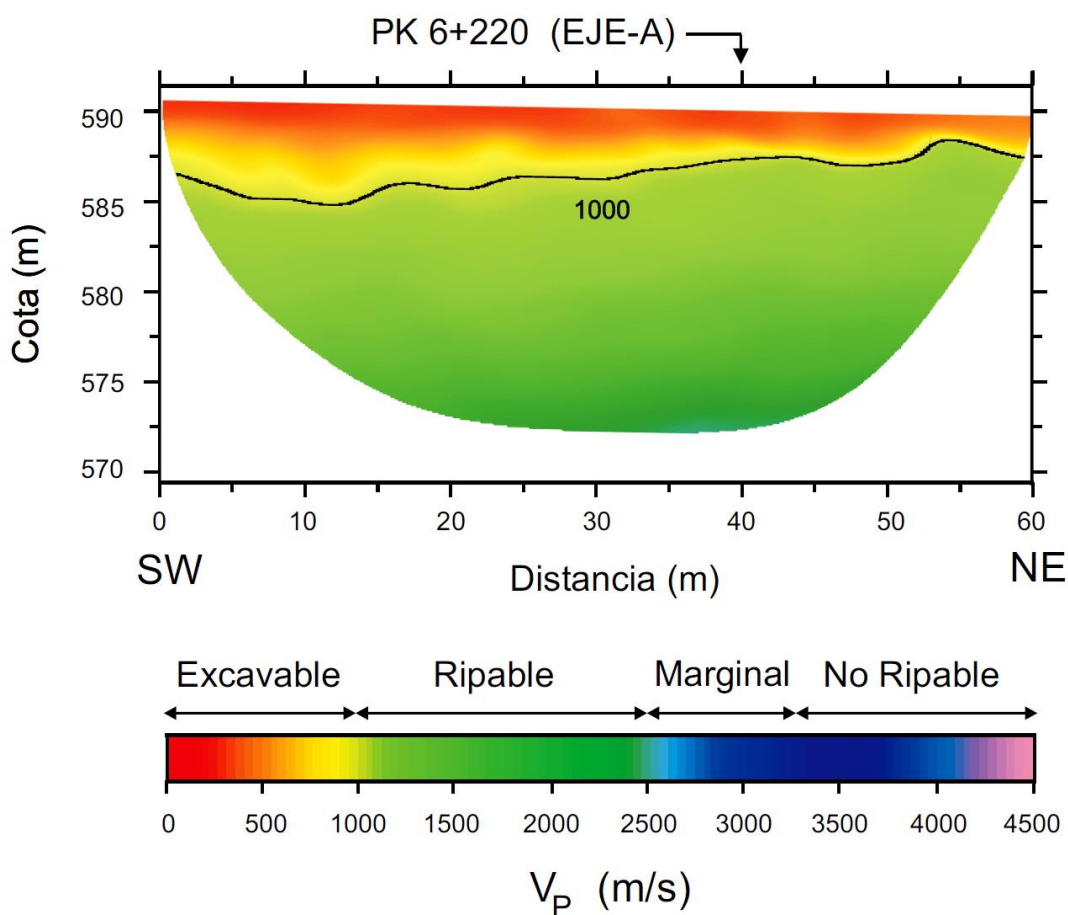


**Tabla de ripabilidad basada en la máquina D-10R de Caterpillar.- (Geotechnical Engineering Techniques and Practices, Hunt, Roy E., McGraw-Hill Book Company, 1986).**

En total se realizaron tres extendimientos geofísicos:

- el primero entre los PP.KK. 0+120 y 0+180 longitudinalmente al eje del cruce bajo la A-42
- el segundo en la zona de emboquille de salida del túnel de encauzamiento, aproximadamente en el P.K. 0+016, perpendicularmente al eje del trazado.
- El tercero, en la zona de nuestro interés, al ESE de la ERAR de Butarque, en la zona de emboquille de entrada del encauzamiento en túnel, aproximadamente en el P.K. 6+179, perpendicular al eje del trazado.

Los resultados sobre la excavabilidad de los materiales ensayados en este tercer perfil de nuestro interés se muestra a continuación con cada unidad geotécnica diferenciada.



***Perfil de tomografía Sísmica realizado en el Proyecto Antecedente de Encauzamiento del Arroyo Butarque (Colector Butarque III) en la zona ESE de la ERAR de Butarque.***

### **Ensayos de Laboratorio**

En este comentado Proyecto antecedente de Encauzamiento del Arroyo Butarque (Colector Butarque III), la realización de ensayos de laboratorio sobre muestras tomadas



en el interior de los sondeos (bien la muestra del ensayo SPT o los testigos parafinados), se intensificó en la franja de terreno correspondiente a la rasante del túnel y su zona de influencia, considerándose fundamental la buena caracterización de los materiales de localización del túnel.

En aquellas zonas donde el recubrimiento era pequeño se procuró caracterizar, cuando fue posible, los recubrimientos de origen cuaternario. La cantidad total de ensayos realizados a lo largo del tramo se resume en la siguiente tabla, y de todos se poseen y se han recopilado y analizado los datos para su aplicación al presente Estudio:

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>Nº ENSAYOS</b>
Ensayos de granulometría por tamizado, según UNE 103,101	79
Ensayos de det. de los límites de Atterberg, según UNE 103103 y 103104	79
Ensayos para det. la humedad natural secado en estufa, según UNE 103300	42
Ensayos para determinar el peso específico de las partículas	6
Ensayos de contenido en materia orgánica de un suelo, según UNE 103204	11
Determinación cuantitativa de carbonatos de un suelo, según UNE 103200	1
Determinación cuantitativa de sulfatos de un suelo según UNE 103201	41
Ensayos de corte directo CU	7
Ensayos triaxial CU	10
Ensayos de compresión simple de un suelo, según UNE 103601	31
Expansividad por el método Lambe, según UNE 103600	4
Determinación de la presión de hinchamiento en edómetro	14
Ensayo de hinchamiento libre en edómetro, según UNE103601	6
Ensayo de consolidación en edómetro, según UNE 103405	6
Determinación índice abrasividad Cerchar	2
Ensayo de determinación del índice Schymazek	1

**Resumen de ensayos de laboratorio realizados en el Proyecto antecedente de Encauzamiento del Arroyo Butarque (Colector Butarque III)**

Todos los datos de estos ensayos se han recopilado y analizado, sistematizándose para aplicarlos como antecedente al presente Estudio.

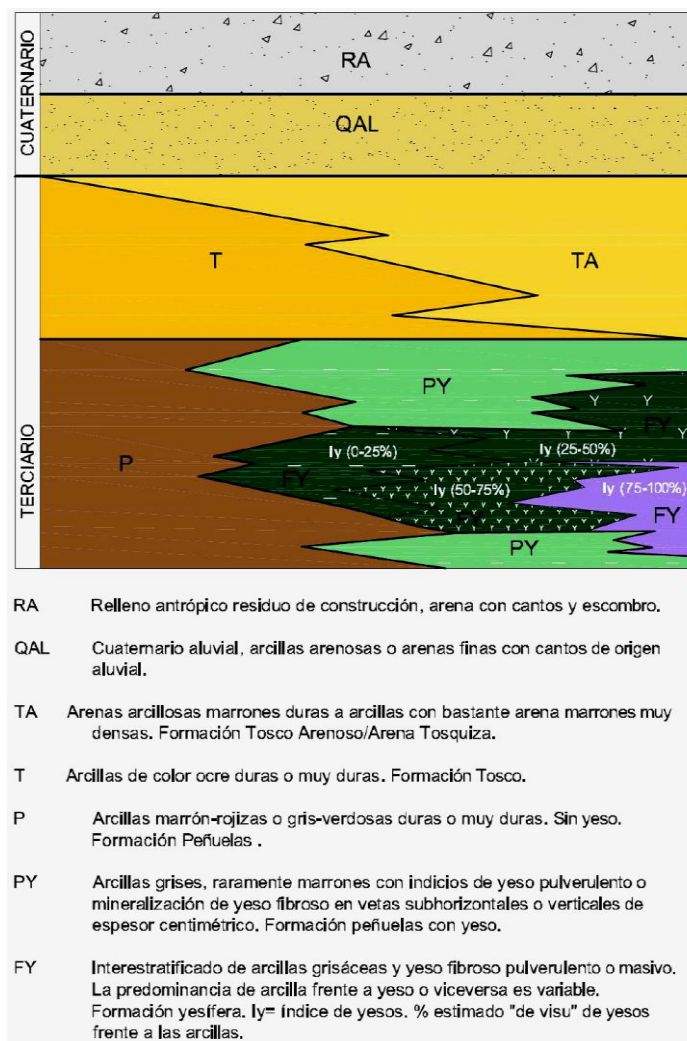
En los epígrafes siguientes, se realiza una descripción geotécnica de cada una de las unidades diferenciadas en todos estos estudios antecedentes, y su aplicación y adopción en las áreas de las parcelas de las tres ERAR de interés, y sus zonas aledañas: La China, Butarque y Sur.



## 7. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA ZONA DE IMPLANTACIÓN DE LAS ERAR DE LA CHINA, BUTARQUE Y SUR, Y SECTORES ALEDAÑOS.

### 7.1. INTRODUCCIÓN; COLUMNA GENERAL ADOPTADA

En el este apartado se exponen las características geotécnicas de los niveles diferenciados, y la columna general adoptada, para referir a ella los horizontes y terrenos presentes en las tres ERAR. Todo ello en base a los datos disponibles de los trabajos antecedentes expuestos anteriormente, y de todas las investigaciones e información elaborada para el presente Estudio de Soluciones y Anteproyectos de Actuación de Saneamiento y Depuración de las Aglomeraciones Urbanas de La China, Butarque y Sur. En la columna adoptada en el presente Estudio para las unidades geotécnicas, se ha conservado la denominación geotécnica típica de los suelos de Madrid, mostrada en la siguiente columna tipo, para que se pueda contrastar con otros trabajos geotécnicos.



Las unidades mayores consideradas se dividen, de más moderno a más antiguo en:



## CUATERNARIO

- **RA. Relleno Antrópico.** Compuesto por arenas arcillosas con restos de construcción (ladrillo, asfalto, hormigón, etc.).
- **QAL. Cuaternario Aluvial.** Compuesto por arenas limosas de color marrón-verdoso, medianamente densas y secas, producto de la dinámica fluvial del arroyo Butarque y del río Manzanares.

## TERCIARIO

- **TA Tosco arenoso.** Esta unidad está compuesta por arenas arcillosas a arcillas con bastante arena de color marrón muy densas que conforman la transición entre la unidad Tosco infrayacente y la unidad superior (arena de miga) que no ha sido detectada. En función del contenido en finos pueden denominarse arenas tosquizas.
- **T o Tosco.** Se trata de arcillas duras a muy duras con intercalaciones de arcillas arenosas de color marrón-ocre. Se diferencian del tosco arenoso por el contenido en arenas que suele ser inferior al 30%.
- **P o Formación Peñuelas.** Esta unidad está compuesta por arcillas de distintas coloraciones, predominantemente marrones, en ocasiones gris-verdosas a negruzcas, generalmente de alta plasticidad y duras a muy duras.
- **PY o Formación Peñuela Yesífera.** Se trata de arcillas generalmente de color gris oscuro-negruzco duras a muy duras que contienen yeso bien en nódulos de carácter pulverulento, bien en vetas subverticales de yeso fibroso de espesor centimétrico. La diferencia con la unidad anterior es únicamente el contenido en yeso ya que, respecto al resto de características, son similares.
  - **FY Formación Yesífera.** Se trata de un interestratificado de arcillas gris-verdosas-negruzcas y yesos masivos o sacaroideos en distintas proporciones pudiendo ser mayoritaria la fracción arcillosa o ser mayoritaria la fracción yesífera.



Esta unidad se ha subdividido en función del contenido en yesos en: arcillas con yesos y yesos con arcillas.

### 7.1.1. RA. Relleno Antrópico

En esta unidad tradicionalmente incluye los materiales residuos de urbanización y construcción de infraestructuras de aportación artificial. Está compuesta por arenas arcillosas con restos de construcción (ladrillo, asfalto, hormigón, etc.). Las propiedades geotécnicas de estos materiales son difícilmente resumibles dada su heterogeneidad. El golpeo  $N_{spt}$  en general varía entre 8 y 27 por su ya comentada heterogeneidad, y la presencia de bolos y vertidos de construcción. Como media, se considera un golpeo  $N_{30}$  del SPT de 15 golpes como un valor de medio-alto.

En cuanto a los parámetros geotécnicos a adoptar, se recogen los parámetros utilizados en la práctica habitual en infraestructuras de tipologías similares, obtenidos a partir de bibliografía técnica especializada. Por otra parte, en lo que se lleva analizado y estudiado en esta Fase-I, los golpes  $N_{20}$  del DPSH obtenidos para la unidad RA son muy inferiores a 20 en la mayoría de los casos, habiendo valores muy bajos en las propias parcelas de las ERAR, algunas veces hasta profundidades de hasta 9,00 m. a veces es frecuente valores inferiores 5 de  $N_{20}$  en la mayoría del ensayo.

En cuanto a los datos disponibles de ensayos realizados sobre muestras de esta unidad, los resultados son muy heterogéneos, al igual que la naturaleza de los vertidos antrópicos. En la siguiente tabla se resumen los resultados disponibles:

UNIDAD	HUM. NAT. (%)	LÍM. ATTERBERG			GRANULOMETRÍA % QUE PASA POR EL TAMIZ					CLASIFICACIONES		
		LL	LP	IP	#20	#5	#2	#0,4	#0,08	AASHTO	CASAGRANDE	ÍNDICE DE GRUPO
RA	11,56	32,8	16,0	16,8	100	100	96,3	53,7	30,4	A-6	SC	0
RA	19,60	38,0	19,2	18,8	100	100	100	78,2	69,0	A-6	CL	11
RA	11,39	N.P.	N.P.	N.P.	84,6	84,6	84,0	80,6	31,2	--	SM	0
RA	9,44	N.P.	N.P.	N.P.	100	100	100	100	99,0	A-4	CL	0

Dada la dificultad de caracterizar estos depósitos, los parámetros geotécnicos que se adoptarán, son los recomendados en la bibliografía especializada asumiendo que son lo suficientemente conservadores como para ser característicos de este tipo de materiales:



- Peso específico aparente =  $18,0 \text{ KN/m}^3$
- Cohesión  $C'= 0 \text{ KN/m}^2$
- Ángulo de rozamiento interno  $\phi'=28^\circ$
- Módulo de deformación  $E=80-100 \text{ bar}$
- Coeficiente de Poisson  $\nu=0,35$
- Coeficiente de Balasto  $K=2.000 \text{ t/m}^3$

Los ensayos geofísicos realizados en la zona de estudio, han aportado valores para las ondas P en estos materiales entre 0 y 500 m/s por lo que se consideran materiales excavables con medios mecánicos convencionales.

### 7.1.2. QAL. Cuaternario aluvial

Se trata de depósitos asociados a la dinámica fluvial tanto del río Manzanares y de los cauces tributarios pro ambas márgenes en el tramos del mismo comprendido entre las ERAR de La China, al Norte, hacia aguas arriba del cauce, y la ERAR SUR, al sur y hacia aguas abajo del Manzanares.

Estos materiales están compuestos por arenas limo-arcillosas de color marrón-verdoso, medianamente densas y secas, aunque se identifican también materiales predominantemente arcillosos y de alta plasticidad. Esta variabilidad composicional tiene su explicación en la arquitectura estratigráfica de estos depósitos, con abundantes cambios laterales de facies relacionados con el sistema de deposición de cada litología .

Geotécnicamente, los valores de resistencia que ofrecen los ensayos SPT sobre estos materiales en los datos disponibles, de  $N_{30}$  son variables entre 4 y rechazo, a diferentes cotas, tal y como representa la tabla siguiente.

UNIDAD	PROF. MEDIA	GOLPEO			GOLPEO $N_{30}$
		15	15	15	
QAL	3,48	9	7	8	15
QAL	6,23	6	8	11	19

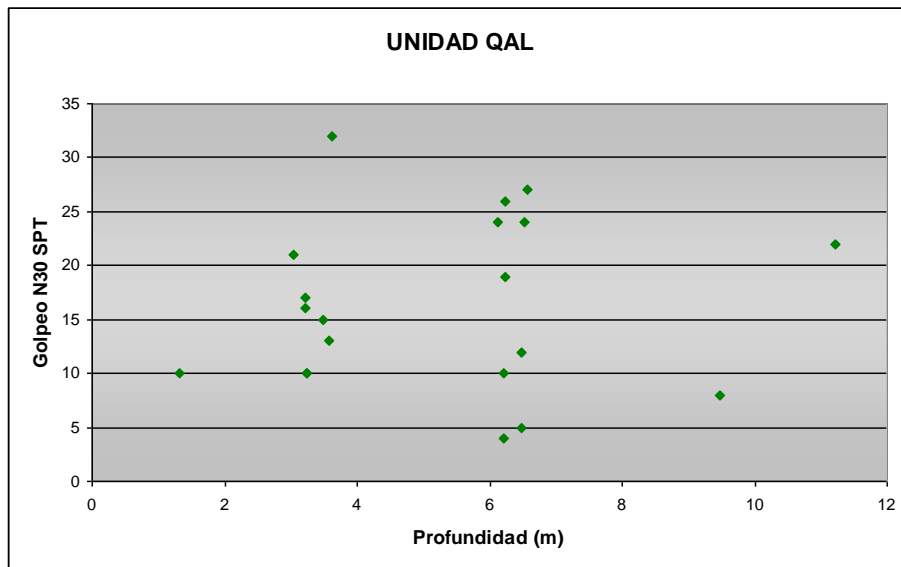


PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

UNIDAD	PROF. MEDIA	GOLPEO			GOLPEO N <sub>30</sub>
		15	15	15	
QAL	3,58	4	5	8	13
QAL	3,05	7	10	11	21
QAL	6,57	11	13	14	27
QAL	6,53	11	12	12	24
QAL	3,22	6	7	10	17
QAL	6,125	8	14	10	24
QAL	6,23	11	12	14	26
QAL	11,23	10	10	12	22
QAL	6,48	4	4	4	8
QAL	9,48	3	3	5	8
QAL	3,62	12	19	23	42
QAL	6,22	3	4	6	10
QAL	6,5	4	3	2	5
QAL	3,22	5	7	9	16
QAL	6,22	2	2	2	4
QAL	1,33	3	4	6	10
QAL	3,23	4	5	5	10
QAL	3,23	5	5	5	10
MEDIA DEL GOLPEO N <sub>30</sub> PARA LA UNIDAD QAL					16

**Resumen de datos disponibles de ensayos SPT realizados sobre materiales de la unidad QAL.**

Para poder establecer y adoptar un golpeo medio de la unidad aluvial, se han eliminado los valores mayores disponibles (101 o, lo que es lo mismo, rechazo en los primeros tramos del ensayo), considerando que los golpes mayores pudieran deberse al golpeo de la puntaza sobre cantos o bolos incluidos en los depósitos aluviales. De este modo, la media asignable a la unidad QAL para el golpeo N<sub>30</sub> del SPT se encuentra en torno a 16.



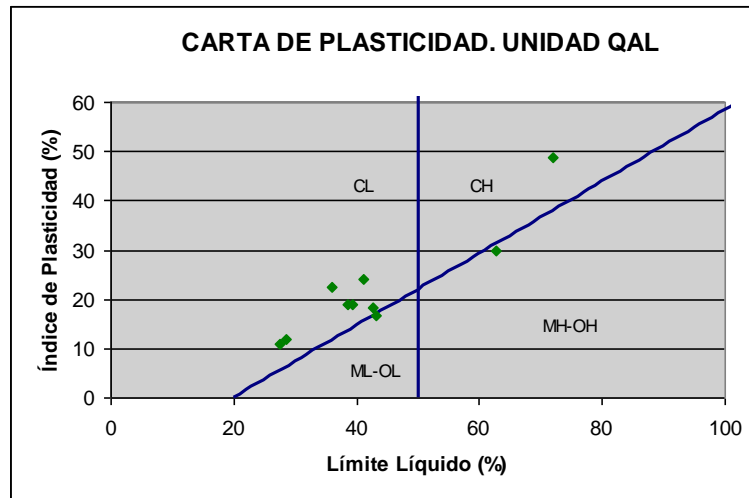
***N<sub>30</sub> SPT vs. profundidad del ensayo. Unidad QAL.***

En cuanto a las características composicionales de estos materiales, los ensayos de laboratorio disponibles sobre muestras de esta unidad arrojan los siguientes datos generales:

- Granulométricamente se trata en su mayoría de arenas con matriz arcillosa o limosa clasificadas según Casagrande como SM o SC en función de la plasticidad de sus finos. Algunas de las muestras son suelos mayoritariamente finos y de alta plasticidad, clasificados según Casagrande como CL o MH-OH.
- La plasticidad de los finos que contienen las muestras arenosas es una plasticidad generalmente media, aunque hay muestras en las cuales la plasticidad es nula. Los valores medios para el límite líquido están en torno al 47% e índices de plasticidad medios en torno al 21%. Por otra parte, los materiales arcillosos arrojan valores para el límite líquido del orden del 41% y para el índice de plasticidad en torno al 23%. A continuación se recoge la carta de plasticidad de los finos que contienen las muestras disponibles:



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA



**Carta de plasticidad. Unidad QAL.**

- La humedad natural ha variado entre el 32,5 y el 5%, con una media del 16% aproximadamente.
- No es frecuente la presencia de materia orgánica, por lo que los ensayos disponibles arrojan datos muy bajos o nulos en este parámetro.

PROF. (M)	UNIDAD	HUM. NAT. (%)	LÍM. ATTERBERG (%)			GRANULOMETRÍA % QUE PASA POR EL TAMIZ					CLASIFICACIONES			ENSAYOS QUÍMICOS	
			LL	LP	IP	#20	#5	#2	#0,4	#0,08	AASHTO	CASAGRANDE	ÍNDICE DE GRUPO	M.O. (%)	SO <sub>3</sub> (%)
3,35-3,80	QAL	16,72	39,3	20,5	18,8	100	98,9	88,8	49,5	30,3	A-6	SC	0		
2,40-2,82	QAL	14,25	43,2	26,4	16,8	100	100	100	100	98,9	A-7-6	ML-OL	20	0	
6,35-6,80	QAL	32,53	62,8	32,9	29,9	100	100	100	100	99	A-7-5	MH-OH	37		
3,00-3,45	QAL	20,75	42,6	24,2	18,4	100	100	100	100	98,9	A-7-6	CL	21		
5,90-6,35	QAL	15,12	38,6	19,7	18,9	87,8	81,5	72,7	37,1	26,3	A-6	CL	0		
6,00-6,45	QAL	12,32	27,5	16,5	11	100	98,6	84,3	19,3	10,5	A-6	SC	0		
11,00-11,45	QAL	12,24	28,5	16,5	12	100	98,7	85	44,2	25,5	A-6	SC	0		
3,40-3,85	QAL	12,94	N.P.	N.P.	N.P.	100	100	100	80,8	28,3	--	SM	0		
3,00-3,45	QAL	16,63	72,1	23,4	48,7	100	100	99,4	76,9	54,4	A-7-6	SC	22		
6,00-6,45	QAL	5,17	N.P.	N.P.	N.P.	100	81,1	62,8	21,7	11,2	A-4	SM	0		
2,00-2,45	QAL	13,78	41,1	17,1	24	100	98,1	89,8	58,4	34,8	A-7-6	SC	3		
3,00-3,45	QAL	15,04	N.P.	N.P.	N.P.	100	100	98,9	79,9	31,0	A-2-4	SM	0		0
3,00-3,45	QAL	21,46	36	13,7	22,3	100	99,3	89,5	38	21,7	A-2-6	SC	1		0

**Tabla Resumen de Datos geotécnicos de caracterización de la Ud.- QAL**

Los ensayos geofísicos realizados en la zona de estudio, han aportado valores para las ondas P en estos materiales entre 500 y 1.000 m/s por lo que se consideran materiales excavables con medios mecánicos convencionales.



A efectos de cálculo, se ha optado por asignar a estos materiales, valores característicos recogidos en bibliografía técnica especializada los cuales son los siguientes:

- Peso específico aparente =  $20,0 \text{ KN/m}^3$
- Cohesión  $C' = 0 \text{ KN/m}^2$
- Ángulo de rozamiento interno  $\phi' = 32^\circ$
- Módulo de deformación  $E = 1.000 - 1.500 \text{ t/m}^2$
- Coeficiente de Poisson  $\nu = 0,32$
- Coeficiente de Balasto  $K = 5.000 \text{ t/m}^3$

### 7.1.3. TA.- Tosco Arenoso

Esta unidad está compuesta por arenas arcillosas a arcillas con bastante arena de color marrón muy densas que conforman la transición entre la unidad Tosco infrayacente y la unidad superior (arena de miga) que no ha sido descrita y atravesada con tanta frecuencia en los Estudios antecedentes en el sector de las tres ERAR. En función del contenido en finos pueden denominarse arenas tosquizas. Únicamente ha sido identificada en algunas zonas de localización de los estanques de tormentas de la zona constituyendo el horizonte de cimentación de ambos.

De estos materiales se dispone de datos de 6 ensayos SPT de la zona y de multitud de datos en fase de elaboración de la Base de Datos de Geotecnia GEOMADRID, en los que se han obtenido sobre ellos valores característicos de arenas densas y muy densas, con golpes  $N_{30}$  variables entre 34 y 70, con un golpeo medio en torno a 50.

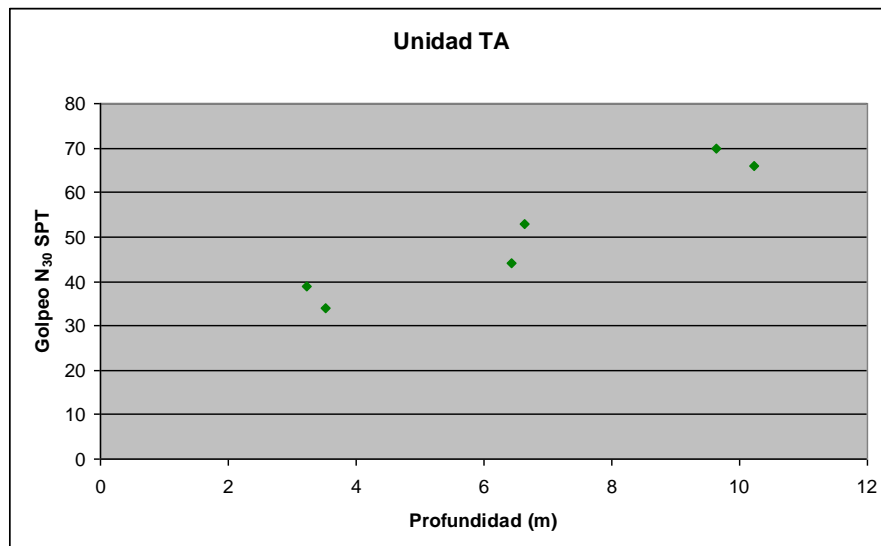
Tal y como recoge el gráfico y la tabla siguiente, parece existir una relación de proporcionalidad directa entre el golpeo del ensayo (propia de materiales granulares) y la profundidad, siendo mayores los golpes realizados a mayores profundidades.





UNIDAD	PROF. MEDIA	GOLPEO			GOLPEO N <sub>30</sub>
		15	15	15	
TA	3,53	12	15	19	34
TA	6,63	14	23	30	53
TA	9,63	17	27	43	70
TA	3,23	13	19	20	39
TA	6,43	14	19	25	44
TA	10,23	20	32	34	66
MEDIA DEL GOLPEO N <sub>30</sub> PARA LA UNIDAD TA					51

**Resumen de ensayos SPT realizados sobre materiales de la unidad TA.**



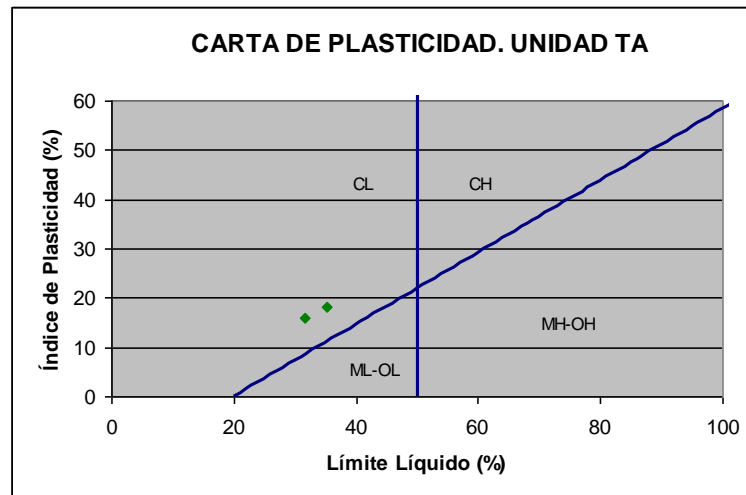
**N<sub>30</sub> SPT vs. profundidad del ensayo. Unidad TA.**

En cuanto a las características composicionales de estos materiales, se han realizado diversos ensayos de laboratorio sobre muestras de esta unidad.

Los datos obtenidos en los ensayos han sido comparados con aquellos aportados por la bibliografía existente, comprobándose efectivamente la coherencia entre ambos. Se han obtenido los siguientes resultados:

- Granulométricamente se trata de arenas con matriz arcillosa clasificadas según Casagrande como SC.

- La plasticidad de los finos que contienen las muestras arenosas es una plasticidad generalmente media. Los valores medios para el límite líquido están en torno al 33% e índices de plasticidad medios en torno al 17%. A continuación se recoge la carta de plasticidad de los finos que contienen las muestras ensayadas:



**Carta de plasticidad. Unidad TA.**

- La humedad natural suele variar entre el 11 y el 12,7% con una media en torno al 11,4%.
- Los módulos presiométricos típicos que se reflejan en la bibliografía se encuentran en torno a los 900 kp/cm<sup>2</sup>, variando entre un máximo de 2.500 kp/cm<sup>2</sup> y un mínimo de 300 kpcm<sup>2</sup>.

Por último, en cuanto a sus parámetros resistentes que se reflejan en la bibliografía, el ángulo de rozamiento varía entre 47,8° y 29°, con una media en torno a 20°, mientras que la cohesión efectiva varía entre 200 KPa y 0 KPa, con una media en torno a 40 KPa, y la compresión simple media se encuentra en torno a 250 KPa.

A efectos de cálculo se considerarán los siguientes parámetros geotécnicos los cuales son los utilizados en el cálculo de numerosas infraestructuras similares en la Comunidad de Madrid:



ASIGNACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA LOS PROYECTOS DEL METROSUR (5-11-1999)

TIPO DE SUELO	PESO ESPECÍFICO APARENTE $\gamma$ ( $t/m^3$ )	COHESIÓN $c'$ ( $t/m^2$ )	ÁNGULO DE ROZAM. INTERNO $\phi'$ ( $^\circ$ )	MÓDULO DE DEFORM. (Subsid.) $E$ ( $t/m^2$ )	COEFIC. DE POISSON $\nu$	COEFIC. DE BALASTO $K$ ( $t/m^3$ )
Arenas tosquizas	2,05	1,0 - 1,5	33	8.000-10.000	0,30	15.000-20.000
Toscas arenosas	2,08	2,0 - 2,5	32,5	13.000	0,30	25.000-35.000

**Parámetros de cálculo recomendados de la unidad TA.**

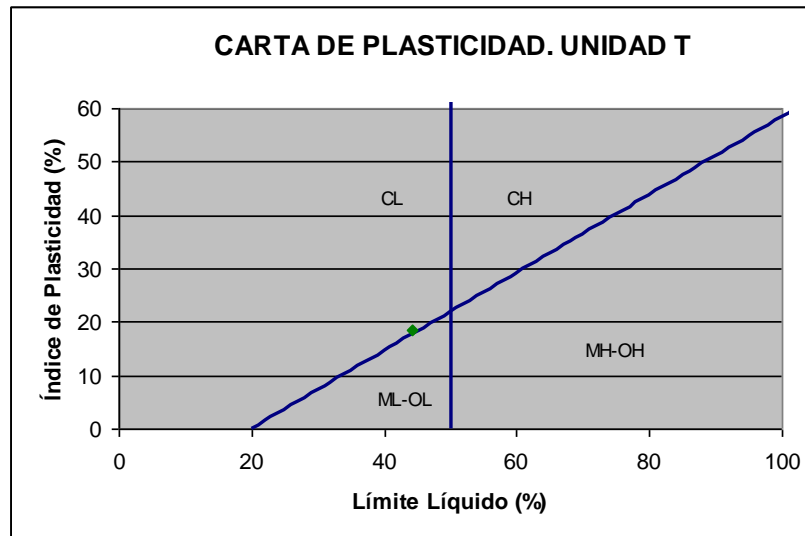
#### 7.1.4. T.- Tosco

Se trata de arcillas duras a muy duras con intercalaciones de arcillas arenosas de color marrón-ocre. Se diferencian de la unidad TA por el contenido en arenas que suele ser inferior al 30%.

Del mismo modo que ocurre con la unidad TA, los datos disponibles procedentes de ensayos de laboratorio realizados en estudios antecedentes sobre esta unidad se han comparado con los datos aportados por la bibliografía existente, comprobándose la coherencia entre ambos.

A partir de los datos obtenidos en laboratorio y los datos bibliográficos se puede concluir que:

- Granulométricamente se trata de arcillas arenosas de plasticidad media clasificadas según Casagrande como CL.
- La plasticidad es generalmente media. El valor obtenidos para el límite líquido está en torno al 44% e índice de plasticidad en torno al 18,5%. A continuación se recoge la carta de plasticidad de la muestra ensayada:



**Carta de plasticidad. Unidad T.**

- La humedad natural está en torno al 19,3%. Según datos bibliográficos la humedad natural oscila normalmente entre el 8 y el 22%.
- Los módulos presiométricos típicos que se reflejan en la bibliografía se encuentran en torno a 800-1000 Kp./cm<sup>2</sup>.
- La bibliografía refleja una resistencia a compresión simple que varía entre 50 y 1000 KPa, con una media en torno a 250 KPa.
- En cuanto al ángulo de rozamiento, se recogen valores entre 49 y 10°, con una media en torno a 28°, mientras que la cohesión efectiva varía entre 242 y 0 KPa con una media en torno a 42 KPa.

A efectos de cálculo se considerarán los siguientes parámetros geotécnicos los cuales son los utilizados en el cálculo de numerosas infraestructuras similares en la Comunidad de Madrid:

ASIGNACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA LOS PROYECTOS DEL METROSUR (5-11-1999)						
TIPO DE SUELO	PESO ESPECÍFICO APARENTE $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	COHESIÓN $c'$ (t/m <sup>2</sup> )	ÁNGULO DE ROZAM. INTERNO $\phi'$ (°)	MÓDULO DE DEFORM. (Subsid.) E (t/m <sup>2</sup> )	COEFIC. DE POISSON $\nu$	COEFIC. DE BALASTO K (t/m <sup>3</sup> )
Toscas	2,10	3,0 - 4,0	30	15.000-18.000	0,30	30.000- 40.000



***Parámetros de cálculo recomendados de la unidad T.***

**7.1.5. P.- Peñuelas**

Esta unidad está compuesta en toda la región por arcillas de distintas coloraciones, predominantemente marrones, en ocasiones gris-verdosas a negruzcas, generalmente de alta plasticidad, y duras de carácter masivo o con laminación milimétrica (observada al cortar longitudinalmente el testigo en las perforaciones).

En ocasiones se han identificado tramos más limosos y cuando la coloración es negruzca o gris es frecuente apreciar un abundante contenido en micas.

Presentan numerosos lisos constituidos por planos de fracturación claramente estriados, que parecen indicar pequeñas fallas en las que se acusa el movimiento relativo de un lado con relación al otro.

Estos lisos pueden ser consecuencia de los movimientos tectónicos asociados al macizo del Guadarrama.

El aspecto que presentan estos materiales se puede observar en las siguientes fotografías:



***Detalle de cambio en la coloración de los materiales de la unidad Peñuelas, de grises-azuladas a rojiza.***



***Detalle de liso en la formación Peñuelas.***



***Microlaminación en la formación P.***

De esta Unidad Peñuelas (Unidad P en la columna tipo adoptada), se dispone de multitud de datos de golpeo de ensayos SPT en el interior de los sondeos, tanto de estudios antecedentes como de los que están en elaboración procedentes de la Base de Datos de Geotecnia GEOMADRID.

En general, y sobre esta formación, los valores medios para el  $N_{30}$  están entre 18 y rechazo, con una media en torno a 45 golpes.

Una muestra de los resultados disponibles de estos ensayos se recogen en la tabla y gráfico siguientes:

UNIDAD	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO	GOLPEO $N_{30}$
--------	--------------------	--------	--------------------



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

		15	15	15	
P	6,23	7	12	13	25
P	9,23	8	10	12	22
P	12,23	12	15	19	34
P	15,23	10	18	26	44
P	9,23	9	16	24	40
P	12,23	10	18	22	40
P	6,33	11	16	22	38
P	9,43	7	10	14	24
P	12,38	10	14	16	30
P	15,43	18	23	31	54
P	6,23	8	14	20	34
P	9,28	12	18	29	47
P	12,23	10	16	23	39
P	6,28	7	12	15	27
P	9,63	8	13	18	31
P	12,93	10	12	14	26
P	15,93	12	14	16	30
P	5,23	11	14	18	32
P	10,60	10	13	14	27
P	15,43	17	23	35	58
P	25,43	33	50	--	101
P	9,77	9	13	15	28
P	13,02	16	18	22	40
P	15,82	26	31	38	69
P	19,23	26	33	36	69
P	9,53	14	20	18	38
P	10,72	16	27	34	61
P	21,07	50	--	--	101
P	27,22	22	34	47	81
P	29,11	36	50	--	101
P	6,13	22	19	40	59
P	9,63	7	9	12	21
P	12,53	10	12	24	36
P	30,03	23	33	45	78
P	6,58	18	15	18	33
P	9,63	6	10	12	22
P	12,45	6	17	50	101
P	9,68	2	6	9	15
P	6,23	11	12	14	26





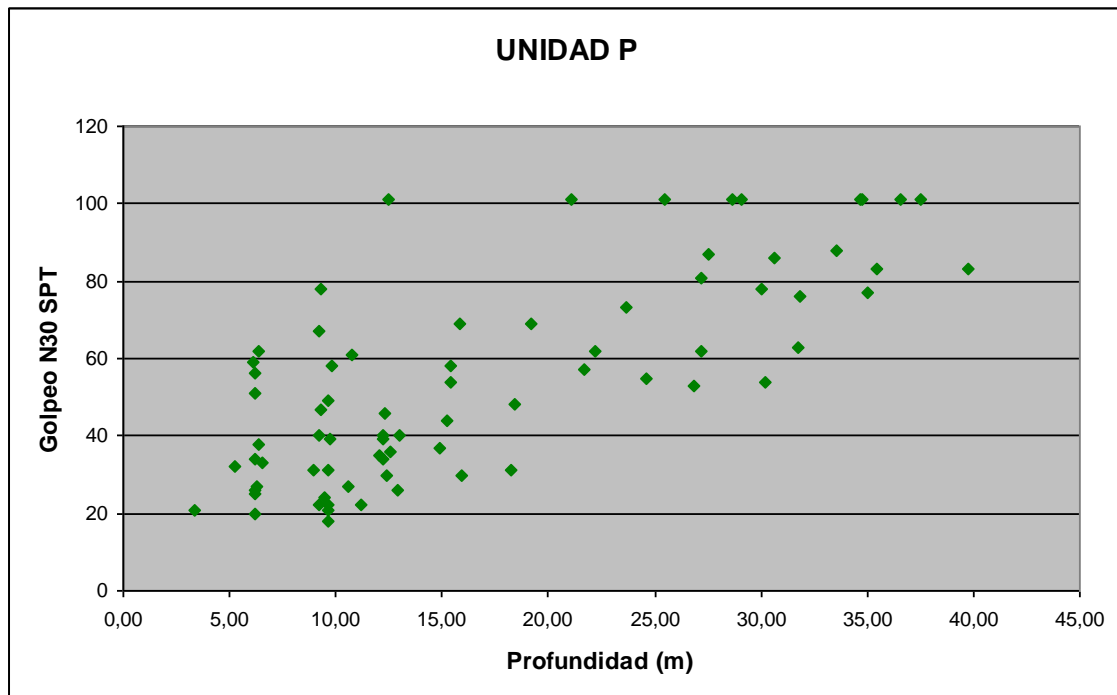
PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

UNIDAD	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO			GOLPEO N <sub>30</sub>
		15	15	15	
P	11,23	10	10	12	22
P	22,23	17	27	35	62
P	35,48	23	34	49	83
P	31,73	15	25	38	63
P	35,03	19	30	47	77
P	37,53	40	50	--	101
P	6,22	14	21	30	51
P	9,67	15	20	29	49
P	35,57	19	32	42	74
P	39,72	20	35	48	83
P	6,22	7	10	10	20
P	27,57	32	41	46	87
P	30,63	29	37	46	83
P	33,55	28	39	49	88
P	36,54	46	50	--	101
P	23,60	19	31	42	73
P	26,90	13	20	33	53
P	31,90	25	35	41	76
P	34,70	28	37	50	101
P	18,37	13	20	28	48
P	21,72	16	24	33	57
P	24,62	14	24	31	55
P	27,22	18	27	35	62
P	30,22	14	22	32	54
P	34,70	50	--	--	101
P	8,90	7	12	19	31
P	12,00	12	15	20	35
P	14,90	11	16	21	37
P	18,20	9	13	18	31
P	9,70	10	15	24	39
P	3,37	7	9	12	21
P	6,3	14	22	40	62
P	9,3	17	28	50	78
P	12,3	15	21	25	46
P	6,2	12	24	32	56
P	9,2	16	28	39	67



UNIDAD	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO			GOLPEO $N_{30}$
		15	15	15	
MEDIA DEL GOLPEO $N_{30}$ PARA LA UNIDAD P					55

Valores medios de ensayos SPT realizados sobre materiales de la unidad P.



$N_{30}$  SPT vs. profundidad del ensayo. Unidad P.

A la vista del gráfico anterior, donde se representan los golpes obtenidos frente a la profundidad del ensayo, se puede intuir que existe cierta relación entre la profundidad y el número de golpes, siendo  $N_{30}$  mayor cuanto mayor es la profundidad de realización del ensayo, por lo que se puede concluir que la resistencia de los materiales de la unidad P parece aumentar con la profundidad.

De los datos disponibles de ensayos presiométricos realizados en estudios antecedentes sobre arcillas oscuras de esta Unidad Peñuelas (P), podemos extraer los siguientes:

PROFUNDIDAD	UNIDAD	PRESIÓN	PRESIÓN	MÓDULO
-------------	--------	---------	---------	--------



	<b>GEOTÉCNICA</b>	<b>LÍMITE (bar)</b>	<b>NETA (bar)</b>	<b>PESIMÉTRICO (bar)</b>
11,40	P	30,2	26,70	202,69
11,35	P	38,7	35,20	719,23
31,20	P	45,6	44,10	694,02
35,00	P	>52	>50,9	814,04
28,30	P	>52	>50,2	2.318,23
35,10	P	54,9	53,80	2.473,80
26,15	P	36,5	34,50	514,61
31,10	P	36,3	34,80	776,52
26,50	P	26,3	24,30	306,39
34,20	P	>50	>48,8	1.361,44
12,50	P	28,00	24,70	634,49
20,30	P	>52	>49,4	1.423,10
<b>MÓD. PRESIMÉTRICO MEDIO.- UNIDAD P (bar)</b>				<b>1.019,88</b>

**Datos de ensayos presiométricos realizados sobre materiales de la unidad P.**

Como se puede observar, los valores que esta unidad tiene en referencia al Módulo Presiométrico oscilan entre 2.400 y 200 bares.

Para poder establecer un módulo presiométrico característico de la unidad, se han eliminado los valores mayores y menores de entre los datos recopilados, de forma que no se produjera una desviación de la media hacia valores poco representativo del conjunto de materiales.

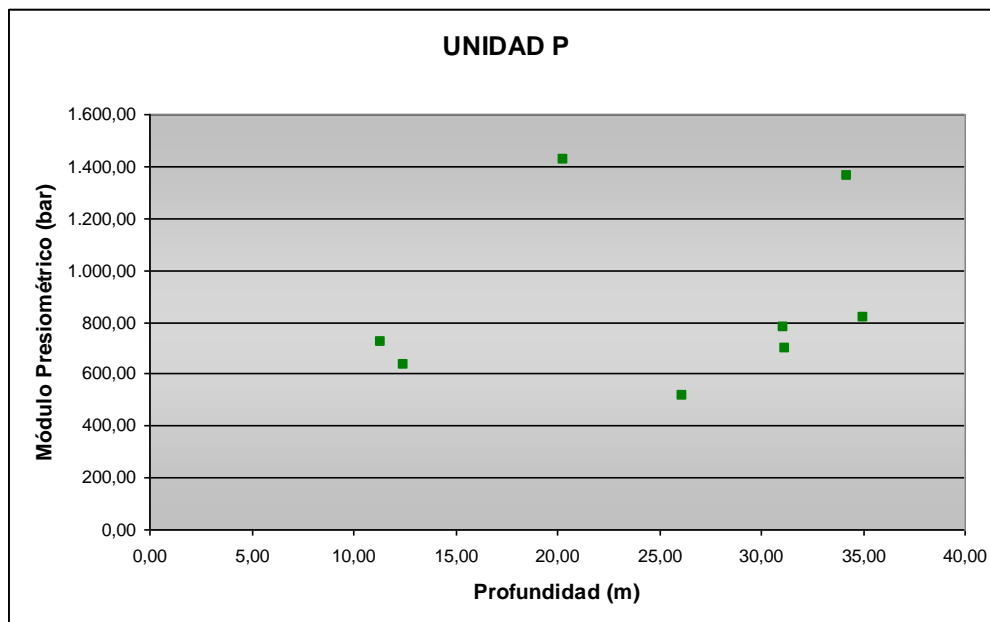
De esta manera, el Módulo Presiométrico medio que antes se situaba en torno a 1.000 bar de media, pasa a ser de 867 bar, como se recoge en la siguiente tabla:

<b>PROFUNDIDAD</b>	<b>UNIDAD GEOTÉCNICA</b>	<b>PRESIÓN LÍMITE (bar)</b>	<b>PRESIÓN NETA (bar)</b>	<b>MÓDULO PESIMÉTRICO (bar)</b>
11,35	P	38,7	35,20	719,23
31,20	P	45,6	44,10	694,02
35,00	P	>52	>50,9	814,04



26,15	P	36,5	34,50	514,61
31,10	P	36,3	34,80	776,52
34,20	P	>50	>48,8	1.361,44
12,50	P	28,00	24,70	634,49
20,30	P	>52	>49,4	1.423,10
<b>MÓD. PRESIOMÉTRICO MEDIO.-UNIDAD P (bar)</b>				<b>867,18</b>

**Ajuste de datos de ensayos presiométricos realizados sobre materiales de la unidad P para establecimiento de un módulo presiométrico representativo.**

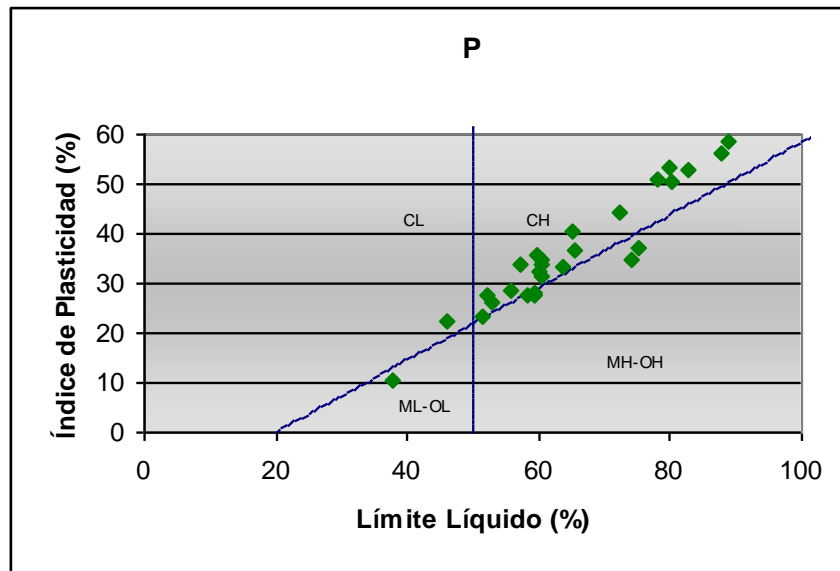


**Módulo presiométrico vs. profundidad del ensayo. Unidad P.**

De los numerosos datos de ensayos de laboratorio disponibles realizados en estudios antecedentes y los recopilados para el presente Estudio sobre la unidad P, se pueden concluir las siguientes propiedades:

- Según la clasificación de Casagrande los materiales de la unidad P son limos inorgánicos o arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, (la mayor parte de ellos se denominarían según dicha clasificación como CH, el resto MH).
- Por otro lado, todas las muestras presentan elevada plasticidad. Los valores para al límite líquido oscilan entre 89 y 38 %, con un valor medio para del 64%. En

cuanto al índice de plasticidad, se obtienen valores en el intervalo 10-58 %, con una media en torno al 36%. A continuación se muestra la carta de plasticidad de Casagrande con las muestras de la unidad Peñuelas (P) disponibles:



**Carta de plasticidad. Unidad P.**

- La densidad seca obtenida en los ensayos de laboratorio para las muestras de la unidad P, varía entre un máximo de 17,4 KN/m<sup>3</sup> y un mínimo de 14 KN/m<sup>3</sup>, con una media en torno a 15 KN/m<sup>3</sup>.
- El peso específico de las partículas se ha determinado en 4 muestras, obteniéndose una media de 2,63 g/cm<sup>3</sup>.
- La humedad natural de las muestras ensayadas oscila entre el 33 y el 17%, con una humedad media en torno al 25%.
- Respecto al contenido en componentes accesorios, se han recopilado los datos referentes a contenido en materia orgánica y contenido en sulfatos solubles. El contenido en materia orgánica varía entre 0,4 y 0,7%, con una media en torno a 0,5%. En cuanto a los sulfatos, es más variable, habiendo muestras exentas y otras que “de visu” presentan algo de yeso visible; si es notorio son PY.
- La resistencia de la peñuela es muy variable, y depende mucho de la humedad natural que presentan, así como del índice de consistencia. Los valores recopilados varían entre 140 y 700 KN/m<sup>2</sup>, como normales, habiendo otros muy



superiores, pero que por infrecuentes no se consideran. La resistencia media característica de la unidad P resulta finalmente  $485 \text{ KN/m}^2$ .

- Para definir las características resistentes de la formación P, se ha recopilado información de ensayos triaxiales (CU) y ensayos de corte directo (CU). Las cohesiones efectivas varían entre  $135$  y  $13 \text{ KN/m}^2$ , la cohesión efectiva media se encuentra en torno a  $60 \text{ KN/m}^2$ .
- Por otra parte, los ángulos de rozamiento efectivo suelen oscilar entre  $12$  y  $35^\circ$ , habiendo a veces valores anómalamente altos, de más de  $40^\circ$ . Sin considerar estos valores altos, el ángulo de rozamiento interno medio es de aproximadamente  $28^\circ$ .
- La expansividad de las peñuelas se ha considerado, recopilando datos de ensayos de expansividad Lambe, ensayos de hinchamiento libre y ensayos de determinación de la presión de hinchamiento. La presión de hinchamiento ha aportado en los datos recopilados valores comprendidos entre  $30$  y  $100 \text{ KN/m}^2$ , con una media situada en torno a los  $66 \text{ KN/m}^2$ . Por otra parte, los ensayos de expansividad tipo Lambe, tienen índices de hinchamiento variables, desde  $0,00$  y cambios potenciales de volumen no críticos, a valores algo superiores. Por último, el hinchamiento libre suele ser inferior al  $3\%$ , con una media en torno al  $2\%$  valor que habitual de hinchamiento libre de las peñuelas típicas de los suelos de Madrid.

En la tabla siguiente se muestran datos de ensayos de laboratorio recopilados y elaborados sobre muestras de la unidad Peñuelas (P).



Bajo esta denominación se describen arcillas de distintas coloraciones: pardas, marrones y negras, duras a muy duras que presentan mineralización de yeso de carácter secundario, fibroso o pulverulento, bien en vetas subverticales de tamaño centimétrico, bien en forma de pequeños nódulos.

El contenido aproximado de yeso en las arcillas es generalmente inferior al 10%. El aspecto que presentan testigos de sondeo de estos materiales se puede observar en las siguientes fotografías:



***Dos fotos de testigos de la PY. En la inferior, el testigo de la derecha, es un detalle de veta de yeso en la formación Peñuelas yesíferas (PY). A la izquierda y foto superior, la formación yesífera (FY).***

De los datos de ensayos de penetración tipo SPT disponibles de antecedentes, sobre materiales de la unidad PY, los valores representativos son los de la siguiente tabla:

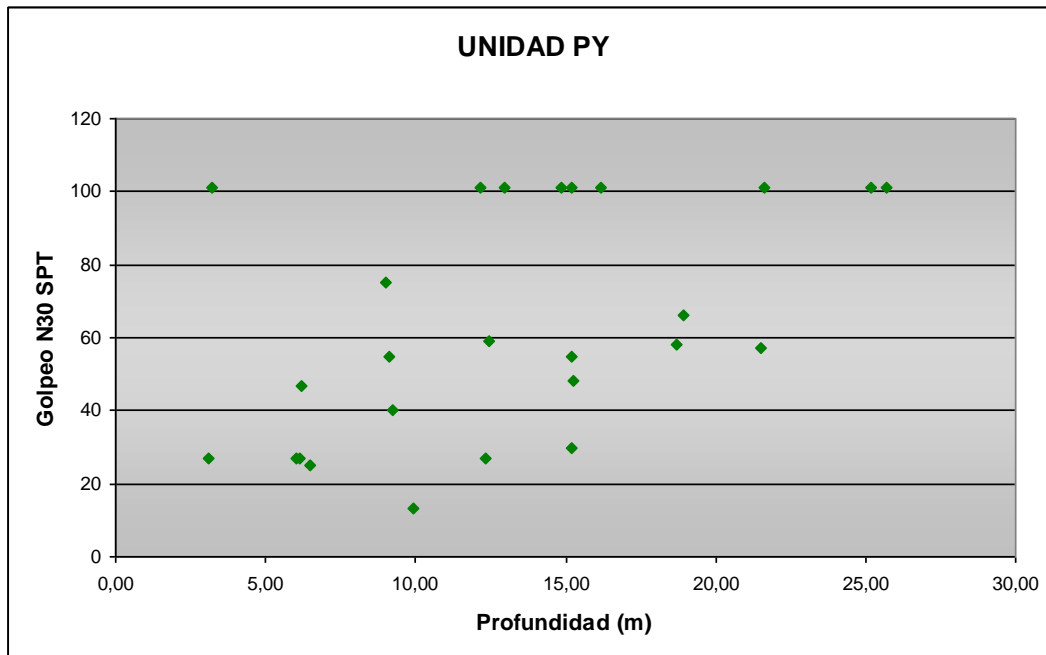




PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

Unidad	Prof. Media (m)	Golpeo			Golpeo N <sub>30</sub>
		15	15	15	
PY	15,23	24	24	31	55
PY	18,93	10	18	48	66
PY	9,93	6	6	7	13
PY	12,33	14	13	14	27
PY	14,85	50	--	--	101
PY	18,73	16	23	35	58
PY	25,70	50	--	--	101
PY	21,60	41	50	--	101
PY	6,02	8	12	15	27
PY	21,52	14	22	35	57
PY	15,23	11	18	30	48
PY	6,17	8	16	31	47
PY	9,1	14	23	32	55
PY	15,22	8	13	17	30
PY	12,97	50	--	--	101
PY	16,2	34	42	50	101
PY	3,12	10	13	14	27
PY	6,12	15	11	16	27
PY	9,02	21	30	42	72
PY	12,47	15	28	30	59
PY	3,2	8	20	50	101
PY	6,47	17	8	17	25
PY	9,22	16	19	21	40
PY	12,17	20	50	--	101
PY	15,22	30	50	--	101
MEDIA DEL GOLPEO N <sub>30</sub> PARA LA UNIDAD PY					63

**Resumen de ensayos SPT realizados sobre materiales de la unidad PY.**



***N<sub>30</sub> SPT vs. profundidad del ensayo. Unidad PY.***

Como puede observarse, el golpeo N<sub>30</sub> del ensayo SPT varía entre 13 y 101, con un golpeo medio en torno a 63, algo mayor que el de la unidad P. La heterogeneidad de resultados probablemente se deba a la existencia de mineralización yesífera dispersa o dispuesta de modo no uniforme en el seno de las arcillas.

En este caso también parece existir una relación de proporcionalidad directa entre la resistencia al golpeo y la profundidad a la que se realiza el ensayo.

Al igual que en el caso de las Peñuelas (P), se dispone de datos sobre los materiales de la unidad PY, de ensayos presiométricos. El módulo presiométricos es en esta unidad variable entre 400 y 1.200 bares, con una media en torno a 800 bares como recoge la siguiente tabla:

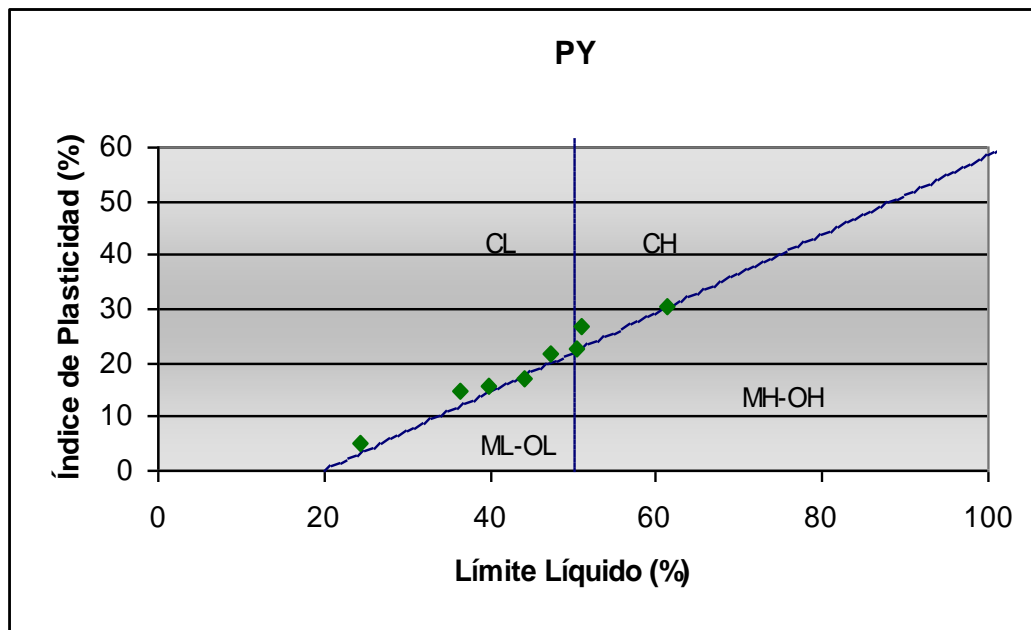


<b>SONDEO</b>	<b>PROFUNDIDAD</b>	<b>UNIDAD GEOTÉCNICA</b>	<b>PRESIÓN LÍMITE (bar)</b>	<b>PRESIÓN NETA (bar)</b>	<b>MÓDULO PESIOMÉTRICO (bar)</b>
ST-4	18,00	PY	>52	>49,2	713,94
ST-12	12,40	PY	>52	>48,7	844,49
ST-13	18,00	PY	21,20	19,90	436,75
ST-15	16,10	PY	>52	>49	1.223,08
<b>MÓDULO PRESIOMÉTRICO EN LA UNIDAD PY (bar)</b>					<b>804,57</b>

**Resumen de ensayos presiométricos realizados sobre materiales de la unidad P.**

A partir de los resultados recopilados obtenidos en los ensayos de laboratorio, se pueden establecer las siguientes propiedades geotécnicas para esta unidad Peñuelas Yesífera (PY):

- Granulométricamente se trata de arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, clasificadas según Casagrande como CL, aunque tres de las muestras han resultado arcillas de alta plasticidad clasificadas como CH.
- 
- El límite líquido ha variado entre 8 y 61%, con un LL medio en torno al 44%. En cuanto al índice de plasticidad, los resultados obtenidos han variado entre un máximo del 30% y un mínimo del 5% con una media en torno al 19%, los resultados obtenidos varían entre 19 y 27%, con una media situada en torno al 24%. A continuación se muestra la carta de plasticidad de Casagrande con las muestras de la unidad PY ensayadas:



**Carta de plasticidad de la unidad PY.**

- La humedad natural es variable, pero oscila entre 14 y 27%, a veces condicionado por la profundidad de la muestra tomada. Se puede establecer una humedad natural media del 22%.
- En lo referente a peso específico y densidad seca, se puede establecer que los materiales de la unidad PY tienen una densidad seca media de 17 KN/m<sup>3</sup> y un peso específico de 2,6 g/cm<sup>3</sup>.
- Se han recopilado valores del contenido en materia orgánica, en carbonatos y en sulfatos. El contenido en materia orgánica varía entre 1,44 % de máxima y 0,5% de mínima, con una media en torno al 1%. El contenido en carbonatos es también variable, entorno a un porcentaje de 5,50% en peso. Por último, el contenido en sulfatos solubles da valores tan variables como un porcentaje en yesos del 0% (N.C. no contiene) y un valor del 14% en peso. No es significativo calcular una media característica de la unidad ya que como se ha observado la heterogeneidad del contenido en yeso es notable.
- La resistencia a compresión simple de estos materiales oscila entre 225 y 659, con una media de 442 KN/m<sup>2</sup>.





- Peso aparente: 21 KN/m<sup>3</sup>
- Cohesión aparente C'=80 KN/m<sup>3</sup>
- Ángulo de rozamiento  $\phi'$ =30°
- Módulo de deformación: 25.000 t/m<sup>2</sup>
- Coeficiente de Poisson  $\nu$ =0,27
- Módulo de balasto K=40.000 – 55.000 t/m<sup>3</sup>

### 7.1.7. FY. Formación yesífera

Bajo esta nomenclatura se agrupan arcillas y yesos interestratificados con contenidos mayoritarios de arcilla o yeso variables tanto en la vertical como en la horizontal.

Se identifican en el sector de las tres ERAR, La China, Butarque y Sur, dos tipologías de mineralización, incluidas ambas bajo la denominación de formación yesífera pero distinguidas en la columna tipo adoptada para el presente Estudio.

La primera se trata de un interestratificado de arcillas gris-verdosas y yesos masivos o sacaroideos en distintas proporciones, con espaciados centimétricos a métricos. Otra posibilidad es encontrar los cristales de yeso incluidos en una matriz arcillosa con tamaños de cristal centimétricos, siendo siempre predominante la fracción arcillosa.

Para facilitar la diferenciación de estos dos litotipos, se considera el índice de contenido en yesos ( $I_y$  %) como la proporción aproximada, diferenciada “de visu”, de yesos en las arcillas.

En la caracterización y descripción geotécnica que se realiza a continuación, en base a todos los datos de la zona recopilados, se han agrupado los materiales en dos subunidades: arcillas con yesos (A+Y) y yesos con arcillas (Y+A), de forma que se puedan asignar unos valores característicos a los materiales de la unidad FY.



La diferenciación entre ambas unidades se ha realizado a partir del índice de yesos, considerándose **arcillas con yesos (A+Y)** los materiales que presentan un índice de yesos ( $I_y$ ) entre 0 y 50%, y **yesos con arcilla (Y+A)** los materiales con un índice de yesos mayor del 50%. Hay que destacar que, como es de esperar, la variabilidad de resultados en general está relacionada con un mayor o menor contenido de mineralización evaporítica.

Como se puede observar en la columna adoptada, en la mayoría de los casos es posible, dentro de la unidad FY, la discriminación de más tipos de materiales en función del índice de yesos, siendo  $I_y$  más fina, habiéndose diferenciado cuatro intervalos: 0-25%, 25-50%, 50-75% y 75-100%.

A continuación se describen las características de cada una de las subunidades diferenciadas dentro de la unidad FY.

#### 1.1.1.11.- A+Y. Arcillas con yeso.

Se trata de arcillas generalmente de color gris oscuro-negro en las que se observa una baja-media proporción de mineralización de yeso. El yeso se presenta en forma de cristales centimétricos, en forma de niveles pulverulentos de espesor y espaciado milimétrico o en forma de niveles masivos.

El índice de yesos definido en esta unidad suele variar entre el 10 y el 50 % (por encima de un 50% se consideran yesos con arcillas, como se comenta en el epígrafe anterior).

El aspecto que presentan las arcillas con yeso se puede observar en las siguientes fotografías de testigos de sondeos en la zona de las ERAR:



***Arcillas con yeso en un sondeo junto a la ERAR Butarque. Se puede observar la microlaminación entre arcillas y yeso pulverulento.***



***Detalle de mineralización de cristales de yeso en las arcillas grises de la formación yesífera.***

Las arcillas con yeso se diferencian de las peñuelas yesíferas por la tipología de mineralización del yeso dentro de las arcillas así como por su abundancia relativa. En el





caso de las arcillas con yeso de la formación yesífera, el yeso es de carácter cristalino, masivo o pulverulento, y se encuentra claramente interestratificado con la arcilla, pudiendo existir una microlaminación con ella cuando es de tipo pulverulento muy llamativa debido al contraste de colores; mientras que las peñuelas yesíferas, como se ha comentado, presentan mineralización únicamente en vetas de yeso fibroso o en pequeños nódulos de yeso pulverulento, aportando asimismo mucha menor proporción que en el caso de los materiales de la unidad FY.

Se han recopilado gran cantidad de datos de ensayos de penetración SPT realizados en sondeos sobre los materiales de esta subunidad geotécnica A+Y en estudios antecedentes o en la Base de Datos Geotécnica GEOMADRID, cuyos valores se resumen en una parte de ellos en la siguiente tabla:

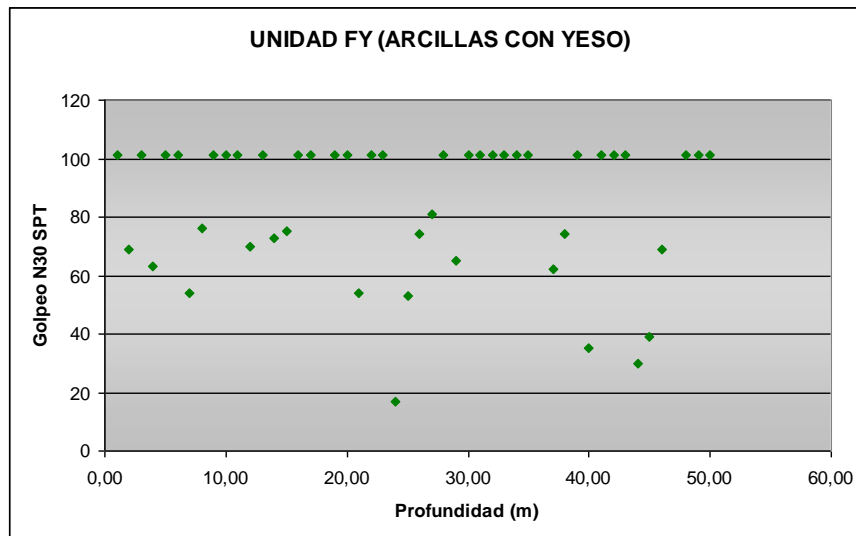
UNIDAD	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO			GOLPEO N <sub>30</sub>
		15	15	15	
FY A+Y	18,05	50	--	--	101
FY A+Y	18,38	21	30	39	69
FY A+Y	18,13	18	50	--	101
FY A+Y	20,03	14	23	40	63
FY A+Y	21,55	30	41	50	101
FY A+Y	17,73	35	50	--	101
FY A+Y	21,03	18	23	31	54
FY A+Y	18,42	20	33	43	76
FY A+Y	23,05	9	50	--	101
FY A+Y	22,26	50	--	--	101
FY A+Y	25,73	50	--	--	101
FY A+Y	15,32	23	31	39	70
FY A+Y	17,9	42	50	--	101
FY Y+A	15,43	22	33	40	73
FY A+Y	18,23	17	40	35	75
FY A+Y	20,82	39	45	50	101
FY A+Y	22,43	34	50	--	101
FY A+Y	15,30	19	50	--	101
FY A+Y	16,13	19	50	--	101
FY A+Y	12,53	20	50	--	101
FY A+Y	20,23	15	24	30	54
FY A+Y	25,05	50	--	--	101
FY A+Y	28,13	39	50	--	101



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

UNIDAD	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO			GOLPEO N <sub>30</sub>
		15	15	15	
FY A+Y	13,57	15	3	14	17
FY A+Y	21,72	15	20	33	53
FY A+Y	16,41	23	31	50	81
FY A+Y	42,38	50	--	--	101
FY A+Y	12,1	20	26	39	65
FY A+Y	15,02	42	50	--	101
FY A+Y	17,75	50	--	--	101
FY A+Y	20,8	50	--	--	101
FY A+Y	9,12	30	50	--	101
FY A+Y	12,27	40	50	--	101
FY A+Y	15,27	26	50	--	101
FY A+Y	25,20	50	--	--	R
FY A+Y	6,27	19	23	39	62
FY A+Y	9,52	15	25	49	74
FY A+Y	19,05	50	--	--	101
FY A+Y	6,52	12	15	20	35
FY A+Y	9,97	29	50	--	101
FY A+Y	13,12	38	50	--	101
FY A+Y	19,05	50	--	--	101
FY A+Y	9,42	19	16	14	30
FY A+Y	9,22	11	17	22	39
FY A+Y	6,43	26	38	31	69
FY A+Y	8,37				
FY A+Y	11,3	19	27	50	101
FY A+Y	18,35	50	--	--	101
FY A+Y	18,22	30	50	--	101
MEDIA DEL GOLPEO N <sub>30</sub> SUBUNIDAD A+Y (ARCILLAS CON YESO) DE LA UNIDAD FY					<b>85</b>

**Datos de ensayos SPT recopilados de materiales de la unidad FY, arcillas con yeso, subunidad A+Y.**



***N<sub>30</sub> SPT vs. profundidad del ensayo. Arcillas con yeso de la unidad FY.***

Es normal que exista dispersión en los resultados de penetración sobre estos materiales, ya que la resistencia de los mismos varía con el contenido en yeso. Los valores de N<sub>30</sub> varían de 17 mín. y 101 (rechazo) máx. Por otra parte, se dispone de datos de módulo presiométrico recopilados de ensayos presiométricos sobre la unidad, siguiente tabla:

<b>PROFUNDIDAD</b>	<b>UNIDAD GEOTÉCNICA</b>	<b>PRESIÓN LÍMITE (bar)</b>	<b>PRESIÓN NETA (bar)</b>	<b>MÓDULO PESIOMÉTRICO (bar)</b>
18,30	FY A+Y	--	--	1.233,31
18,30	FY A+Y	>48	>45,2	956,48
17,20	FY A+Y	>52	>49,2	1.137,97
25,35	FY A+Y	>52	>49,9	1.656,65
24,30	FY A+Y	>52	>49,8	1.352,96
28,15	FY A+Y	>52	>46,2	2.007,90
22,80	FY A+Y	>54	>51,7	2.196,60
20,20	FY A+Y	>52	>49,40	1.971,06
11,15	FY A+Y	>44	>43	649,04
19,40	FY A+Y	>48	>45,4	1.026,76
23,50	FY A+Y	>50	>49,8	1.704,53
30,20	FY Y+A	>52	>50,4	1.527,25
<b>MÓDULO PRESIOMÉTRICO EN LA SUBUNIDAD A+Y (bar)</b>				<b>1.451,71</b>



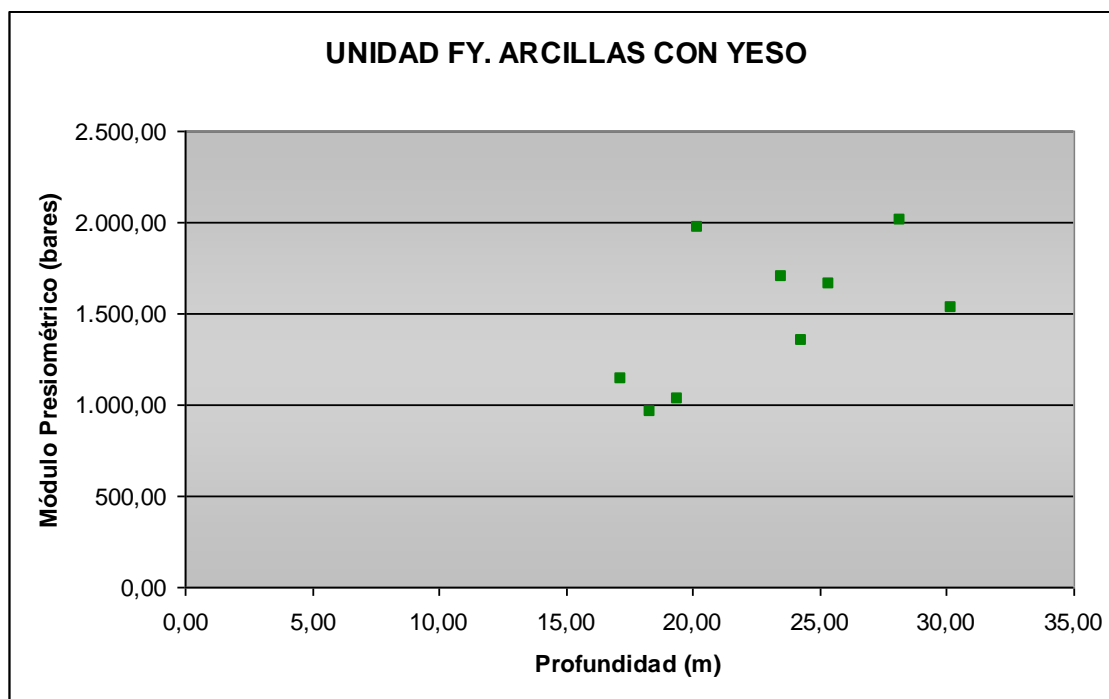
Para poder establecer un módulo presiométrico característico, y con el fin de no desviar la media hacia resultados poco representativos, se han ajustado los datos disponibles eliminando los valores mayor y menor de la tabla anterior.

<b>PROFUNDIDAD</b>	<b>UNIDAD GEOTÉCNICA</b>	<b>PRESIÓN LÍMITE (bar)</b>	<b>PRESIÓN NETA (bar)</b>	<b>MÓDULO PESIOMÉTRICO (bar)</b>
18,30	FY A+Y	>48	>45,2	956,48
17,20	FY A+Y	>52	>49,2	1.137,97
25,35	FY A+Y	>52	>49,9	1.656,65
24,30	FY A+Y	>52	>49,8	1.352,96
28,15	FY A+Y	>52	>46,2	2.007,90
20,20	FY A+Y	>52	>49,40	1.971,06
19,40	FY A+Y	>48	>45,4	1.026,76
23,50	FY A+Y	>50	>49,8	1.704,53
30,20	FY Y+A	>52	>50,4	1.527,25
<b>MÓDULO PRESIOMÉTRICO EN LA SUBUNIDAD A+Y (bar)</b>				<b>1.482,40</b>

***Ajuste de datos de ensayos presiométricos disponibles sobre materiales de la unidad A+Y (FY) para establecimiento de un módulo presiométrico representativo.***

De esta manera, se puede hablar de módulos presiométricos variables entre 956 y 2.007 bares, con un módulo presiométrico medio de las arcillas con yeso de la unidad FY, de 1.482 bar, considerablemente mayor que el del resto de las unidades descritas hasta ahora.

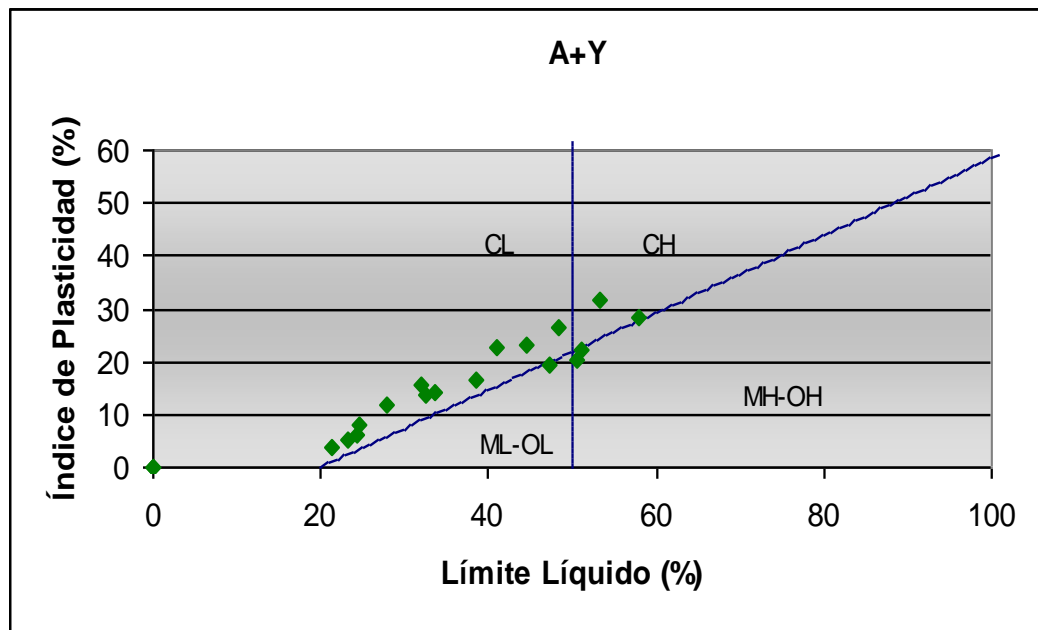
Esto es así al ser la primera formación geológica en la que el yeso, que en sí mismo es un material rocoso, influye en las propiedades propias de suelos y arcillas, aumentando al resistencia del terreno.



***Módulo presiométrico vs. profundidad de los datos de ensayos en la zona de las ERAR recopilados.- Unidad FY.- (Arcillas con yeso).***

En lo referente a datos geotécnicos procedentes de ensayos de laboratorio, se han recopilado y analizado los siguientes bajo la denominación A+Y de la unidad FY.

- Granulométricamente se clasifican mayoritariamente como arcillas de plasticidad media (CL según Casagrande), aunque en algunas muestra, los resultados de los ensayos de laboratorio han aportado valores que permiten clasificar las muestras como de alta plasticidad (CH o MH).
- El límite líquido obtenido en los ensayos para establecer los límites de Atterberg, ha variado entre 21 y 58%; el límite líquido medio se ha establecido en el 38%. El límite plástico ha oscilado entre el 30 y el 16%, con una media en torno al 21%. Por último, el índice de plasticidad ha variado entre 31 y 4% con una media en torno al 17%. Algunas muestras son han resultado No Plásticas. A continuación se muestra la carta de plasticidad de Casagrande con las muestras de la unidad A+Y (FY) ensayadas:



**Carta de plasticidad de la subunidad A+Y.**

- De las muestra con datos disponibles recopilados del entrono de las ERAR ensayadas para el cálculo de la humedad natural, se derivan valores variables entre el 6 y el 27%, con una humedad natural media en torno al 16%.
- La densidad seca de estos materiales, oscila entre 15 y 20 KN/m<sup>3</sup>, con una media en torno a 18 KN/m<sup>3</sup>. El peso específico obtenido de las arcillas con yeso es en torno a 2,63 g/cm<sup>3</sup>.
- En cuanto a los componentes químicos accesorios, el contenido en materia orgánica, varía entre 1,5 y 0,5% con una media del 1%. Por otra parte, el contenido en sulfatos, oscila entre el 2 y el 41%, dependiendo del contenido en yeso del tramo en cuestión de la formación.
- En cuanto a la resistencia a compresión simple de estos materiales, se han recopilado valores que varían entre 175 y 2.781 KN/m<sup>2</sup>, por lo que la media de la resistencia a compresión simple de estos materiales es de 1.179 KN/m<sup>2</sup>.

- En cuanto a los parámetros resistentes, en base a datos de ensayos triaxiales tipo CU, se puede establecer un ángulo de rozamiento interno medio de 38° y una cohesión de 51 KPa para los materiales de esta unidad.
- Por último, para evaluar la expansividad de los materiales, se ha obtenido datos de ensayos de hinchamiento Lambe, ensayos de determinación de la presión de hinchamiento y ensayos de hinchamiento libre. El ensayo Lambe suele clasificar el cambio potencial de volumen de estos materiales como *No crítico*. En los ensayos de determinación de la presión de hinchamiento se dan valores entre 10 y 80 KN/m<sup>2</sup> con una media de 33 KN/m<sup>2</sup>. Por último mientras que en los ensayos de hinchamiento libre se asigna habitualmente a es formación un valor medio del 1,5%.
- Para determinar la abrasividad de estos materiales, se ha recopilado información de ensayos de abrasividad Cerchar, obteniéndose un índice de abrasividad medio de 0,1 mm., valor con el cual se puede establecer que se trata de una roca muy poco abrasiva, tal como recoge la tabla a continuación:

<b>ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR (CAI)</b>	<b>ABRASIVIDAD</b>
> 4,5	Extremadamente Abrasiva
4,5 – 4,25	Altamente Abrasiva
4,25 – 4	Abrasiva
4 – 3,5	Moderadamente Abrasiva
3,5 – 2,5	Abrasividad Media
2,5 – 1,2	Poco Abrasiva
< 1,2	Muy Poco Abrasiva

**Relación CAI-Abrasividad.**

En la tabla siguiente se recogen y resumen los parámetros obtenidos y recopilados de terrenos presentes en las parcelas y sus inmediaciones de las ERAR de La China, Butarque y Sur. Todos los ensayos de laboratorio reflejados están realizados sobre muestras de arcillas con yeso (A+Y) de la unidad FY.





Cuando la predominancia es de fracción yesífera frente al contenido arcilloso, se describe la unidad como yesos con arcillas (índice de yesos mayor del 50%). Generalmente los yesos son de carácter masivo macrocristalino, raramente fibroso, pudiendo presentar pequeñas zonas de disolución. Presentan un aspecto grisáceo al contener relativamente altos porcentajes de arcillas gris-oscuras en la mayoría de los casos, aunque se trata de materiales “rocosos” como puede observarse en las siguientes fotografías:



***Aspecto de yesos con arcillas de la unidad FY.***



***Aspecto de yesos con arcillas de la unidad FY.***



**Fotografía Aspecto de yesos con arcillas de la unidad FY.**

Puntualmente, en esta unidad se localizan pequeñas zonas de disolución parcial del yeso de tamaño centimétrico, aunque lo normal es que no exista conexión, extensión o haberse detectado continuidad lateral ni en profundidad de las mismas; están embebidas en una potente masa arcillosa que aísla estos niveles de yesos semidisueltos



**Detalle de disolución localizada sobre los yesos.**

Se ha recopilado y elaborado, sobre ensayos realizados en los materiales de la subunidad geotécnica Y+A, próximos a la ubicación de las ERAR, los datos de ensayos



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

de penetración SPT que, como era de esperar, en todos los casos y al tratarse de un material pseudorocoso, han dado valores de rechazo, tal y como muestra la siguiente tabla:

UNIDAD	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO			GOLPEO N <sub>30</sub>
		15	15	15	
FY Y+A	21,10	50	--	--	101
FY Y+A	23,64	50	--	--	101
FY Y+A	27,02	23	39	50	101
FY Y+A	15,35	50	--	--	101
FY Y+A	27,23	24	50	--	101
FY Y+A	26,73	50	--	--	101
FY Y+A	30,63	30	50	--	101
FY Y+A	15,05	50	--	--	101
FY Y+A	15,55	50	--	--	101
FY Y+A	18,55	50	--	--	101
FY Y+A	24,85	50	--	--	101
FY Y+A	28,55	50	--	--	101
FY Y+A	31,70	17	25	50	101
FY Y+A	8,93	50	--	--	101
FY Y+A	12,24	50	--	--	101
FY Y+A	21,02	50	--	--	101
FY Y+A	8,6	50	--	--	101
FY Y+A	28,2	50	--	--	101
FY Y+A	33,02	50	--	--	101
FY Y+A	36,02	50	--	--	101
FY Y+A	3,15	50	--	--	101
FY Y+A	21,02	50	--	--	101
FY Y+A	28,55	50	--	--	101
FY Y+A	3,03	50	--	--	101
FY Y+A	3,2	44	17	50	101
FY Y+A	16,2	25	46	50	101
FY Y+A	12,06	50	--	--	101
FY Y+A	15,05	50	--	--	101
FY Y+A	18,05	50	--	--	101
FY Y+A	19,67	50	--	--	101
FY Y+A	11,46	50	--	--	101
FY Y+A	15,84	50	--	--	101



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

UNIDAD	PROF. MEDIA (m)	GOLPEO			GOLPEO N <sub>30</sub>
		15	15	15	
FY Y+A	18,06	50	--	--	101
FY Y+A	21,00	50	--	--	101
FY Y+A	12,15	50	--	--	101
FY Y+A	15,27	30	50	--	101
MEDIA GOLPEO N <sub>30</sub> --SUBUNIDAD YESOS CON ARCILLAS (FY)					RECHAZO

**Datos de ensayos SPT obtenidos sobre materiales de la unidad FY en la zona de las tres ERAR.- yesos con arcillas, subunidad Y+A.**

Por otra parte, se ha recopilado información sobre ensayos presiométricos, cuyos resultados rondan y superan los 4.000 bares de módulo presiométrico. Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

PROFUNDIDAD (m)	UNIDAD GEOTÉCNICA	PRESIÓN LÍMITE (bar)	PRESIÓN NETA (bar)	MÓDULO PESIMÉTRICO (bar)
30,05	FY Y+A	>52	>50,4	4.465,90
20,00	FY Y+A	>40	>37,5	4.944,64
28,20	FY Y+A	>50	>48,2	3.809,12
MÓD. PRESIOMÉTRICO UNIDAD FY.- YESOS CON ARCILLA (bar)				4.406,55

**Resumen datos de ensayos presiométricos sobre materiales de la subunidad Y+A (FY).**

De los ensayos de laboratorio presentados anteriormente, y realizados sobre muestras de la subunidad Y+A (unidad geotécnica FY), obtenidas en sondeos ejecutados sobre los terrenos en los que asientan las ERAR de La China, Butarque y Sur, se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- Los ensayos granulométricos, de los finos interestratificados con el yeso, los califican como arcillas no plásticas.
- La humedad nat. de las muestras varía entre el 0 y el 10%, con una media del 4%.
- La densidad seca obtenida en los ensayos recopilados varía entre 20 y 26 KN/m<sup>3</sup>, con una media de 23,6 KN/m<sup>3</sup>.
- El contenido en sulfatos solubles oscila entre el 28 y el 43% en peso.
- La resistencia a compresión simple de estos materiales varía entre 2.500 y 25.700 KPa., con una resistencia a compresión simple media de 9.400 KPa.
- La abrasividad de estos materiales se estima en función del índice de abrasividad Cerchar y del índice Schymazek. El índice de abrasividad Cerchar, de esta Unidad FY.-Y+A ha sido de 0,1 mm., y el índice Schymazek (F) de 0,0002 kp/cm<sup>2</sup>, calificándose como materiales de muy baja abrasividad, y rozabilidad muy buena, como indica la siguiente tabla, y la comentada anteriormente:

ABRASIVIDAD F (kp/cm)	ROZABILIDAD
0,2-0,3	Muy buena
0,3-0,4	Buena
0,4-0,5	Moderada
0,5-0,6	Regular
0,6-0,8	Mala
0,8-1,0	Muy mala

**Relación entre el índice F del ensayo Schymazek y la rozabilidad.**

En cuanto a su excavabilidad, de los ensayos geofísicos de la zona, establecen una velocidad de ondas P en estos materiales superior a 2.500 m/s, lo cual clasifica estos materiales como marginales. En la tabla siguiente se recogen todos los datos de ensayos de laboratorio realizados sobre muestras de la unidad FY (Y+A) tomadas en la zona de ubicación de las ERAR.

Profundidad	Unidad	Densidad seca (KN/m <sup>3</sup> )	Hum. Nat. (%)	Lím. Atterberg			Granulometría % que pasa por el tamiz					Clasificaciones			Ensayos Químicos		RCS (tj) KPa	Presión hinchamiento (KPa)	Índice de abrasividad Cerchar (mm)	Índice Schymazek F (kp/cm)
				LL	LP	IP	#20	#5	#2	#0,4	#0,08	AASHTO	Casa-grande	Índice de grupo	M.O. (%)	SO <sub>3</sub> (%)				
26,05-26,50	Y+A	20,3	9,00													20,231	2,781			
24,90-25,25	Y+A	22,1	3,00													39,605	3,145			
26,75-27,05	Y+A	22,3	0,80													43,720	11,780	0		
26,55-27,05	Y+A	26,1	1,10													27,775	10,506	0,1	0,0002	
32,85-33,25	Y+A	26,6	0,00														25,700			
15,00-15,11	Y+A		10,55	N.P.	N.P.	N.P.	100	100	100	95,1	84,1	A-4	CL	0		36,862				
14,95-15,30	Y+A	24,4	3,80													29,318	2,552			

**Resumen de datos de laboratorio realizados en muestras de la subunidad Y+A, unidad FY**



## **7.2. RESUMEN: PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ZONAS DE LAS ERAR**

A partir de todos los datos recabados a partir de ensayos de laboratorio sobre muestras obtenidas en reconocimientos geotécnicos efectuados en el ámbito de las ERAR de la China, Butarque y Sur, se han establecido unas características medias de las unidades geotécnicas diferenciadas.

En determinados parámetros, como puede ser el contenido en sulfatos, o la presión de hinchamiento, los valores han oscilado en rangos amplios. En estos casos se ha considerado poco oportuno estimar una media aritmética de los resultados obtenidos y se ha optado por establecer el rango de variación de los mismos.

Los resultados presentados se han contrastado con los recogidos en la bibliografía técnica, analizando su similitud o varianza. En todos los casos los datos recopilados en los ensayos de laboratorio son similares, o se encuentran en el rango de variación, de los establecidos en la literatura especializada. En la tabla siguiente se recogen las características medias de cada unidad geotécnica.

A efectos de su aplicación a futuros cálculos, se ha optado por asignar al terreno las propiedades geotécnicas utilizadas en distintas obras de infraestructuras, que se localizan del lado de la seguridad y están suficientemente contrastadas, lo que se muestra en la segunda de las dos tablas siguientes.

UNIDADES GEOTÉCNICAS	N <sub>30</sub> SPT	MÓDULO PRESIOMÉTRICO (bar)	Densidad seca (KN/m <sup>3</sup> )	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Hum. Nat. (%)	Límites de Atterberg		Clasificación Casagrande	Ensayos Químicos		RCS (q <sub>u</sub> ) KPa	Triaxial			Ensayo de hinchamiento Lambe Cambio potencial de volumen	Presión hinchamiento (KPa)	Hinchamiento libre (%)	Excavabilidad	
						LL	IP		M.O. (%)	SO <sub>3</sub> (%)		Tipo	Φ' (°)	C' (KPa)					
RELLENO ANTRÓPICO .RA.	18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	Excavable	
CUATERNARIO ALUVIAL. QAL.	16	--	--	--	16	43	22	SC-SM	0	--	--	--	--	--	--	--	--	Excavable	
TOSCO ARENOSO TA	51	--	--	--	11	34	17	SC	--	0	--	--	--	--	--	--	--	Excavable	
TOSCO T	42	--	--	--	19	44	18,5	CL	--	0	--	--	--	--	--	--	--	Excavable	
PEÑUELAS. P.	55	867	15	2,63	25	64	36	CH	0,5	0	485	CU	28	60	No crítico	30-100	2	Excavable	
PEÑUELAS YESÍFERAS. PY.	62	804	17	2,60	22	44	19	CL	1	0-14	442	CU	39	83	No crítico	20-160	1,3	Excavable	
FY	ARCILLAS CON YESO (A+Y)	17-R	1.482	18	2,63	16	38	17	CL	1	2-41	1.179	CU	38	51	No crítico	10-80	1,5	Marginal
	YESOS CON ARCILLA (Y+A)	R	4.400	23,6	--	4	--	--	--	--	--	9.400	--	--	--	--	--	--	Marginal

Resumen caract. Geotécnicas medias establecidas a partir datos de ensayos sobre muestras de las distintas Uds. geotécnicas diferenciadas en la zona de las ERAR de la China, Butarque y Sur.

UNIDAD	Peso aparente (t/m <sup>3</sup> )	Cohesión C' (t/m <sup>2</sup> )	Ángulo de rozamiento interno Φ' (°)	Módulo de deform. (subsidi.) E (t/m <sup>2</sup> )	Coefficiente de Poisson v	Módulo de balasto k (t/m <sup>3</sup> )	
RA	1,8	0,00	28	800-1.000	0,35	2.000	
QAL	2,00	0,00	32	1.000-1.500	0,32	5.000	
TA	Tosco arenoso	2,08	2,0-2,5	32,5	13.000	0,30	25.000-35.000
	Arena tosquizada	2,05	1,0-1,5	33	8.000-10.000	0,30	15.000-20.000
T	2,10	3,0	30	15.000-18.000	0,30	30.000-40.000	
P	2,00	5,0-6,0	28	20.000	0,28	35.000-50.000	
PY	2,10	5,0-8,0	30	25.000	0,27	40.000-55.000	
FY	A+Y	2,10	5,0-8,0	30	25.000	0,27	40.000-55.000
	Y+A	2,30	7,0-10,0	28	40.000	0,26	60.000

Resumen de propiedades geotécnicas recomendadas para las distintas unidades geotécnicas diferenciadas en el ámbito de las ERAR de La China, Butarque y Sur.



### **7.3. ESTABILIDAD DE TALUDES**

#### **7.3.1. Introducción**

Las actuaciones y obras que se deriven realizar en las ERAR de La china, Butarque y Sur, o zonas aledañas de las alternativas propuestas en el marco del presente Estudio, se realizarán, como fase previa, en excavaciones sobre el actual terreno natural o de las parcelas de las ERAR a cielo abierto.

Estas excavaciones afectarán directamente en primera instancia a los niveles superiores de rellenos antrópicos (RA), y cuaternarios aluviales (QAL), de los definidos y descritos en la columna tipo adoptada y presentada en puntos anteriores, y bajo ellos al terciario.

La afección a niveles infradyacentes a los anteriores, de tosco (T), Peñuelas (P) o alguno de los niveles yesíferos (PY, A+Y, Y+A), se definirá en fases posteriores de este estudio.

De esta manera, es necesario establecer de forma aproximada cuáles son los taludes de excavación recomendados en el caso de construcción de nuevos elementos de depuración en las ERAR, establecimiento que se hará en función de las características de los materiales sobre los que se realiza la excavación y las características del vaciado.

En el análisis que se presenta a continuación, de modo orientativo, se considera que el problema es bidimensional, y se estudia una superficie de rotura hipotética de tipología circular que define el sector del posible deslizamiento.

La situación se evalúa a través de las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras y la resistencia de dicha superficie de deslizamiento.

El valor que se obtiene es un factor de seguridad obtenido por comparación de las magnitudes calculadas que tienen a estabilizar o desestabilizar la masa “movilizada”. El procedimiento se repite hasta obtener una superficie “crítica” que proporciona el factor de seguridad mínimo, en base al cual se adopta el talud o se modifica.





La metodología seguida este análisis de estabilidad, que se presenta como previo y orientativo de las condiciones que posiblemente se darán en algunas de las excavaciones a proyectar, es la siguiente:

- Establecimiento de la tipología de excavación
- Asignación de parámetros de cálculo
- Análisis y evaluación de los resultados

Los cálculos se han realizado mediante las aplicaciones informáticas SLOPE/W de GEOSLOPE Software y SLIDE de RocScience, donde se han especificado las características de los materiales a excavar, como densidad seca y parámetros resistentes y distintas secciones de excavación que se reproducen en secciones tipo de las plantas de las ERAR y en las zonas de ubicación de posibles elementos situados en los alrededores de las mismas.

Los programas trabajan con varios métodos entre los que se encuentran los de: Morgensten-Price, Fellenius, Bishop, Jambu simplificado, etc. Parte de una superficie de rotura cilíndrica que divide el terreno en rebanadas tomando distintos centros y radios del círculo de rotura; evalúa de todas las rebanadas la distribución de fuerzas y momentos, en busca del coeficiente de seguridad menor. El resultado es la caracterización del círculo de rotura que aporta el menor coeficiente de seguridad, al ser el más inestable. En la salida gráfica que aporta el software se indica el círculo de rotura pésimo, la malla de cálculo (cada nudo es el centro de un círculo de rotura analizado) y el factor de seguridad obtenido.

En algunos casos el mínimo factor de seguridad que aporta el programa, se limita a pequeños círculos de rotura superficiales de escasa entidad. En esos casos, dado que esta situación obviamente no es un síntoma de inestabilidad global de la excavación, se ha buscado el factor de seguridad que posee un círculo de rotura de mayor entidad, a pesar de que sea claramente mayor que el resultado mínimo aportado por la aplicación informática. Por esta razón, antes de considerar un resultado como válido, ha sido analizado críticamente con el fin de establecer si el resultado es razonable.



### 7.3.2. Asignación de parámetros y modelización del talud

Las excavaciones se realizarán sobre los materiales de las unidades: RA, QAL, TA, T, P, PY y FY. De forma simplificada, para el análisis de estabilidad se han agrupado estas siete unidades en dos: materiales cuaternarios y materiales terciarios ya que las características de las unidades RA y QAL son similares, al igual que los son las de las unidades TA, T, P, PY y FY.

Los parámetros a emplear en el cálculo de estabilidad son los siguientes, justificados en epígrafes anteriores. De todos los valores asignados a cada una de las unidades terciarias, se ha asignado a la unidad de cálculo de estabilidad correspondiente al terciario, de forma conservadora, con los valores menores.

<b>UNIDAD</b>	<b>Peso aparente (KN/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Cohesión C' (KN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Ángulo de rozamiento interno <math>\Phi'</math>(°)</b>
RA	18	0	28
QAL	20	0	32
P, PY, FY	20	55	28
TA, T	20,5	15	30

**Propiedades geotécnicas utilizadas en el análisis de estabilidad.**

Como ya se ha comentado, los materiales cuaternarios engloban las unidades RA y QAL, mientras que los terciarios engloban los materiales de las unidades T, TA, P, PY y FY (tanto A+Y como Y+A).

La modelización del talud se ha realizado analizando tanto el perfil geotécnico longitudinal como los perfiles geotécnicos transversales estableciendo los espesores máximos de materiales cuaternarios así como la localización del contacto entre cuaternarios y terciarios.

Para las excavaciones a cielo abierto correspondientes a elementos de las ERAR, se ha comenzado por considerar una sección tipo combinada, estableciendo un talud con

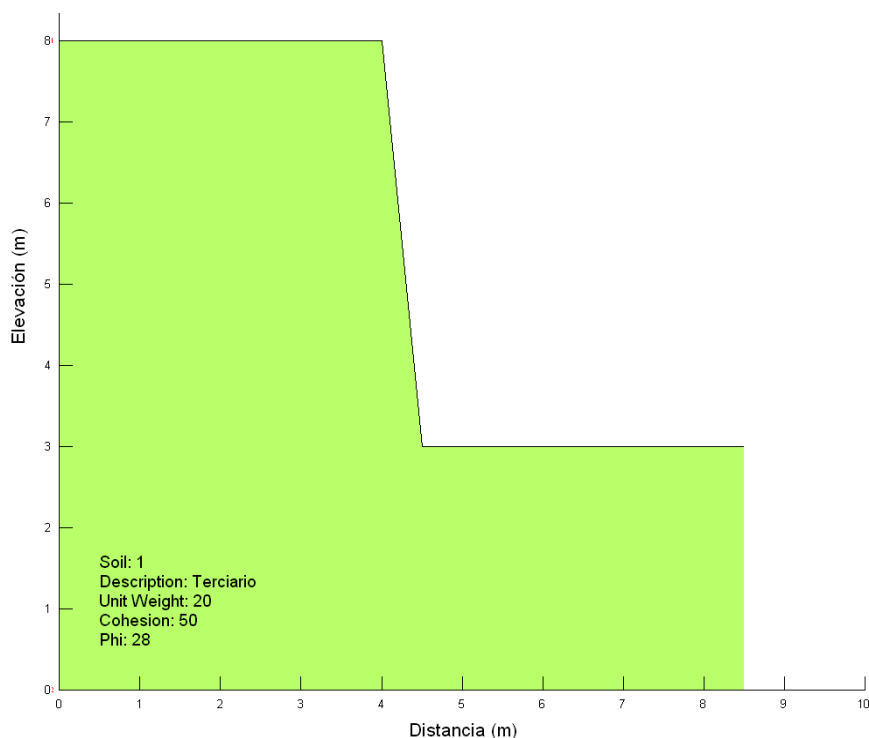


inclinación 1H:5V en los 2,5 m más profundos excavados siempre en materiales terciarios (lo que habrá que afinar una vez definidas las actuaciones en las ERAR); a continuación existe una berma de 5 m de anchura y el resto del talud se ha diseñado con inclinación 2H:1V independientemente de los materiales que conformen la cara del talud (terciarios o cuaternarios, posiblemente éstos segundos).

En el análisis de estabilidad se han evaluado distintos casos que han servido de base para realizar un análisis crítico acerca de cada una de las situaciones que se pueden reproducir en las excavaciones a efectuar en las ERAR.

Los casos hipotéticos considerados y estudiados, en cuanto a la estabilidad de los posibles taludes de excavación a realizar, son los que se enuncian a continuación:

1. **CASO -1.-** Talud de 2,50 m de altura, excavado completamente sobre el sustrato terciario con inclinación 1H:5V. Este caso estudiará la estabilidad de los 2,50 m más profundos a lo largo del tramo.

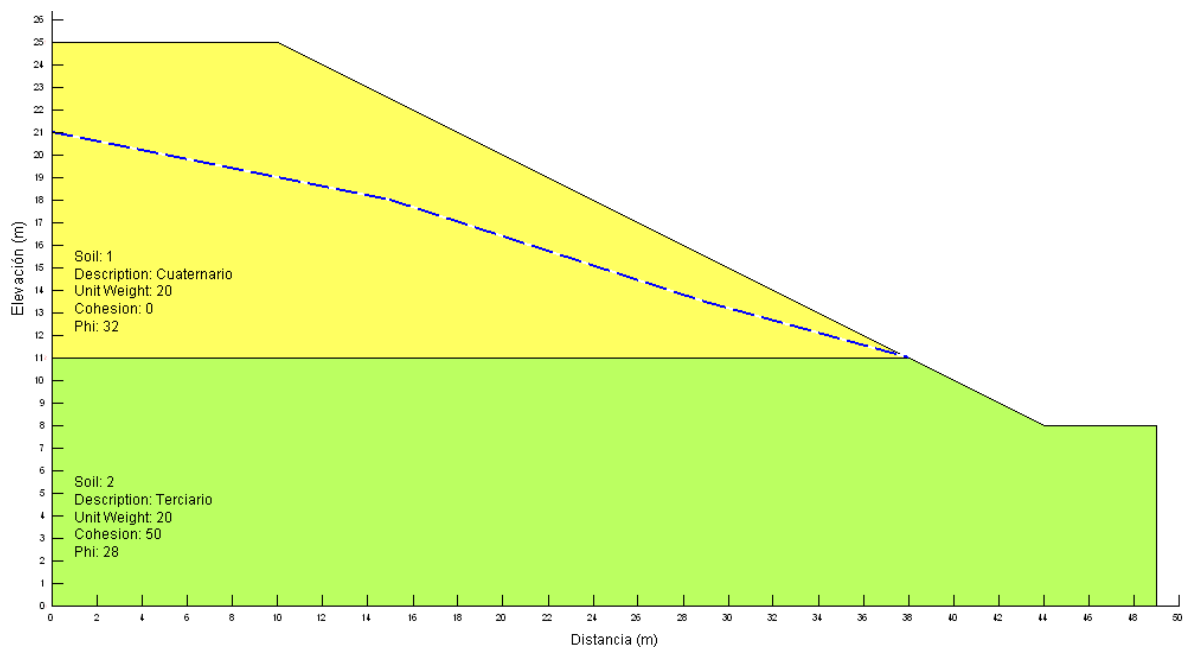


**Modelo del caso 1.**

2. **CASO- 2.-** Talud de 17 m de altura excavado sobre materiales cuaternarios y terciarios, con inclinación 2H:1V. La profundidad del contacto cuaternario-terciario se ha establecido a partir del perfil geotécnico en el que se ha buscado el espesor

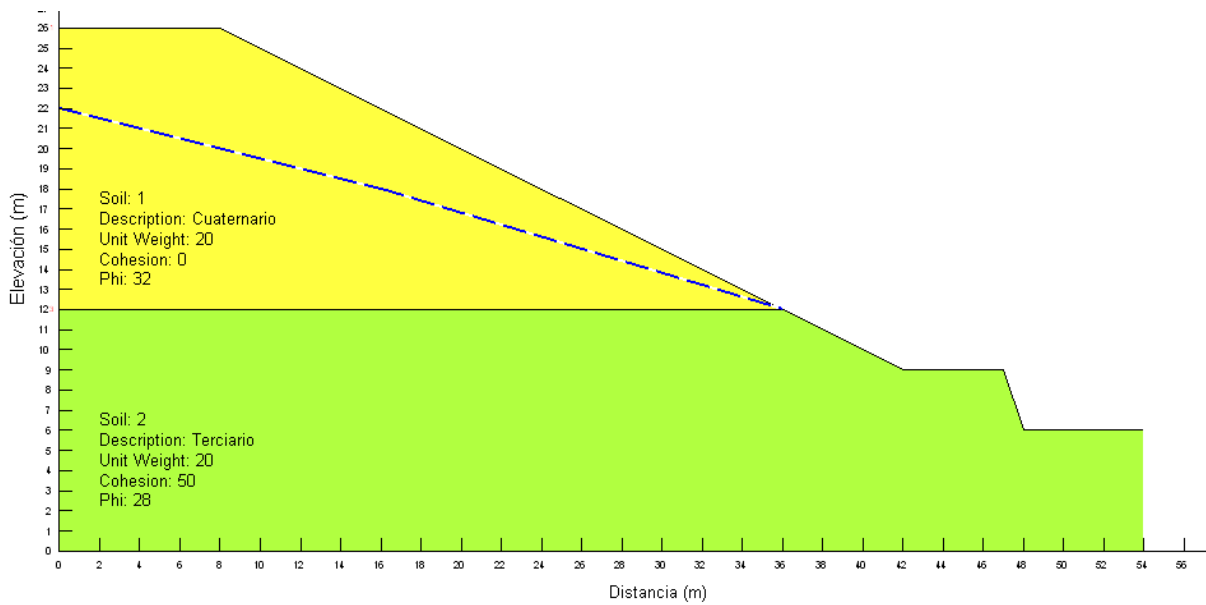
máximo de materiales cuaternarios de manera que la mayor parte del talud sea excavado sobre materiales más desfavorables.

Este contacto se ha establecido en 14 m a partir de la superficie. El resultado es un talud mixto con 14 m de materiales cuaternarios y 6 m de materiales terciarios todos ellos excavados con un talud 2H:1V. Adicionalmente se ha añadido la situación del nivel freático establecida a partir de los resultados obtenidos durante la ejecución de la campaña geotécnica.



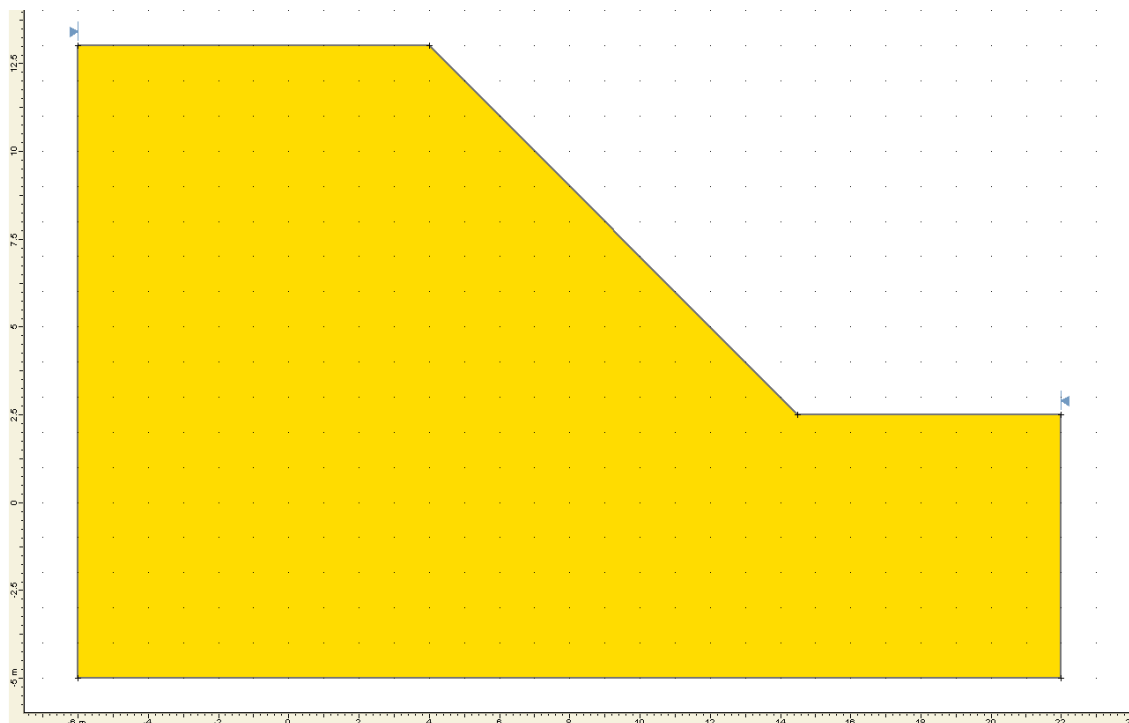
**Modelo del caso 2.**

- CASO-3.-** Análisis final. Se ha modelizado, por último, un talud idéntico al de la sección tipo en el que se representa el funcionamiento del sistema en conjunto.



**Modelo del caso 3.**

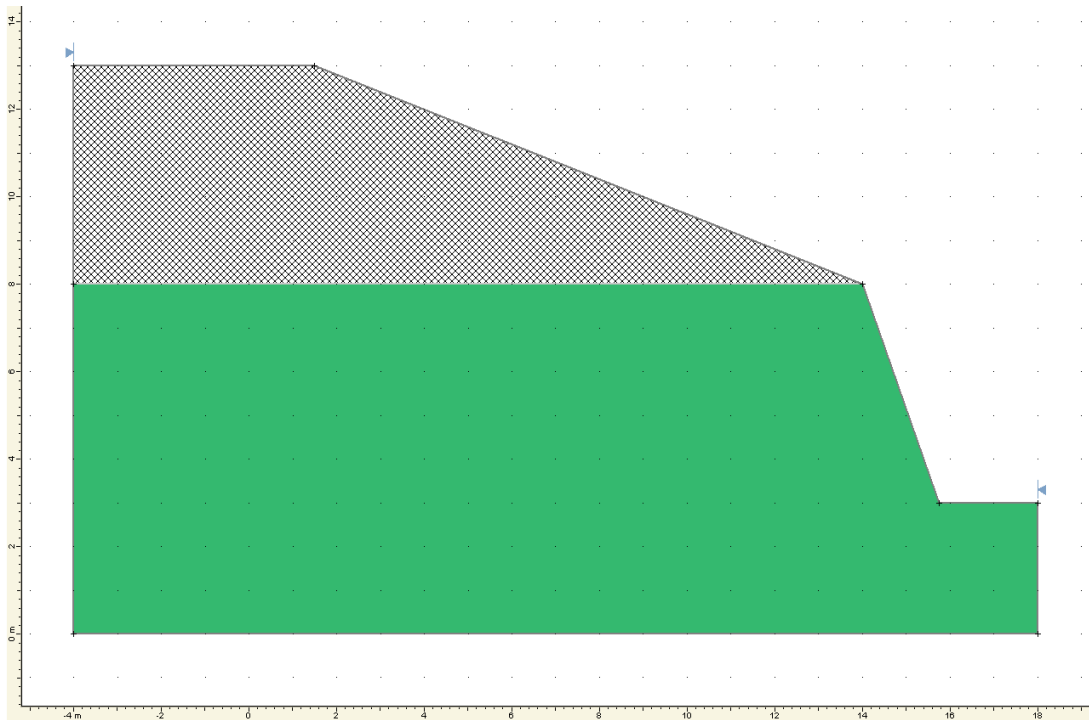
4. **CASO-4.-** Talud de 10,5 metros de altura excavado en terrenos de las unidades T y TA, con inclinación 1H:1V.



**Modelo del caso 4.**

5. **CASO-5.-** Talud de 10,5 metros de altura excavado en la parte superior sobre rellenos antrópicos (RA), con inclinación 2,5H:1V, y en terrenos terciarios (P), al

1H:2V en su parte inferior. Se obtiene un talud mixto con 5 m de rellenos antrópicos y 5,5 de terrenos terciarios.



**Modelo del caso 5.**

Con el análisis de los casos mencionados, se puede evaluar la estabilidad de cualquier caso intermedio que se pueda reproducir en cualquier excavación que se realice en las parcelas de la ERAR y zona limítrofes, una vez definidas la actuaciones.

Todo ello considerando, que cualquier talud de menor altura, y similares características, aportaría un factor de seguridad mayor que el obtenido en el caso de análisis presentado, y que cuanto menor sea el espesor de materiales cuaternarios, mayor será el factor de seguridad, puesto que aumentará la proporción relativa de materiales de mejores propiedades resistentes (terciarios en general), frente a los más desfavorables (cuaternarios), como se ha puesto de manifiesto en puntos de descripciones geotécnicas previas

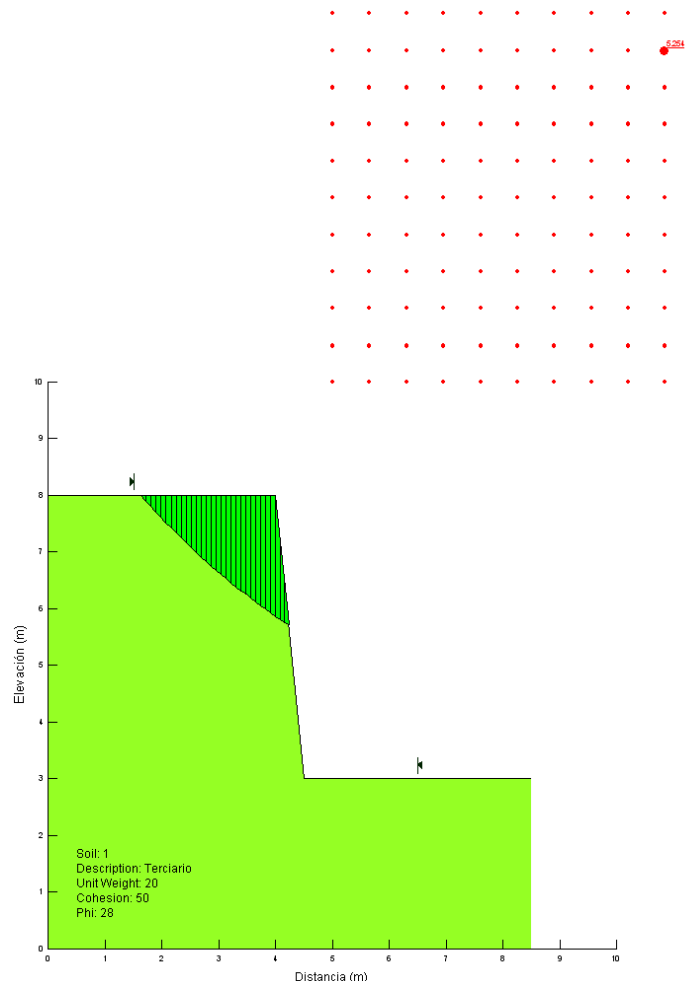
### 7.3.3. Resultados del análisis sobre los taludes considerados



Los taludes de excavación son taludes temporales, para los cuales es práctica habitual admitir factores de seguridad menores de lo habitual. Se adoptará como factor de seguridad mínimo admisible un factor de 1,2.

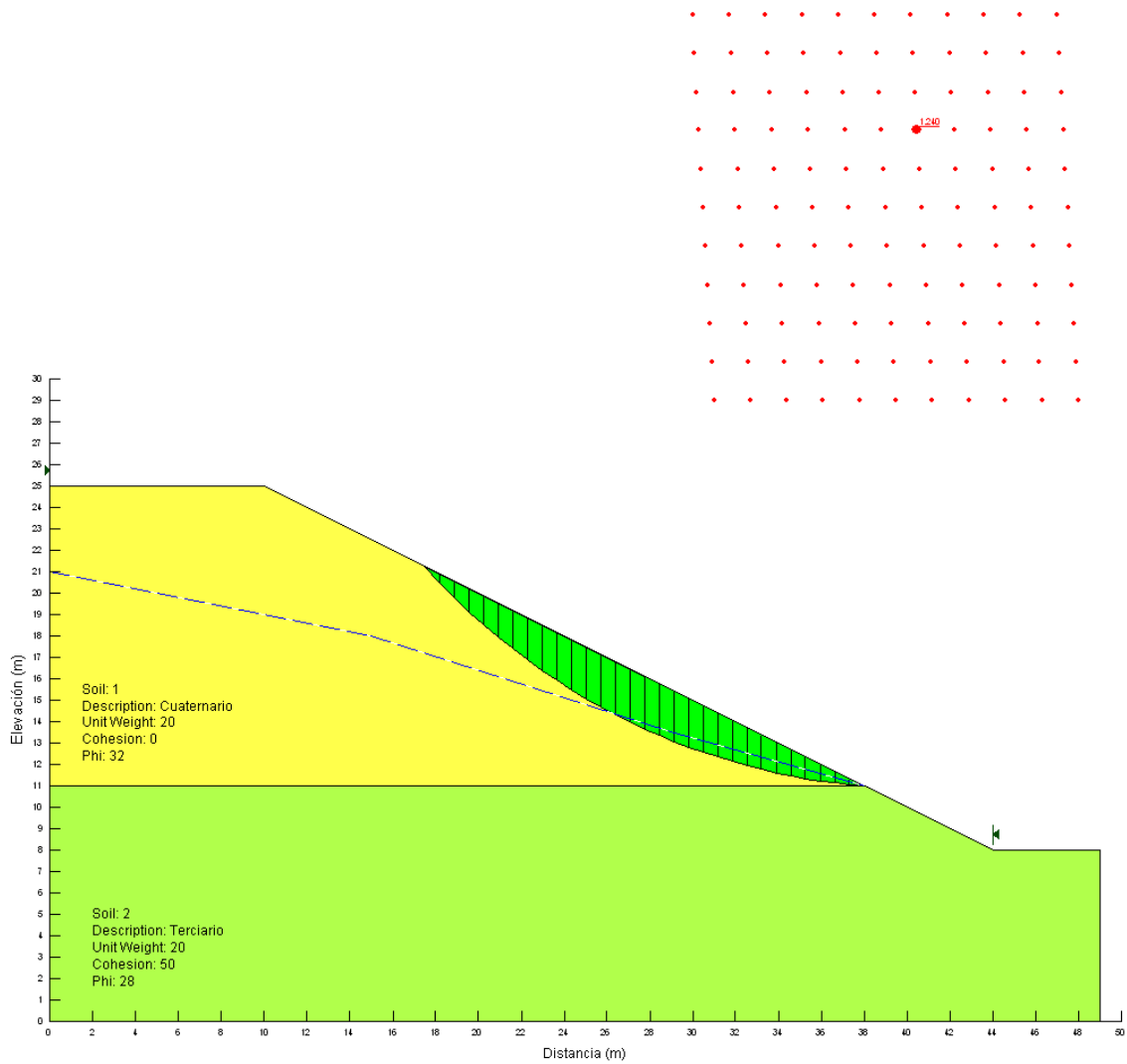
Los factores de seguridad obtenidos en los análisis de estabilidad de los tres casos calculados se comentan a continuación:

- **CASO 1.-** El mínimo factor de seguridad obtenido en esta situación es de 5,254, por lo que el talud resultará estable en cualquier condición, como era de esperar en este tipo de materiales pseudorocosos.



**Círculo de rotura pésimo. Caso 1. F.S. 5,254.**

- **CASO 2.** En este caso, el factor de seguridad mínimo que aporta la aplicación informática es de 1,240.

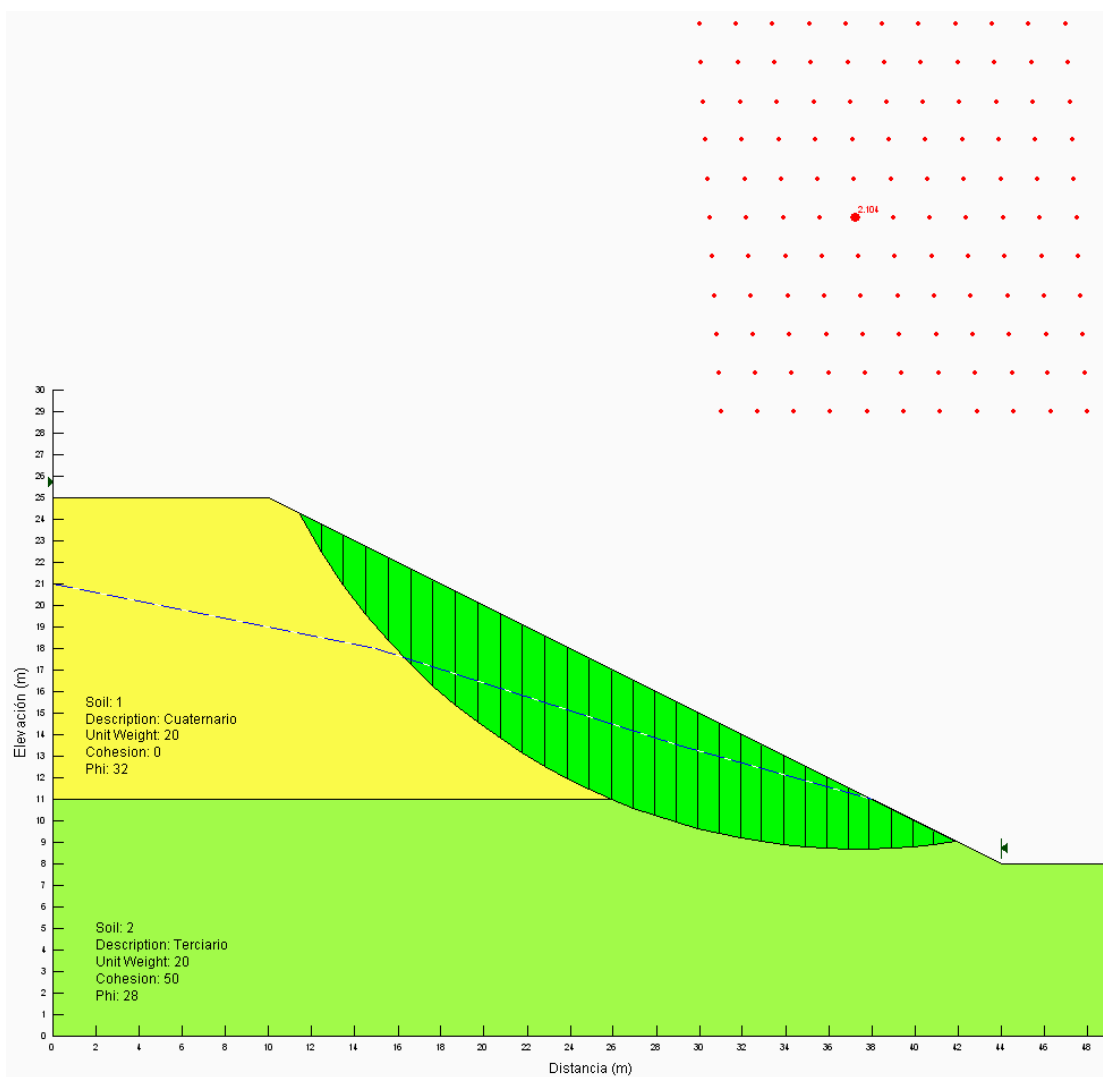


**Círculo de rotura pésimo en materiales cuaternarios. Caso 2.**  
**F.S. 1,240.**

Como se puede ver, el círculo de rotura se centra en los materiales cuaternarios, de peores características que el terciario infrayacente.

Para tener una idea completa del análisis, se ha forzado al círculo de rotura a englobar materiales terciarios obteniéndose factores de seguridad en todos los casos mayores a 1,9 como muestra la figura 23.





***Círculo de rotura en materiales cuaternarios y terciarios. Caso 2.***

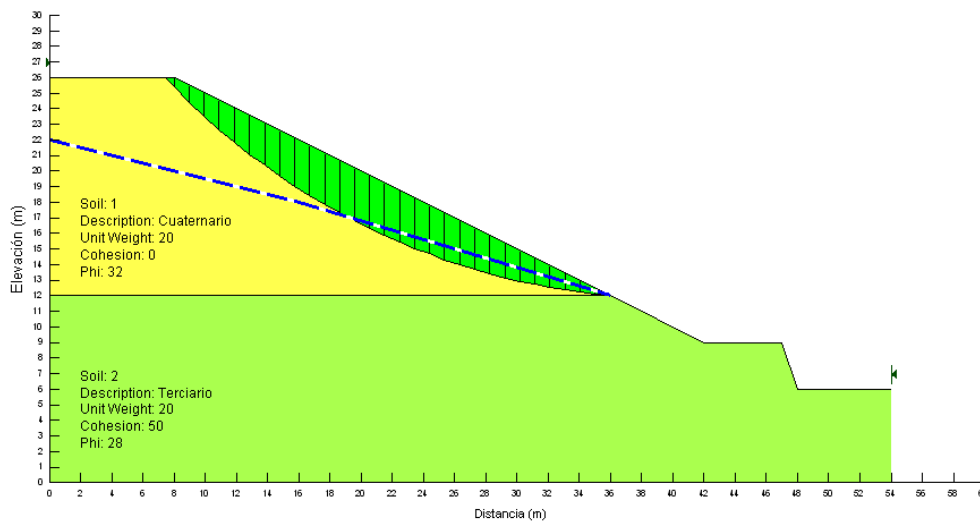
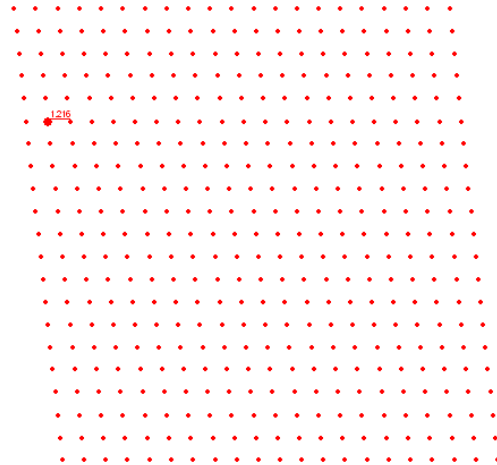
***F.S. 2,104.***

- **CASO 3..** En este caso, el factor de seguridad mínimo que aporta la aplicación informática es de 1,216 que, al igual que en el caso anterior, se corresponde con un círculo de rotura localizado únicamente sobre el cuaternario superior.

Para evaluar la estabilidad global del sistema, se ha analizado el factor de seguridad que se obtiene para un círculo de rotura de la suficiente entidad como

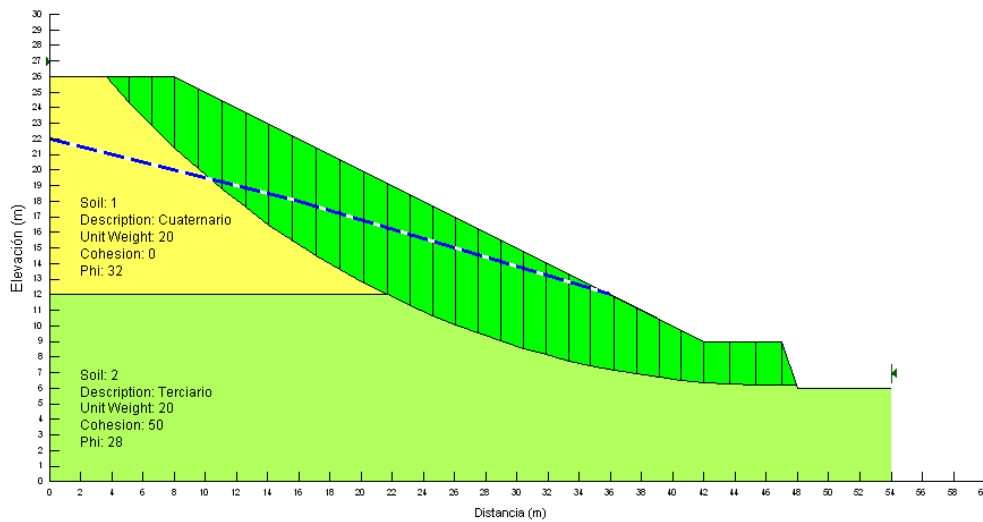
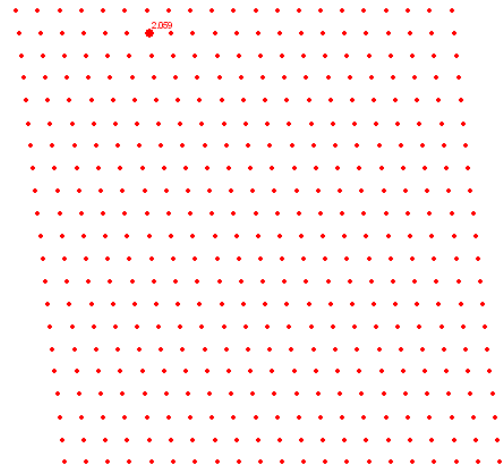


para englobar materiales, tanto terciarios, como cuaternarios, obteniéndose factores de seguridad en torno a 2,0 (figura siguiente).



**Círculo de rotura. Caso 3.**

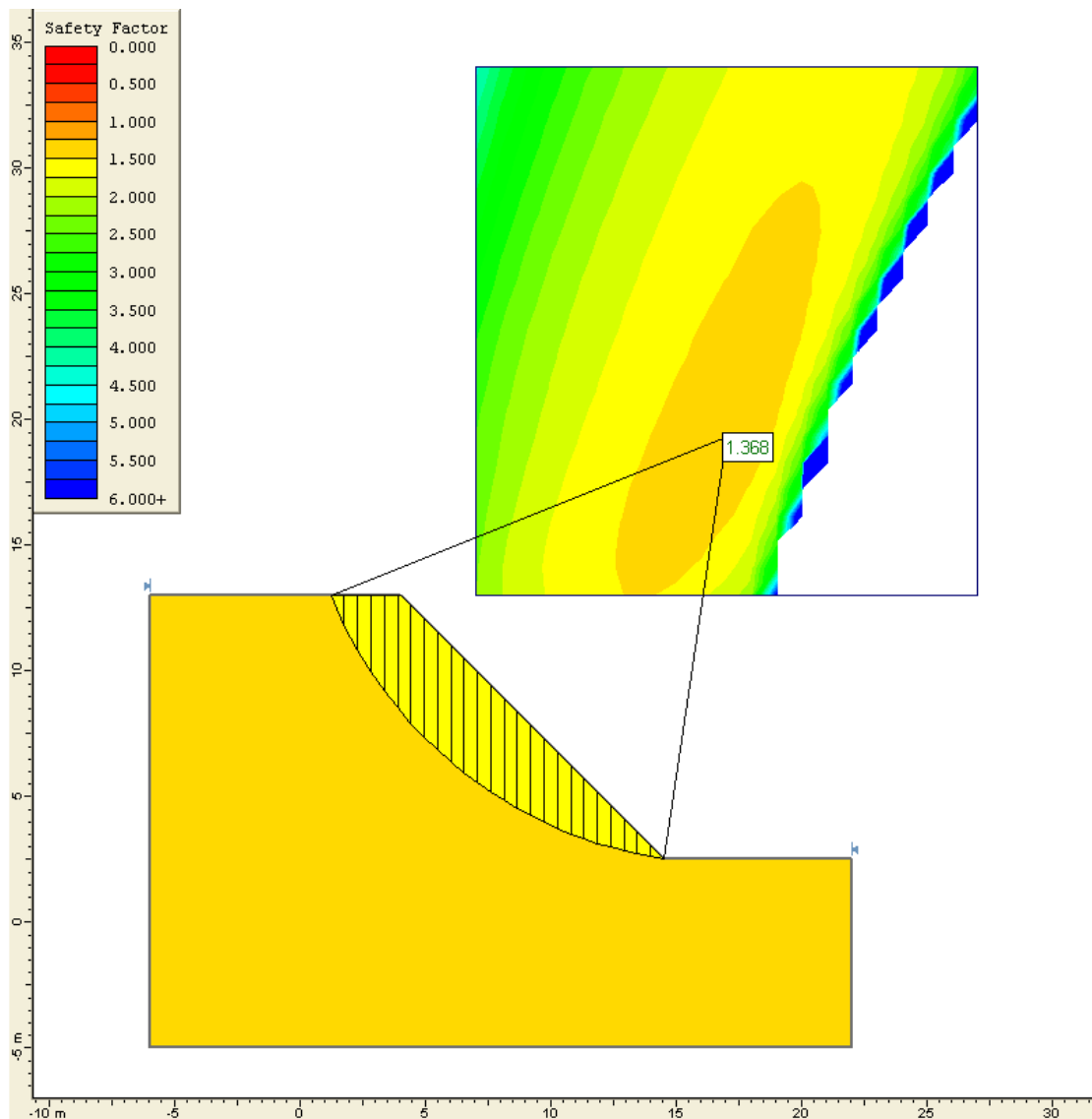
**F.S. 1,246.**



**Círculo de rotura. Caso 3.**

**F.S. 2,004.**

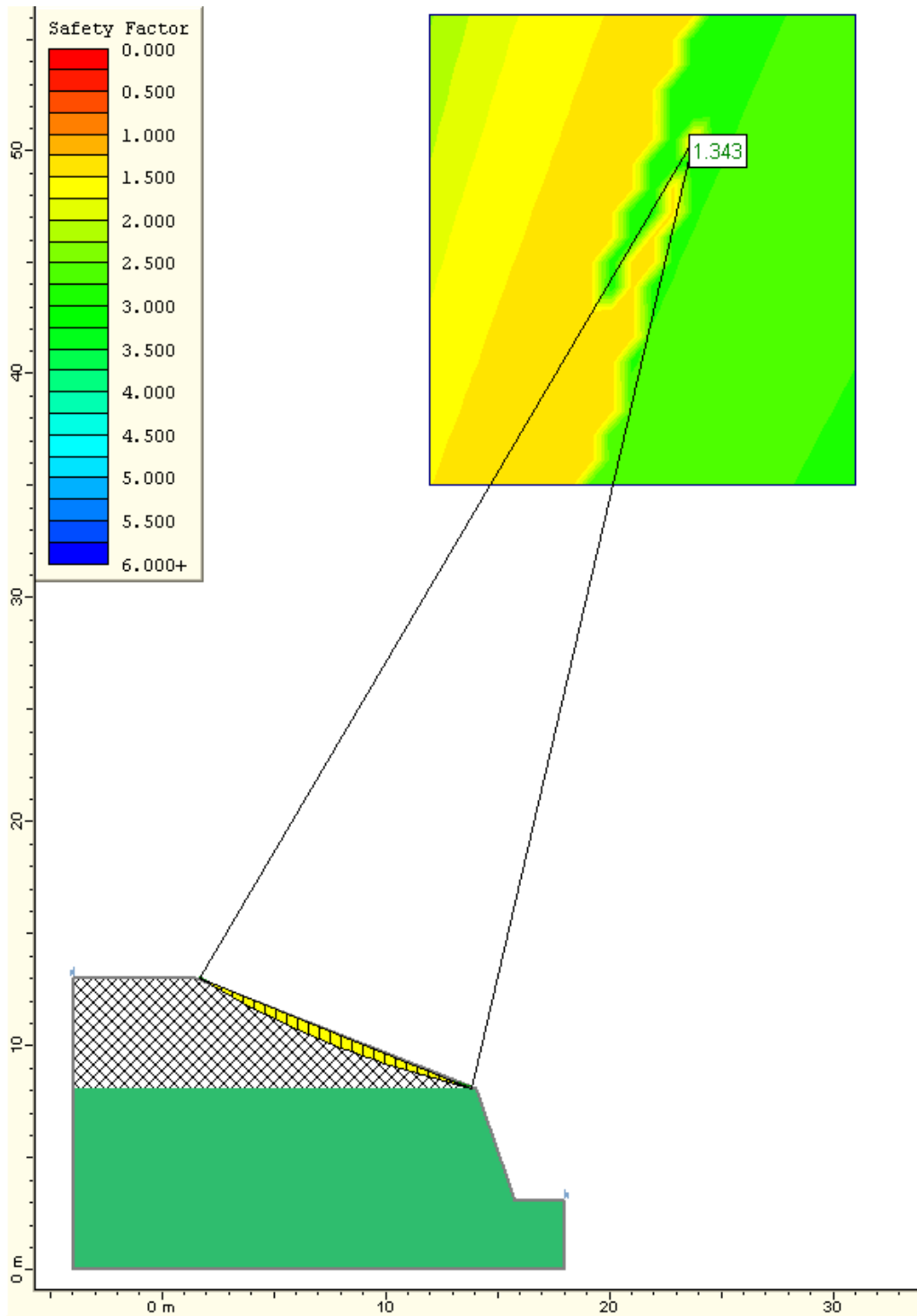
- **CASO 4.-** En este caso, el factor de seguridad mínimo que aporta la aplicación informática es de 1,368.



**Círculo de rotura. Caso 4.**

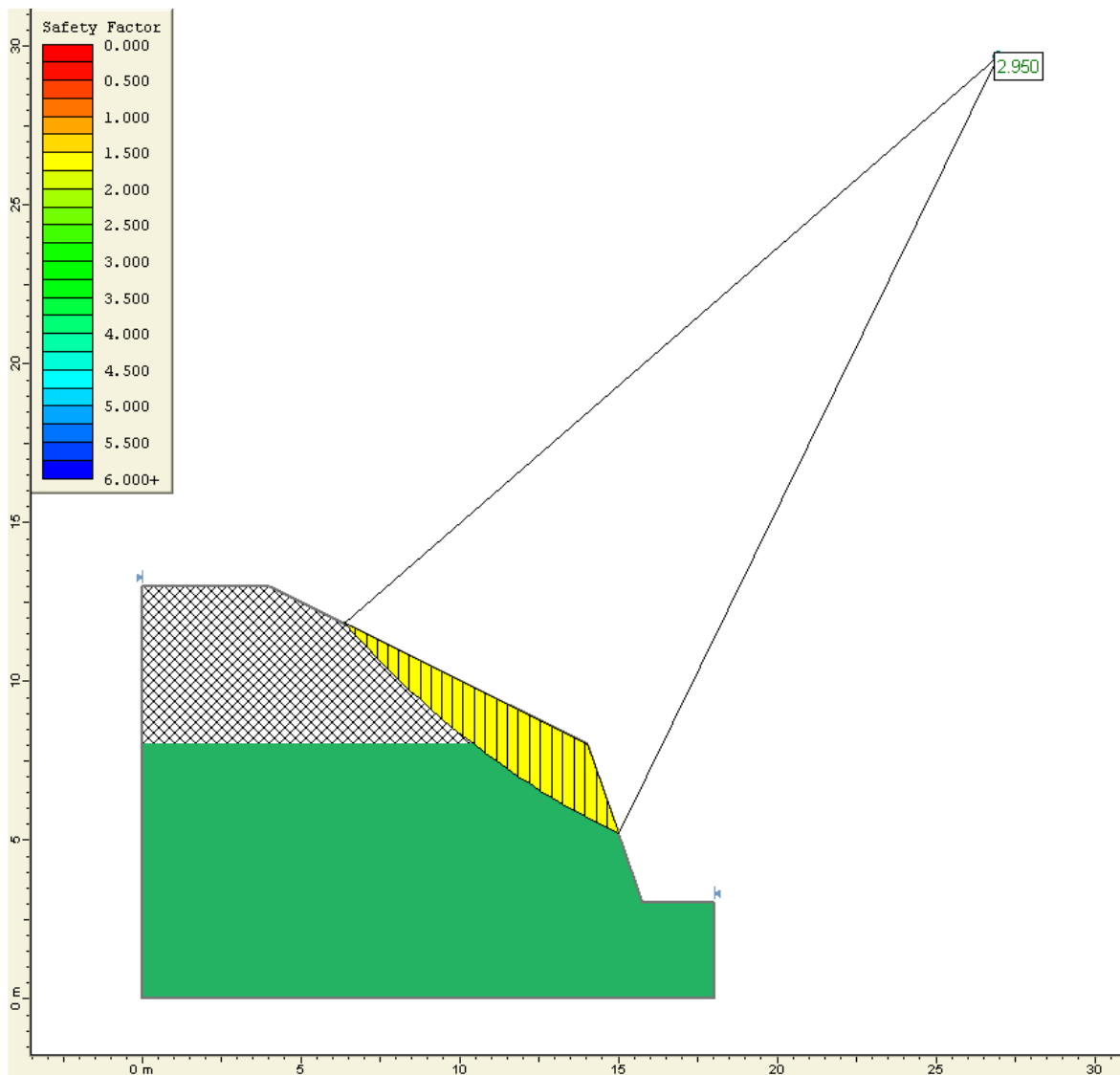
**F.S. 1,368.**

- **CASO 5.-** En este caso, el factor de seguridad mínimo que aporta la aplicación informática es de 1,343. Para evaluar la estabilidad global del sistema se ha analizado el factor de seguridad que se obtiene para un círculo de rotura de la suficiente entidad como para englobar materiales tanto terciarios como cuaternarios, obteniéndose factores de seguridad en torno a 3,0 (figura siguiente).



**Círculo de rotura. Caso 5.**

**F.S. 1,343.**



**Círculo de rotura. Caso 5.**

**F.S. 2,950.**

### 7.3.4. Resumen y conclusiones del estudio de estabilidad de taludes

El análisis de estabilidad se ha realizado a partir de la sección tipo, hipotética en principio, y a definir o confirmar con posterioridad, diseñada para las posibles excavaciones de los nuevos elementos a construir en las ERAR de la China, Butarque y Sur.



Para ello se han modelizado cinco situaciones, dos de ellas ampliadas como modificación de seguridad de las inicialmente consideradas, que permitan evaluar la estabilidad del sistema en distintas condiciones de disposición geotécnica de los materiales afectados en las ERAR o zonas aledañas.

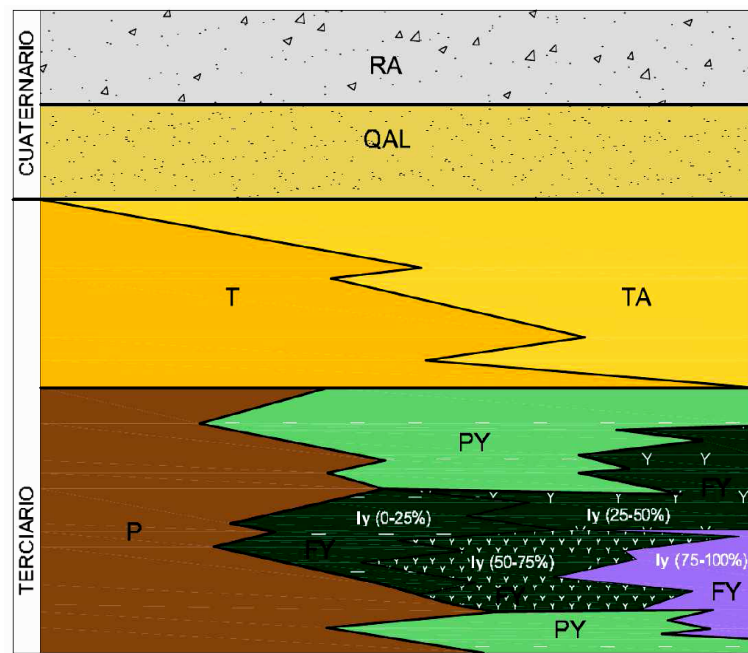
En la siguiente tabla se resumen los factores de seguridad obtenidos en cada caso de análisis considerado:

CASO ESTUDIADO	CARACTERÍSTICAS DEL TALUD			FACTOR DE SEGURIDAD OBTENIDO
	H	TALUD	MODELO DE MATERIALES DE EXCAVACIÓN	
CASO 1	2,50 m	1H:5V	Terciario (P)	5,254
CASO 2	17 m	2H:1V	14 m sobre cuaternario	1,240-2,104
		2H:1V	3 m sobre terciario (P)	
CASO 3	20 m	2H:1V	14 m sobre cuaternario	1,246-2,004
		2H:1V	3 m sobre terciario (P)	
		1H:5V	3 m sobre terciario (P)	
CASO 4	10,5 m	1H:1V	10,5 m sobre terciario (T)	1,368
CASO 5	10,5 m	2,5H:1V	5 m sobre RA	1,343-2,950
		1H:2V	5,5 m sobre terciario (P)	

**Resumen de los factores de seguridad obtenidos en el análisis de estabilidad**

## 8. RESUMEN DE LAS CONDICIONES GEOTÉCNICAS

Los elementos a modificar, o a ejecutar como obra nueva, en las parcelas de las ERAR de la China, Butarque y Sur y sus zonas aledañas, se ejecutarán en primera instancia sobre materiales superficiales pertenecientes a los niveles superiores de la columna tipo definida y adoptada para la zona, encuadrables como rellenos antrópicos (RA) y aluviales cuaternarios (QAL), que son los aflorantes en la zona.



RA	Relleno antrópico residuo de construcción, arena con cantos y escombros.
QAL	Cuaternario aluvial, arcillas arenosas o arenas finas con cantos de origen aluvial.
TA	Arenas arcillosas marrones duras a arcillas con bastante arena marrones muy densas. Formación Tosco Arenoso/Arena Tosquiza.
T	Arcillas de color ocre duras o muy duras. Formación Tosco.
P	Arcillas marrón-rojizas o gris-verdosas duras o muy duras. Sin yeso. Formación Peñuelas .
PY	Arcillas grises, raramente marrones con indicios de yeso pulverulento o mineralización de yeso fibroso en vetas subhorizontales o verticales de espesor centimétrico. Formación peñuelas con yeso.
FY	Interestratificado de arcillas grisáceas y yeso fibroso pulverulento o masivo. La predominancia de arcilla frente a yeso o viceversa es variable. Formación yesífera. Iy= índice de yesos. % estimado "de visu" de yesos frente a las arcillas.

Bajo ellos se ubican a diferente cota, los materiales terciarios, que en este sector, sobre todo en La China Y Butarque son predominantemente de la unidad de Peñuelas (P) y





Peñuelas con yesos (PY), y en la zona de la ERAR Sur, los materiales subyacentes a rellenos, y sobre todo los aluviales de llanura de inundación aflorantes, son la Fm. Yesífera (FY), visible en todo el escarpe Norte de la planta.

En general los materiales pertenecientes a las formaciones arcilloso-arenosas del Tosco (T y TA) son menos potentes o inexistentes, y están más acunadas, en esta zona sur del cauce del Manzanares, que en zonas más al Norte de la cuenca, o de la propia ciudad de Madrid. En algunos casos documentados en las zonas de implantación de las ERAR los rellenos antrópicos y los cuaternarios aluviales descansan directamente sobre las formaciones yesíferas.

La cimentación de los diferentes elementos de las ERAR se hará sobre materiales cuaternarios de origen aluvial (QAL) o sobre sustrato terciario, más concretamente, y preferentemente, sobre la formación yesífera (FY), tanto sobre la subunidad de arcillas con yeso (A+Y, con proporciones del índice de yesos entre 0-50%), como sobre la subunidad yesos con arcilla (Y+A, con proporciones del índice de yesos superiores al 50% de yesos). La formación FY, representada por yesos masivos al 75-100% aflora en algunos puntos como alto del sustrato, por ejemplo en los taludes del cerramiento de la ERAR de La China o en los relieves presentes al Norte de la ERAR Sur. En general no se afecta directamente en las ERAR, aunque es subyacente a los Cuaternarios, Rellenos y las Subunidades de interestratificados de arcillas y yesos.

El detalle exacto de la columna de cimentación en cada planta se representará en perfiles geológico-geotécnicos locales de cada planta una vez se elabore por completo toda la información geotécnica disponible en la siguiente fase del presente Estudio.

A nivel previo, y para cualquier efecto o cálculo, los datos que se presentan a continuación, correspondientes a las características geotécnicas básicas de los materiales que integran la columna geológico-geotécnica adoptada, son los que se recomienda considerar. Ellos se basan en gran cantidad de datos disponibles antecedentes y han sido contrastados con los parámetros geotécnicos adoptados y considerados para cada nivel en grandes obras de infraestructuras construidas en la comunidad de Madrid y zonas próximas a las ERAR:

UNIDAD		Peso Esp. aparente (t/m <sup>3</sup> )	Cohesión C' (t/m <sup>2</sup> )	Ángulo de rozmt. interno $\Phi'$ (°)	Módulo de deform. (subsid.) E (t/m <sup>2</sup> )	Coef. de Poisson $\nu$	Módulo de balasto k (t/m <sup>3</sup> )
RA		1,8	0,00	28	800-1.000	0,35	2.000
QAL		2,00	0,00	32	1.000-1.500	0,32	5.000
TA	Tosco arenoso	2,08	2,0-2,5	32,5	13.000	0,30	25.000-35.000
	Arena tosquiza	2,05	1,0-1,5	33	8.000-10.000	0,30	15.000-20.000
T		2,10	3,0	30	15.000-18.000	0,30	30.000-40.000
P		2,00	5,0-6,0	28	20.000	0,28	35.000-50.000
PY		2,10	5,0-8,0	30	25.000	0,27	40.000-55.000
FY	A+Y	2,10	5,0-8,0	30	25.000	0,27	40.000-55.000
	Y+A	2,30	7,0-10,0	28	40.000	0,26	60.000

**Resumen de propiedades geotécnicas aplicables para los horizontes de cimentación de los elementos de las ERAR a definir.**

Como se expone en apartados previos. la posible tipología de las excavaciones a realizar depende en detalle de los perfiles finalmente realizados y los elementos u obras a considerar.

En principio se han estudiado cinco casos de tipologías de excavación que son aplicables a las circunstancias que se deriven del proyecto.

En el caso de afectar a materiales terciarios, se ha diseñado desde el fondo de excavación a superficie: un talud de inclinación 1H:5V los 2,5 m más profundos excavados (la altura que garantice que siempre se está en dichos materiales terciarios); a continuación existe una berma de 5 m de anchura, y el resto del talud se ha diseñado con



inclinación 2H:1V, independientemente de los materiales que conformen la cara del talud (terciarios o cuaternarios).

La estabilidad de dichos taludes temporales ha quedado en todos los casos asegurada, pudiendo considerar estable cualquier situación que pudiera producirse, si se aplican los taludes corregidos, como se observa en el resto de los casos considerados, incluyendo los que involucran a materiales de rellenos antrópicos, que son los que presentan las peores condiciones geotécnicas. Condiciones locales o futuras distintas a las previstas deberán ser estudiadas en detalle en fases posteriores de este Estudio.

Como relleno de zanjas o excavaciones se propone la reutilización de los materiales cuaternarios, tanto aluviales como antrópicos, de carácter mayoritariamente granular, siempre que cumplan con lo prescrito normativamente en cuanto a parámetros geotécnicos de compactación, resistencia y deformabilidad del terreno para rellenos o terraplenes. En casos concretos a definir, se podrá rellenar localmente con materiales de las unidades terciarias, preferentemente las de Tosco, si se excavan, y siempre que cumplan, como el resto, con lo prescrito normativamente en cuanto a parámetros geotécnicos de compactación, resistencia y deformabilidad del terreno para rellenos o terraplenes.

La definición exacta de la diferente capacidad portante del terreno en cada una de las parcelas de las ERAR o aledañas se deriva de la reinterpretación de todos los ensayos de resistencia del terreno disponibles, tanto los realizados en sondeos SPT, como los penetrómetros, (tipo Borros y DPSH).

Una vez definido el esquema hidráulico propuesto y adoptado, al igual que los nuevos elementos a construir, y su disposición en las ERAR, la superposición de perfiles geológicos, con los correspondientes parámetros geotécnicos asignados a cada nivel presente, a las excavaciones a realizar, definirá las condiciones de cimentación concretas en cada caso.



## **9.- CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LAS CIMENTACIONES**

El terreno de cimentación que se presenta en todos los elementos del sistema es, a nivel superficial, QAL (aluvial del río), quedando por debajo el sustrato FY de yesos, sobre todo en algunas zonas (cerramiento de EDAR China o en el trazado del segundo subtramo del corredor previsto para las conducciones). Las formaciones de tosco, en todas sus variedades, y peñuelas no son significativas.

Por ello, las cimentaciones se desarrollarán sobre el horizonte QAL cuando se determine cimentar superficialmente, mediante zapatas aisladas o corridas y losas; y se definirán sobre el horizonte, más o menos profundo, FY, cuando el primer horizonte no presente las condiciones adecuadas. En este caso se recomendará la cimentación profunda mediante pilotes que trabajarán fundamentalmente por punta.

Los materiales de relleno antrópico serán descartados de modo general por su irregularidad geométrica y geotécnica. En algún caso se procederá a su saneo puntual, por lo que se rellenaría con hormigón el volumen excavado para saneo y así cimentar superficialmente sobre él.

Otro caso es el que se da en el Tanque de Tormentas, la flotación con niveles freáticos altos y tanque vacío. Se dimensionan así pilotes a tracción que, convenientemente encepados en la solera estructural del tanque, evitan la flotación por el rozamiento en el fuste.

En relación con las conducciones, no se prevé cimentación especial alguna. Se diseñan enterradas en zanja con compactación de fondo, cama de asiento (granular o de hormigón) y relleno con materiales procedentes de la excavación. Las arquetas también serán cimentadas superficialmente.

Se definen también para las conducciones las hincas bajo infraestructuras existentes, mediante la determinación de los horizontes a atravesar que, en general, son el relleno antrópico de la obra bajo la que se pasa (carreteras, línea de ferrocarril), el aluvial del río y con poco espesor, y situado en la parte inferior. Por último, se definen las características del terreno a atravesar en los dos túneles de diámetros 2 y 3 m (interior) previstos para los colectores de pluviales, de longitud media 675 m.



## - PARÁMETROS DE CÁLCULO

Para los horizontes geotécnicos que se interviene principalmente: QAL (aluvial) y FY (sustrato terciario de yeso, considerado en su facies A+Y, es decir, arcilla y yeso) se adoptan los siguientes parámetros:

### ✓ Horizonte QAL (arena arcillosa-limosa)

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

Cohesión nula, ángulo de rozamiento interno  $32^\circ$

Módulo de deformación  $1.200 \text{ t/m}^2$ , coeficiente de Poisson 0,32

Módulo de balasto  $K_{30} = 5.000 \text{ t/m}^3$

Golpeo SPT  $N_{30}$  entre 8 y 25, con valor medio 16

Profundidad media de la superficie de cimentación 2-3,5 m

### ✓ Horizonte FY (A+Y, sustrato de yeso, roca blanda)

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

Cohesión  $7-10 \text{ t/m}^2$ , ángulo de rozamiento interno  $28^\circ$

Módulo de deformación  $25.000-40.000 \text{ t/m}^2$ , coeficiente de Poisson 0,27

Módulo de balasto  $K_{30} = 40.000 \text{ t/m}^3$

Golpeo SPT  $N_{30}$  entre 17 y rechazo

Módulo presiométrico  $1.500 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia a compresión simple  $18-280 \text{ t/m}^2$ , valor medio  $118 \text{ t/m}^2$



## - CIMENTACIONES SUPERFICIALES

Para el horizonte QAL, en caso de zapatas aisladas o corridas la carga admisible limitante es por razón de asiento, en arenas o gravas arcillo-limosas. Según la formulación clásica de Meyerhof, se está del lado de la seguridad, estimando para cada anchura de zapata B, la siguiente carga admisible  $q_{adm}$ :

$$B = 1,5 \text{ m} \quad q_{adm} = 2,0 \text{ kg/cm}^2$$

$$B = 2,0 \text{ m} \quad q_{adm} = 1,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$B = 2,5 \text{ m} \quad q_{adm} = 1,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$B = 3,0 \text{ m} \quad q_{adm} = 1,6 \text{ kg/cm}^2$$

Para el horizonte FY se puede adoptar una carga admisible de 2,5-3 kg/cm<sup>2</sup>.

Para la cimentación mediante losas, solución necesaria para depósitos enterrados, la carga neta es negativa, ya que el peso del terreno excavado es superior al del depósito lleno. Por ello no es necesaria la comprobación por carga de hundimiento. Sólo es necesario comprobar las deformaciones. Para el cálculo de la losa se estima un coeficiente de balasto de la cimentación de valor  $K = K_{30} / 4 = 1.250 \text{ t/m}^3$  para el horizonte QAL, y  $10.000 \text{ t/m}^3$  para el FY.

## - CIMENTACIONES PROFUNDAS

La cimentación profunda tiene por objeto transmitir la carga al sustrato de la formación yesífera FY, cuando son de prever asientos irregulares o de magnitud excesiva, si se cimentara superficialmente en QAL.

Adoptando que serían pilotes de punta, es decir despreciando el rozamiento por el fuste, y considerando la roca blanda con un resistencia a compresión media de  $118 \text{ t/m}^2$  y un empotramiento en el sustrato de 2 m (se tantea un pilote de extracción de hormigón con 0,5 m de diámetro equivalente) se evalúa un carga admisible del pilote aislado de:

$$\text{Resistencia por punta } 4,5 \times 118 \times 0,20 = 106,2 \text{ t}$$



Resistencia por fuste  $3.14 \times 0,5 \times 2 \times 10 = 31,4 \text{ t}$

Carga admisible  $Q = (106,2 + 31,4) / 2,5 = 55,04 \text{ t}$ , que equivale para un área de acción de  $9 \text{ m}^2$  a una carga de agua de más de 6 m, valor que encaja a nivel de Estudio Informativo en la solución del pilotaje.

Los pilotes a tracción en el Tanque de Tormentas (3 pilotes de sección equivalente a la circular de 0,5 m de diámetro y 12 m de longitud) soportarían un empuje de flotación del orden de  $3 \times 12 \times 3,14 \times 0,5 \times 5 = 283 \text{ t}$ , que equivalen a una presión de 7 m de altura de agua en  $40 \text{ m}^2$  que define una separación entre encepados de tres pilotes en cuadrícula algo superior a los 6 m.

#### - EMPUJE SOBRE MUROS

El empuje sobre muros se considera con terreno en estado activo, ya que los muros de los depósitos son suficientemente esbeltos para confirmar dicha hipótesis. Tomando el valor anterior del ángulo de rozamiento el coeficiente de empuje activo para el horizonte QAL será:

$$K_a = \text{tg}^2(45^\circ - \phi / 2) = 0,31$$

Esta hipótesis responde al hecho de que se consideran, en el cálculo, como no concomitantes, el empuje hidrostático interior y el empuje exterior del terreno, a fin de considerar la peor de las situaciones en ambas caras del muro que delimita los distintos elementos. Bajo esta óptica, a depósito vacío, el empuje a considerar debe ser el activo, mientras que a depósito lleno, dado que el empuje del terreno es estabilizador, no se considera.



## **10.- ESTUDIOS INFORMATIVOS**

El sistema de saneamiento y depuración China – Butarque – Sur se compone, además de las tres EDAR's citadas, de un nuevo Tanque de Tormentas, colectores de pluviales y conducciones de bombeo de fangos, organizados en cuatro Estudios Informativos con los contenidos que se explicitan a continuación. En cada uno de ellos se valoran las obras geotécnicas específicas (hincas, túneles) y las cimentaciones profundas mediante pilotaje.

### **- ESTUDIO INFORMATIVO I: COLECTORES DE PLUVIALES Y TANQUE DE TORMENTAS**

Incluye las siguientes obras:

- ✓ Ampliación del colector de conexión 1, entre los puntos kilométricos 0 y 675.
- ✓ Colector de conexión 2, entre pk 675 y 745
- ✓ Colector Sur Nuevo, tramo 1, entre pk 675 y 2.010
- ✓ Colector Sur Nuevo, tramo 2, en túnel, y Colector Tanque de Tormentas Sur I, tramo 2, en túnel. La longitud media de los dos túneles paralelos es de 675 m aproximadamente. Se desarrollan bajo los ramales del enlace M-40/E-05.
- ✓ Conexión con colector Sur actual, entre pk 2.685 y 2.810.
- ✓ Colector Tanque de Tormentas Sur I, tramo 3, entre pk 2.685 y 3.735.
- ✓ Cámara de encuentro colector Tanque de Tormentas Sur y aliviadero de Abroñigales, entre pk 3.735 y 3.835.
- ✓ Colector Tanque de Tormentas Sur II, entre pk 3835 y 3.900.
- ✓ Tanque de Tormentas Sur II, que presenta una longitud aproximada de 500 m.
- ✓ Colectores de reintegro al río Manzanares, entre pk 4.400 y 4.490

### **- ESTUDIO INFORMATIVO II: CONDUCCIONES DE BOMBEO DE FANGOS (ENTRE EDAR CHINA Y EDAR BUTARQUE) Y EDAR CHINA**

Incluye las siguientes obras:

- ✓ EDAR China





- ✓ Tramo en el enlace M-40/E-05, que se resuelve con cuatro hincas bajo los ramales: hinca 1 entre pk 50 y 95 (45 m), hinca 2 entre pk 175 y 230 (55 m), hinca 3 entre pk 260 y 300 (60 m), e hinca 4 entre pk 440 y 480 (40 m).
- ✓ Tramo entre pk 480 y 3.200 (lateral Sur bajo la M-45)
- ✓ Tramo entre pk 3.200 hasta 3,320, que discurre paralelo y bajo el lateral Sur de la M-45
- ✓ Tramo entre pk 3,320 y 3,900, que discurre por la ribera izquierda del río Manzanares.
- ✓ Tramo de cruce en pasarela sobre el río Manzanares.

- **ESTUDIO INFORMATIVO III: CONDUCCIONES DE BOMBEO DE FANGOS (ENTRE EDAR BUTARQUE Y EDAR SUR) Y EDAR BUTARQUE**

Incluye las siguientes obras:

- ✓ Tramo entre pk 0 y 490
- ✓ Hinca bajo la línea del ferrocarril, entre pk 490 y 570 (80 m)
- ✓ Tramo entre pk 570 y 4.438,31, punto final en EDAR Sur

- **ESTUDIO INFORMATIVO IV: EDAR SUR**

Incluye las obras correspondientes a la EDAR Sur.

## 11.- CONCLUSIONES

- Geológicamente, la zona de ubicación de las EDAR de la China, Butarque y Sur, del nuevo Tanque de Tormentas, de los colectores de pluviales y de las conducciones de bombeo de fangos, se encuadra dentro de la denominada Cuenca Terciaria del Tajo, y dentro de ella en la subcuenca conocida como Cuenca de Madrid.

Los materiales presentes se depositaron durante el Mioceno, pudiendo ser incluidos en la Unidad Inferior del Mioceno. En esta unidad, los sistemas deposicionales varían según la disposición de la zona dentro de la cuenca, identificándose grandes sistemas de abanicos aluviales en los bordes de cuenca con sedimentación mecánica de los materiales procedentes de la erosión de macizos ígneos y sistemas lacustres con sedimentación de tipo químico en el interior de la cuenca. A lo largo del trazado se atraviesan materiales de las facies intermedias y centrales (formación peñuelas y formación yesífera), aunque todos estos materiales están recubiertos por depósitos de origen aluvial o antrópico.

- Los aspectos geomorfológicos más destacados son las superficies divisorias y las terrazas del Manzanares. El sistema morfogenético más importante es el fluvial, ya que es el río Manzanares de fondo plano, asimétrico y fuerte control estructural con dirección N -S, el que marca la morfología general de la zona. La escorrentía superficial produce acarcavamiento en los taludes arenosos y acanaladura dendriforme en los arcillosos. El paisaje resulta una superficie alomada con amplias vaguadas y suaves laderas en las que se han constituido dos niveles de erosión distintos.
- Hidrogeológicamente la zona de estudio pertenece a la Unidad Hidrogeológica 03.05 Madrid – Talavera, formando parte del Acuífero Detrítico Terciario de Madrid, el cual es un acuífero multicapas, constituido por una serie de niveles arenosos, más permeables, englobados en una masa arcillosa ó arenoarcillosa que funciona como un acuitardo, drenando agua muy lentamente a los niveles arenosos.



Debido a la cercanía del río Manzanares, las características hidrogeológicas de la zona están condicionadas por su presencia. En la zona de estudio, en profundidad, los materiales arcillosos, y los yesos con arcillas, que forman bases impermeables, son más comunes que los arenosos suprayacentes en la serie, por lo que la presencia de dichos materiales impermeables en el muro de rellenos y cuaternarios de cauces, forma localmente acuíferos colgados.

Normalmente las formaciones arcillosas, al ser impermeables, no presentan nivel de agua, no constituyendo ningún tipo de acuífero activo en la actualidad, pero rellenos antrópicos y gravas de relleno aluvial de cauces están saturados a poca profundidad, si existe conexión en cota con aportes de aguas superficiales o en periodos de recarga importante por lluvias intensas.

- En lo referente a la sismicidad de la zona, según se indica en el mapa recogido en la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, la zona de estudio se ubica en un sector con aceleración sísmica básica inferior a 0,04 g, lo que implica valores de aceleración sísmica de cálculo inferiores a 0,052 g. En el apartado 1.2.3 de la Norma (criterios de aplicación), se indica que no es obligatoria la aplicación de esta Norma cuando la aceleración sísmica de cálculo sea inferior a 0,06 g, por lo que, aunque se tendrá en cuenta el efecto sísmico en el cálculo o diseño de las diferentes estructuras proyectadas, no es obligado normativamente.
- La zona de Proyecto se enmarca en una zona Paleontológica hacia el este, la correspondiente a las Terrazas del río Manzanares con una gran potencialidad paleontológica perteneciente al Cuaternario; y en una zona de ámbito de protección específica hacia el Oeste correspondiente a restos fósiles de fauna y flora del Terciario Mioceno. Por todos estos motivos, se deberá realizar un seguimiento paleontológico de los materiales excavados durante la duración de la obra.
- Para definir, en el marco de esta Fase-I del Estudio, las características geológico-geotécnicas básicas de las zonas de implantación y aledañas de las ERAR de la China, Butarque y Sur, se ha dispuesto de multitud de estudios y proyectos antecedentes, además de infinidad de datos de la Base de Datos Geotécnica



GEOMADRID, que se han ido exponiendo y presentando a lo largo del presente informe de Fase-I.

- Se han considerado para este estudio datos de sondeos mecánicos, en el interior de los cuales se han realizado multitud de ensayos de penetración tipo SPT, y ensayos presiométricos a distintas cotas. Se dispone de datos de ensayos de laboratorio sobre testigos parafinados para muestras inalteradas. Adicionalmente se dispone de perfiles y niveles del terreno definidos en calicatas, y muchos perfiles de resistencia del terreno, de la que obtener posteriormente capacidades portantes del terreno para cimentaciones, derivados de penetrómetros dinámicos tipo DPSH y penetrómetros tipo Borros. Igualmente se ha dispuesto de ensayos geofísicos de tomografía sísmica, y de todos los datos de parámetros geotécnicos de numerosos ensayos de laboratorio sobre las muestras disponibles.
- Todo ello ha permitido definir una columna litológica tipo para todo el sector ocupado por las ERAR y zonas de influencia, y correlacionarla perfectamente, identificándola, con los diferentes niveles geotécnicos que tradicionalmente se han definido en las obras e infraestructuras realizadas en Madrid y su entorno. De dichos niveles, Unidades o Formaciones se conoce, y están establecidos en muchos casos, para cada uno de ellos, sus parámetros geotécnicos característicos, habiéndose cotejado los recopilados con los tradicionalmente considerados.
- Geotécnicamente se han diferenciado en la columna tipo considerada para este sector de las ERAR cinco unidades, que de más moderna, a más antigua son: RA o relleno antrópico, QAL o cuaternario aluvial, P o peñuelas, PY o peñuelas yesíferas y FY o formación yesífera cuya descripción es la siguiente:
  - RA. Relleno Antrópico. Compuesta por arenas arcillosas con restos de construcción (ladrillo, asfalto, hormigón, etc.).
  - QAL. Cuaternario Aluvial. Compuesta por arenas limosas de color marrón-verdoso, medianamente densas y secas, producto de la dinámica fluvial del río Manzanares y sus tributarios por ambas márgenes.
  - TA. Tosco arenoso. Compuesta por arenas arcillosas a arcillas con bastante arena de color marrón muy densas que conforman la transición



entre la unidad Tosco infrayacente y la unidad superior (arena de miga) que en la zona de las ERAR parece no presentarse con frecuencia o estar acuñada entre las Peñuelas y los Cuaternarios. En función del contenido en finos pueden denominarse arenas tosquizas.

- T. Tosco. Se trata de arcillas duras a muy duras con intercalaciones de arcillas arenosas de color marrón-ocre. Se diferencian de la unidad TA por el contenido en arenas que suele ser inferior al 30%.
- P o Formación Peñuelas. Esta unidad está compuesta por arcillas de distintas coloraciones, predominantemente marrones, en ocasiones gris-verdosas a negruzcas, generalmente de alta plasticidad y duras a muy duras.
- PY o Formación Yesífera. Se trata de arcillas generalmente de color gris oscuro-negrusco duras a muy duras que contienen yeso bien en nódulos de carácter pulverulento, bien en vetas subverticales de yeso fibroso de espesor centimétrico. La diferencia con la unidad anterior es únicamente el contenido en yeso ya que, respecto al resto de características, son similares.
- FY Formación Yesífera. Se trata de un interestratificado de arcillas gris-verdosas-negrucas, y yesos masivos, o sacaroideos, en distintas proporciones, pudiendo ser mayoritaria la fracción arcillosa, o ser mayoritaria la fracción yesífera. Esta unidad se subdivide en la columna tipo considerada en función de un índice denominado índice de yesos, establecido "de visu" como la proporción de yesos entre las arcillas verdes. Así, se diferencia en dicha columna: arcillas con yesos (denominada A+Y) con un índice de yesos entre el 0 y el 50% y yesos con arcillas (Y+A) con más el 50% de índice de yesos.

- Para evaluar de modo orientativo la estabilidad de los taludes de excavación a realizar en los diferentes elementos de tratamiento a proyectar en las ERAR de la China, Butarque y Sur, se han analizado seis casos teóricos hipotéticos.

Dichos casos están basados en los datos previos disponibles, de distribución en planta y profundidad de los diferentes niveles geotécnicos definidos y adoptados en la columna de materiales de las ERAR, y modelizan las

distintas situaciones que podrían darse en cuanto a los factores de seguridad obtenidos. Evidentemente, cualquier otra situación que se derive una vez definido el esquema de actuación, y no se ajuste a estos casos previos, deberá estudiarse en detalle y establecer en nivel de seguridad necesario.

Los resultados es este estudio de estabilidad previo realizado se muestran a continuación:

CASO ESTUDIADO	CARACTERÍSTICAS DEL TALUD			FACTOR DE SEGURIDAD OBTENIDO
	H	TALUD	MATERIALES DE EXCAVACIÓN	
CASO 1	2,50 m	1H:5V	Terciario (P)	5,254
CASO 2	17 m	2H:1V	14 m sobre cuaternario	1,240-2,104
		2H:1V	3 m sobre terciario (P)	
CASO 3	20 m	2H:1V	14 m sobre cuaternario	1,246-2,004
		2H:1V	3 m sobre terciario (P)	
		1H:5V	3 m sobre terciario (P)	
CASO 4	10,5 m	1H:1V	10,5 m sobre terciario (T)	1,368
CASO 5	10,5 m	2,5H:1V	5 m sobre RA	1,343-2,950
		1H:2V	5,5 m sobre terciario (P)	

***Resumen de los factores de seguridad obtenidos en el análisis de estabilidad de los hipotéticos taludes considerados para excavaciones de los nuevos elementos de las ERAR a construir.***

En los taludes de obra, al tratarse de taludes provisionales, es de práctica habitual considerar un factor de seguridad mínimo de 1,2 por lo que se puede concluir que los taludes de excavación serán en todos los casos estables.

En el caso de que alguno de los taludes de obra, ejecución o excavación previa, pase a ser talud definitivo en el ámbito de una ERAR concreta, este estudio de estabilidad de taludes previo deberá rehacer por completo y se le aplicarán



factores de seguridad mayores y conservadores, que en cualquier caso eviten posibles afecciones a la planta.

- Las características geotécnicas medias establecidas y consideradas, que forman parte de la columna tipo geológico-geotécnica adoptada, definidas a partir de todos los datos previos y antecedentes disponibles para cada unidad se recogen en la tabla siguiente superior.
- A efectos de cálculo, se ha optado por asignar al terreno las propiedades geotécnicas utilizadas en distintas obras de infraestructuras, ya que son similares a las obtenidas en la recopilación de datos realizada, y se localizan del lado de la seguridad, estando suficientemente contrastadas (Tabla siguiente inferior).

UNIDADES GEOTÉCNICAS	N <sub>30</sub> SPT	MÓDULO PRESIOMÉTRICO (bar)	Densidad seca (KN/m <sup>3</sup> )	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Hum. Nat. (%)	Lím. Atterberg		Clasificación Casagrande	Ensayos Químicos		RCS (q <sub>u</sub> ) KPa	Triaxial			Ensayo de hinchamiento Lambe Cambio potencial de volumen	Presión hinchamiento (KPa)	Hinchamiento libre (%)	Excavabilidad	
						LL	IP		M.O. (%)	SO <sub>3</sub> (%)		Tipo	Φ' (°)	C' (KPa)					
RELLENO ANTRÓPICO .RA.	18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	Excavable	
CUATERNARIO ALUVIAL. QAL.	17*	--	--	--	16	42	23	SC-SM	0	--	--	--	--	--	--	--	--	Excavable	
TOSCO ARENOSO T	51	--	--	--	11	34	17	SC	--	0	--	--	--	--	--	--	--	Excavable	
TOSCO T	42	--	--	--	19	44	18,5	CL	--	0	--	--	--	--	--	--	--	Excavable	
PEÑUELAS. P.	55	867	15	2,63	25	64	36	CH	0,5	0	485	CU	28	60	No crítico	30-100	2	Excavable	
PEÑUELAS YESÍFERAS. PY.	62	804	17	2,60	22	44	19	CL	1	0-14	442	CU	39	83	No crítico	20-160	1,3	Excavable	
FY	ARCILLAS CON YESO (A+Y)	17-R	1.482	18	2,63	16	38	17	CL	1	2-41	1.179	CU	38	51	No crítico	10-80	1,5	Marginal
	YESOS CON ARCILLA (Y+A)	R	4.400	23,6	--	4	--	--	--	--	--	9.400	--	--	--	--	--	--	Marginal

Resumen de características medias establecidas, a partir de todos los datos geotécnicos disponibles de ensayos y muestras, de las distintas unidades geotécnicas diferenciadas.

UNIDAD	Peso aparente (t/m <sup>3</sup> )	Cohesión C' (t/m <sup>2</sup> )	Ángulo de rozamiento interno Φ' (°)	Módulo de deform. (subsid.) E (t/m <sup>2</sup> )	Coficiente de Poisson v	Módulo de balasto k (t/m <sup>3</sup> )
RA	1,8	0,00	28	800-1.000	0,35	2.000
QAL	2,00	0,00	32	1.000-1.500	0,32	5.000
TA	2,08	2,0-2,5	32,5	13.000	0,30	25.000-35.000
T	2,10	3,0	30	15.000-18.000	0,30	30.000-40.000
P	2,00	5,0-6,0	28	20.000	0,28	35.000-50.000
PY	2,10	5,0-8,0	30	25.000	0,27	40.000-55.000
A+Y	2,10	5,0-8,0	30	25.000	0,27	40.000-55.000
Y+A	2,30	7,0-10,0	28	40.000	0,26	60.000

Tabla Resumen de propiedades geotécnicas recomendadas y adoptadas para las distintas unidades y niveles geotécnicos diferenciados, en consonancia con las tradicionalmente atribuidas.





## ANEJO Nº6. ESTUDIO DE INUNDABILIDAD E HIDROLOGIA

### ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO .....	2
2.- DEFINICIÓN Y MARCO LEGAL .....	3
2.1.- ZONA INUNDABLE CON PROBABILIDAD BAJA O EXCEPCIONAL (T=500 AÑOS).....	3
2.2.- ZONA DE FLUJO PREFERENTE (ZFP) .....	5
2.3.- DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO CARTOGRÁFICO (DPHC) .....	9
3.- ANÁLISIS DE LA EDAR .....	11
3.1.- ACTUAL.....	11
3.2.- NUEVO DISEÑO.....	12
4.- PLUVIOMETRÍA.....	16
4.1.- ESTACIONES METEREOLÓGICAS DISPONIBLES .....	16
4.2.- PROCESADO DE LAS SERIES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA MENSUAL.....	18
4.3.- ANÁLISIS DE LAS SEIRES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA MENSUAL .	18
5.- HIDROLOGÍA .....	20
5.1.- ANÁLISIS DE LAS SERIES DE PRECIPITACIONES .....	20
5.2.- DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN .....	21
5.2.1.- Intensidad de precipitación .....	21
5.2.2.- Tiempo de concentración.....	22
5.2.3.- Hietogramas de bloques alternos .....	23
5.3.- GENERACIÓN DE ESCORRENTÍA.....	25
5.4.- RESULTADOS.....	25



## 1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El objeto del presente ANEJO es, por una parte, el estudio de las zonas de inundación de las parcelas en las que se encuentra la estación depuradora de aguas residuales de La China.

Para ello, se analiza la situación actual de inundabilidad de las zonas de interés para la ZI con probabilidad baja o excepcional ( $T=500$  años), la zona de flujo preferente (ZFP) y el dominio público hidráulico cartográfico (DPHC).

Se utilizan los estudios realizados en la zona del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas inundables (SNCZI).

Por otro lado, también tiene por objeto la obtención de las tormentas de diseño de las diferentes cuencas vertientes a las estaciones depuradoras de aguas residuales, en adelante EDAR, de modo que permitan estudiar la respuesta de la red de saneamiento frente a un episodio de precipitaciones.

En primer lugar, se procesan las series de precipitaciones de las estaciones meteorológicas disponibles en la zona de estudio, con la finalidad de asignar a cada una de las cuencas una lluvia que sea producto de la posición relativa de las estaciones existentes.

Seguidamente, las series obtenidas se analizan con el software CHAC (Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas), desarrollado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. El análisis arroja unos determinados ajustes a diferentes funciones de distribución, de las cuales se escoge la que mejor represente el comportamiento de la serie de datos disponible. De dicha función de distribución se toma el cuantil asociado al período de retorno para el que se pretende realizar el estudio, que se traduce en la precipitación máxima diaria.

Finalmente, con la precipitación máxima diaria, se obtienen las tormentas de diseño que se implementan en el modelo de las cuencas para obtener su respuesta



## **2.- DEFINICIÓN Y MARCO LEGAL**

### **2.1.- ZONA INUNDABLE CON PROBABILIDAD BAJA O EXCEPCIONAL (T=500 AÑOS)**

Las zonas inundables se definen en la legislación de aguas, suelo y ordenación territorial y Protección Civil, siendo todas ellas coordinadas mediante el Real Decreto 903/2010 de evaluación y gestión de riesgos de inundación que transpone la Directiva 2007/60, sobre la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.

El Texto Refundido de la Ley de Aguas introduce el concepto de “zona inundable” en el artículo 11 como *los terrenos que pueden resultar inundados durante las crecidas no ordinarias de los lagos, lagunas, embalses, ríos o arroyos , los cuales conservarán la calificación jurídica y la titularidad dominical que tuvieren.*

Esta definición es precisada por el Reglamento del DPH, que define la “zona inundable” en su artículo 14, considerando zonas inundables las delimitadas por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo periodo estadístico de retorno sea de quinientos años, atendiendo a estudios geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos, así como de series de avenidas históricas y documentos o evidencias históricas de las mismas.

El Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Suelo, establece en su artículo 12 que se encontrarán en suelo rural, entre otros, los suelos con riesgos naturales incluidos los de inundación o de otros accidentes graves, y cuantos otros prevea la legislación de ordenación territorial o urbanística.

En materia de Protección Civil, las inundaciones se regulan mediante la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones, siendo las Comunidades Autónomas las que la desarrollan a través de Planes Territoriales de Inundaciones, que son homologados por la Comisión Nacional de Protección Civil identificando y clasificando las áreas inundables del territorio con arreglo a los criterios siguientes:

- a) Zona de inundación frecuente: Zonas inundables para avenidas de periodo de retorno de cincuenta años.
- b) Zonas de inundación ocasional: Zonas inundables para avenidas de periodo de retorno entre cincuenta y cien años.
- c) Zonas de inundación excepcional: Zonas inundables para avenidas de periodo de retorno entre cien y quinientos años.”

Por último, la Comisión Europea aprobó en noviembre de 2007 la Directiva 2007/60, sobre la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, lo que supone un modelo para gestionar este tipo de riesgos, y que ha sido transpuesta a la legislación española mediante el Real Decreto 903/2010 de evaluación y gestión de riesgos de inundación. En este Real Decreto se define en artículo 3.m como zona inundable a los terrenos que puedan resultar inundados por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo periodo estadístico de retorno sea de 500 años y establece la necesidad

de identificar las zonas con mayor riesgo de inundación, denominadas como áreas de riesgo potencial significativo de inundación (ARPSIS) y de realizar en ellas mapas de peligrosidad y riesgo de inundación de los siguientes escenarios:

- a) Alta probabilidad de inundación, cuando proceda.
- b) Probabilidad media de inundación (periodo de retorno mayor o igual a 100 años).
- c) Baja probabilidad de inundación o escenario de eventos extremos (periodo de retorno igual a 500 años).

En el caso de que la zona inundable pertenezca a los mapas que se están realizando con motivo de la implantación de esta Directiva Europea, se hace constar en el informe de dicha zona inundable el correspondiente código de ARPSI y, además, en la categoría de Áreas de riesgo potencial significativo de inundación (ARPSIs) se podrán consultar los servicios de mapas de peligrosidad (calados o niveles de agua) y de riesgo de inundación asociados.

A continuación, se muestran las limitaciones recogidas en el artículo 14 bis referentes a los usos del suelo en zona inundable del Reglamento del DPH:

#### Artículo 14 bis

*1. Las nuevas edificaciones y usos asociados en aquellos suelos que se encuentren en situación básica de suelo rural en la fecha de entrada en vigor del Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, se realizarán, en la medida de lo posible, fuera de las zonas inundables. En aquellos casos en los que no sea posible, se estará a lo que al respecto establezcan, en su caso, las normativas de las comunidades autónomas, teniendo en cuenta lo siguiente:*

*a) Las edificaciones se diseñarán teniendo en cuenta el riesgo de inundación existente y los nuevos usos residenciales se dispondrán a una cota tal que no se vean afectados por la avenida con periodo de retorno de 500 años, debiendo diseñarse teniendo en cuenta el riesgo y el tipo de inundación existente. Podrán disponer de garajes subterráneos y sótanos, siempre que se garantice la estanqueidad del recinto para la avenida de 500 años de período de retorno, se realicen estudios específicos para evitar el colapso de las edificaciones, todo ello teniendo en cuenta la carga sólida transportada, y además se disponga de respiraderos y vías de evacuación por encima de la cota de dicha avenida. Se deberá tener en cuenta su accesibilidad en situación de emergencia por inundaciones.*

*b) Se evitará el establecimiento de servicios o equipamientos sensibles o infraestructuras públicas esenciales tales como, hospitales, centros escolares o sanitarios, residencias de personas mayores o de personas con discapacidad, centros deportivos o grandes superficies comerciales donde puedan darse grandes aglomeraciones de población, acampadas, zonas destinadas al alojamiento en los campings y edificios de usos vinculados, parques de bomberos, centros penitenciarios, depuradoras, instalaciones de los servicios de Protección Civil, o similares. Excepcionalmente, cuando se demuestre que no existe otra alternativa de ubicación, se podrá permitir su establecimiento, siempre que se cumpla lo establecido en el apartado anterior y se asegure su accesibilidad en situación de emergencia por inundaciones.*



2. En aquellos suelos que se encuentren a en la fecha de entrada en vigor del Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, en la situación básica de suelo urbanizado, podrá permitirse la construcción de nuevas edificaciones, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, lo establecido en las letras a) y b) del apartado 1.

## 2.2.- ZONA DE FLUJO PREFERENTE (ZFP)

De acuerdo a su definición, se trata de una zona en la que, con periodos de recurrencia frecuentes, la avenida genera formas erosivas y sedimentarias debido a su gran energía al ser la zona en que se concentra preferentemente el flujo. Estas zonas se delimitan con el objeto de preservar la estructura y funcionamiento del sistema fluvial, dotando al cauce del espacio adicional suficiente para permitir su movilidad natural así como la laminación de caudales y carga sólida transportada, favoreciendo la amortiguación de las avenidas.

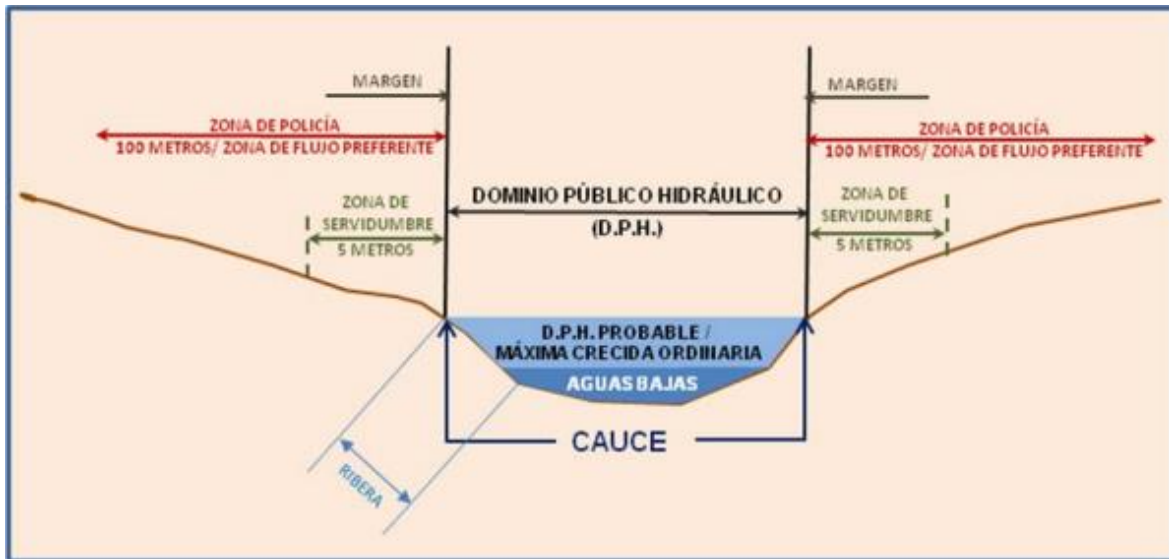
En el Real Decreto 9/2008 por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, se define la zona de flujo preferente de la siguiente forma:

*“La zona de flujo preferente es aquella zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas, o vía de intenso desagüe, y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas. A los efectos de la aplicación de la definición anterior, se considerará que pueden producirse graves daños sobre las personas y los bienes cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:*

- a) Que el calado sea superior a 1 m*
- b) Que la velocidad sea superior a 1 m/s*
- c) Que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m<sup>2</sup> /s*

*Se entiende por vía de intenso desagüe la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de periodo de retorno sin producir una sobreelevación mayor que 0,3 m, respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente. La sobreelevación anterior podrá, a criterio del organismo de cuenca, reducirse hasta 0,1 m cuando el incremento de la inundación pueda producir graves perjuicios o aumentarse hasta 0,5 m en zonas rurales o cuando el incremento de la inundación produzca daños reducidos.*

*En la delimitación de la zona de flujo preferente se empleará toda la información de índole histórica y geomorfológica existente, a fin de garantizar la adecuada coherencia de los resultados con las evidencias físicas disponibles sobre el comportamiento hidráulico del río”.*



La forma de obtención la zona de flujo preferente viene definida en el artículo 9 del Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.

La zonificación definida anteriormente implica ciertas limitaciones de uso que se resumen a continuación:

- De acuerdo con el RD 9/2008, en estas zonas o vías de flujo preferente sólo podrán ser autorizadas por el Organismo de cuenca aquellas actividades no vulnerables frente a las avenidas y que no supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe de dicha vía
- En el caso de que la zona de flujo preferente se haya declarado como Zona de Policía será necesaria la pertinente autorización para realizar las mismas actuaciones que la Zona de Policía (artículo 9):
  - a) Las alteraciones sustanciales del relieve natural del terreno
  - b) Las extracciones de áridos
  - c) Las construcciones de todo tipo, tengan carácter definitivo o provisional
  - d) Cualquier otro uso o actividad que suponga un obstáculo para la corriente en régimen de avenidas o que pueda ser causa de degradación o deterioro del estado de la masa de agua, del ecosistema acuático, y en general, del Dominio Público Hidráulico

Según dice el Reglamento del Dominio Público Hidráulico en su artículo 9 bis para la limitación de los usos en suelo rural:

*d) Depuradoras de aguas residuales urbanas, salvo en aquellos casos en los que se compruebe que no existe una ubicación alternativa o, en el caso de pequeñas poblaciones, que sus sistemas de depuración sean compatibles con las inundaciones. En estos casos excepcionales, se diseñarán teniendo en cuenta, además de los requisitos previstos en los artículos 246 y 259 ter, el riesgo de inundación existente, incluyendo medidas que eviten los eventuales daños que puedan originarse en sus instalaciones y*

*garantizando que no se incremente el riesgo de inundación en el entorno inmediato, ni aguas abajo. Además se informará al organismo de cuenca de los puntos de desbordamiento en virtud de la disposición adicional segunda. Quedan exceptuadas las obras de conservación, mejora y protección de las ya existentes.*

*Excepcionalmente se permite la construcción de pequeñas edificaciones destinadas a usos agrícolas con una superficie máxima de 40 m<sup>2</sup>, la construcción de las obras necesarias asociadas a los aprovechamientos reconocidos por la legislación de aguas, y aquellas otras obras destinadas a la conservación y restauración de construcciones singulares asociadas a usos tradicionales del agua, siempre que se mantenga su uso tradicional y no permitiendo, en ningún caso, un cambio de uso salvo el acondicionamiento museístico, siempre que se reúnan los siguientes requisitos: a) No represente un aumento de la vulnerabilidad de la seguridad de las personas o bienes frente a las avenidas. b) Que no se incremente de manera significativa la inundabilidad del entorno inmediato, ni aguas abajo, ni se condicionen las posibles actuaciones de defensa contra inundaciones de la zona urbana. Se considera que se produce un incremento significativo de la inundabilidad cuando a partir de la información obtenida de los estudios hidrológicos e hidráulicos, que en caso necesario sean requeridos para su autorización y que definan la situación antes de la actuación prevista y después de la misma, no se deduzca un aumento de la zona inundable en terrenos altamente vulnerables.*

Según el artículo 9 ter para las obras y construcciones en suelos en situación básica de suelo urbanizado:

*En el suelo que se encuentre en la fecha de entrada en vigor del Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, en la situación básica de suelo urbanizado de acuerdo con el artículo 21.3 y 4 del texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana, se podrán realizar nuevas edificaciones, obras de reparación o rehabilitación que supongan un incremento de la ocupación en planta o del volumen de edificaciones existentes, cambios de uso, garajes subterráneos, sótanos y cualquier edificación bajo rasante e instalaciones permanentes de aparcamientos de vehículos en superficie, siempre que se reúnan los siguientes requisitos y sin perjuicio de las normas adicionales que establezcan las comunidades autónomas:*

*a) No representen un aumento de la vulnerabilidad de la seguridad de las personas o bienes frente a las avenidas, al haberse diseñado teniendo en cuenta el riesgo al que están sometidos.*

*b) Que no se incremente de manera significativa la inundabilidad del entorno inmediato ni aguas abajo, ni se condicionen las posibles actuaciones de defensa contra inundaciones de la zona urbana. Se considera que se produce un incremento significativo de la inundabilidad cuando a partir de la información obtenida de los estudios hidrológicos e hidráulicos, que en caso necesario sean requeridos para su autorización y que definan la situación antes de la actuación prevista y después de la misma, no se deduzca un aumento de la zona inundable en terrenos altamente vulnerables.*

*c) Que no se traten de nuevas instalaciones que almacenen, transformen, manipulen, generen o viertan productos que pudieran resultar perjudiciales para la salud humana y el*

entorno (suelo, agua, vegetación o fauna) como consecuencia de su arrastre, dilución o infiltración, en particular estaciones de suministro de carburante, depuradoras industriales, almacenes de residuos, instalaciones eléctricas de media y alta tensión.

d) Que no se trate de nuevos centros escolares o sanitarios, residencias de personas mayores, o de personas con discapacidad, centros deportivos o grandes superficies comerciales donde puedan darse grandes aglomeraciones de población.

e) Que no se trate de nuevos parques de bomberos, centros penitenciarios o instalaciones de los servicios de Protección Civil.

f) Las edificaciones de carácter residencial se diseñarán teniendo en cuenta el riesgo y el tipo de inundación existente y los nuevos usos residenciales se dispondrán a una cota tal que no se vean afectados por la avenida con periodo de retorno de 500 años. Podrán disponer de garajes subterráneos y sótanos, siempre que se garantice la estanqueidad del recinto para la avenida de 500 años de período de retorno, y que se realicen estudios específicos para evitar el colapso de las edificaciones, todo ello teniendo en cuenta la carga sólida transportada y que además dispongan de respiraderos y vías de evacuación por encima de la cota de dicha avenida. Se deberá tener en cuenta, en la medida de lo posible, su accesibilidad en situación de emergencia por inundaciones.

Finalmente, según el artículo 9 quáter para el régimen especial en municipios con más de 1/3 de su superficie incluida en la zona de flujo preferente:

1. En los municipios en que al menos un 1/3 de su superficie esté incluida en la zona de flujo preferente o que por la morfología de su territorio tengan una imposibilidad material para orientar sus futuros desarrollos hacia zonas no inundables, se podrá permitir como régimen especial la realización de nuevas edificaciones o usos asociados en la zona de flujo preferente, siempre que cumplan los siguientes requisitos y sin perjuicio de las normas adicionales que establezcan las comunidades autónomas:

a) Estén ubicados fuera de la zona de policía.

b) No incrementen de manera significativa el riesgo de inundación existente. Se considera que se produce un incremento significativo del riesgo de inundación cuando a partir de la información obtenida de los estudios hidrológicos e hidráulicos, que en caso necesario sean requeridos para su autorización y que definan la situación antes de la actuación prevista y después de la misma, no se deduzca un aumento de la zona inundable en terrenos altamente vulnerables.

c) No representen un aumento de la vulnerabilidad de la seguridad de las personas o bienes frente a las avenidas, al haberse diseñado teniendo en cuenta el riesgo al que están sometidos, cumpliendo además con lo establecido en el artículo 9 ter. 1.f).

d) No se permitirá la construcción de instalaciones que se encuentren entre las contenidas en el artículo 9 bis.1.a), e) y h), ni grandes superficies comerciales donde puedan darse grandes aglomeraciones de población.

e) No se permitirá, salvo que cuando con carácter excepcional se demuestre que no existe otra alternativa de ubicación, el nuevo establecimiento de servicios o equipamientos sensibles o infraestructuras públicas esenciales para el núcleo urbano

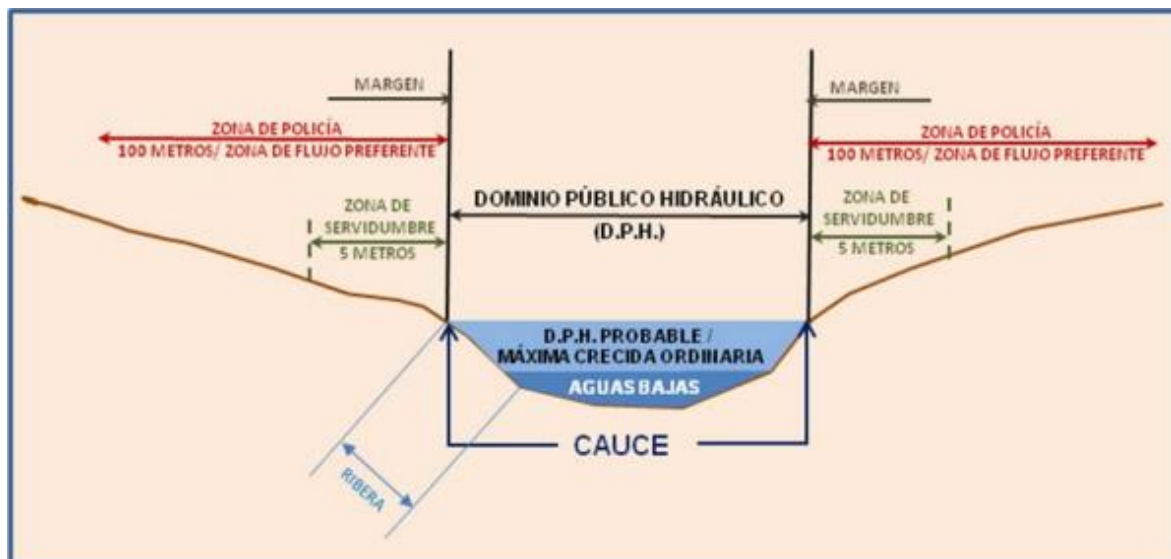


tales como: hospitales, centros escolares o sanitarios, residencias de personas mayores o de personas con discapacidad, centros deportivos, parques de bomberos, depuradoras, instalaciones de los servicios de Protección Civil o similares. Para estos casos excepcionales, las infraestructuras requeridas no deberán incrementar de manera significativa la inundabilidad del entorno inmediato ni aguas abajo, de forma que no se produzca un aumento de la zona inundable en terrenos altamente vulnerables. Igualmente, no condicionarán las posibles actuaciones de defensa contra inundaciones de la zona urbana, ni representarán un aumento de la vulnerabilidad de la seguridad de las personas o bienes frente a las avenidas, al haberse diseñado teniendo en cuenta el riesgo al que están sometidas, cumpliendo además con lo establecido en el artículo 9 ter.1.f); para ello se realizarán los oportunos estudios hidrológicos e hidráulicos que definan la situación antes de la actuación prevista y después de la misma.

### 2.3.- DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO CARTOGRÁFICO (DPHC)

El DPH cartográfico es la superficie de terreno correspondiente al álveo o cauce natural de una corriente continua o discontinua cubierta por las aguas en las máximas crecidas ordinarias, determinada atendiendo a sus características geomorfológicas, ecológicas y teniendo en cuenta las informaciones hidrológicas, hidráulicas, fotográficas y cartográficas que existan, así como las referencias históricas disponibles, que ha sido delimitada cartográficamente mediante el Proyecto LINDE en su FASE II o un estudio de características similares en el marco del desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.

A partir de la superficie así delimitada se calcula el área correspondiente a la Zona de Servidumbre y a la Zona de Policía según las definiciones incluidas en el RDPH.



En la legislación española se establece que *constituyen el dominio público hidráulico del Estado, entre otros, las aguas continentales, tanto las superficiales como las subterráneas renovables con independencia del tiempo de renovación; los cauces de corrientes naturales, continuas o discontinuas y los lechos de los lagos y lagunas; y los de los embalses superficiales en cauces públicos.*



La forma de obtención del DPH cartográfico o probable viene definida en el artículo 4 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, modificado por el Real Decreto 9/2008 de 11 enero.

Dicho artículo incide en la necesidad de combinar métodos hidrológico-hidráulicos con geomorfológico-históricos, siendo necesario tener en cuenta las características ecológicas de los tramos estudiados.

La obtención de las Zonas de Policía y Servidumbre se define en el artículo 6, siendo asimismo de aplicación el artículo 9.2 en los casos en que la Zona de Policía se amplíe a la Zona de Flujo Preferente.

La zonificación definida anteriormente implica ciertas limitaciones de uso que se resumen a continuación:

- El DPH es de titularidad pública y, por tanto, cualquier uso u aprovechamiento del mismo debe estar sujeto a autorización y/o concesión por parte de las Administraciones Públicas con competencias en materia de Aguas
- En Zona de Servidumbre (cuyo objetivo principal es asegurar las tareas de vigilancia, pesca y salvamento) se podrán plantar especies no arbóreas (para plantaciones arbóreas es necesaria autorización) y no se podrá realizar construcción alguna salvo la que pueda ser necesaria para el uso y conservación del DPH, y deberán contar siempre con la autorización pertinente de las Administraciones Públicas con competencias en materia de Aguas (artículo 7)
- En Zona de Policía es la pertinente autorización para realizar las actuaciones siguientes (artículo 9):
  - a) Las alteraciones sustanciales del relieve natural del terreno
  - b) Las extracciones de áridos
  - c) Las construcciones de todo tipo, tengan carácter definitivo o provisional
  - d) Cualquier otro uso o actividad que suponga un obstáculo para la corriente en régimen de avenidas o que pueda ser causa de degradación o deterioro del estado de la masa de agua, del ecosistema acuático, y en general, del Dominio Público Hidráulico

### 3.- ANÁLISIS DE LA EDAR

#### 3.1.- ACTUAL

Se indican a continuación las afecciones al cauce de las infraestructuras de depuración actuales:

- La EDAR de LA China se encuentra parcialmente dentro de la zona de inundación con probabilidad baja o excepcional (T=500 años).
- La planta no se ve afectada por la zona de flujo preferente.
- Se encuentra parcialmente en la zona de policía del río.



*Ilustración 1. EDAR La China actual, zona de inundación con probabilidad baja o excepcional (T=500 años)*



*Ilustración 2. EDAR La China actual. Zona de Flujo Preferente (izquierda). Dominio Público Hidráulico Cartográfico (derecha)*

### 3.2.- NUEVO DISEÑO

Se indican a continuación las afecciones de las nuevas infraestructuras diseñadas.

- Parte de las infraestructuras de la EDAR se encuentran en la zona inundable del cauce.
- No existe afección a la Zona de Flujo Preferente en la EDAR
- Parte de las infraestructuras de la EDAR se encuentran dentro de la Zona de Policía aunque no se trata de infraestructuras de depuración sino auxiliares (aparcamientos, edificaciones para el personal, almacenes, etc).



Ilustración 3. EDAR La China nueva. Zona de inundación con probabilidad baja o excepcional (T=500 años) (izquierda). Zona de Flujo Preferente (derecha)

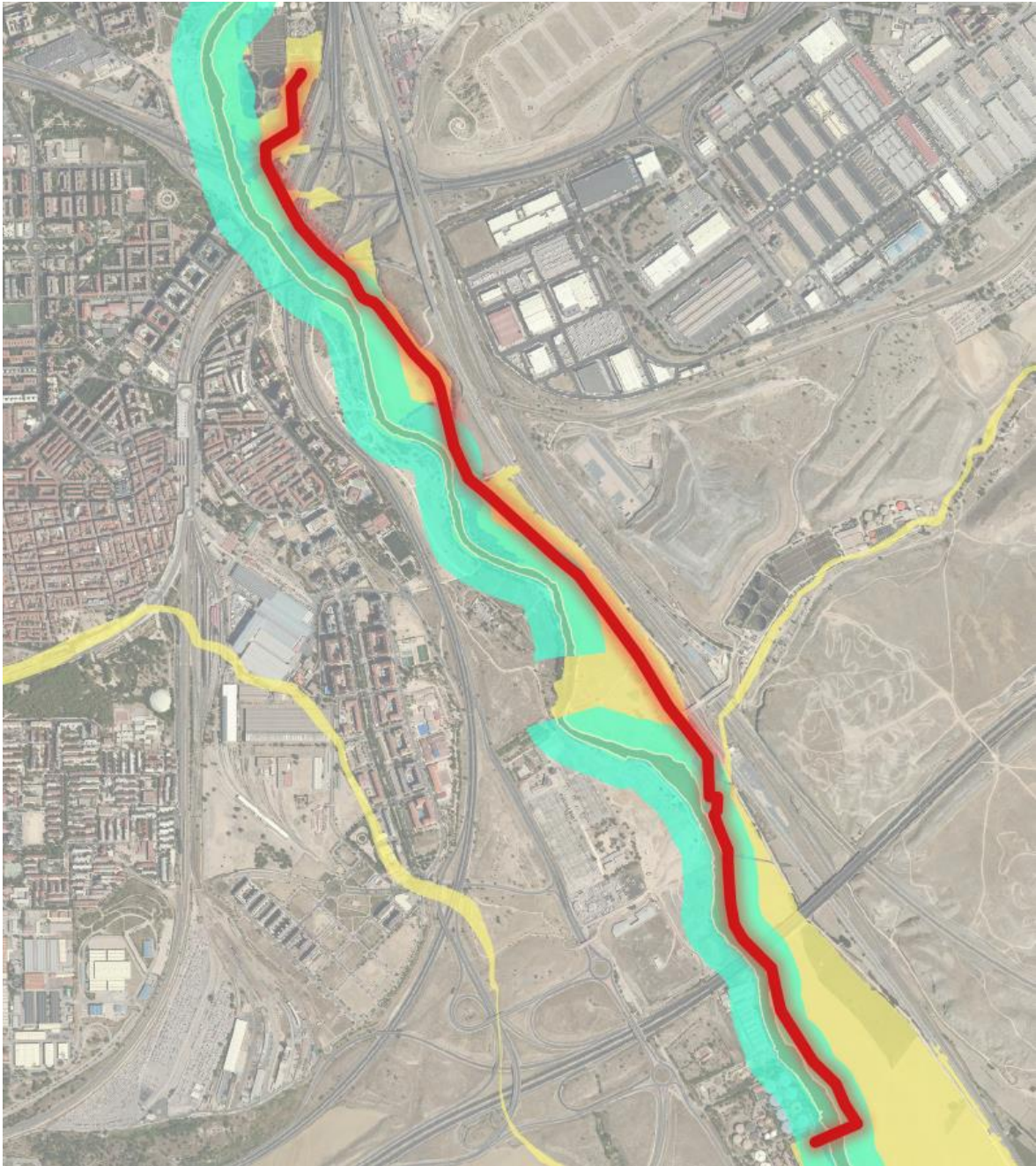


Ilustración 4. EDAR La China nueva. Dominio Público Hidráulico Cartográfico

- En lo referente a la canalización del bombeo de fagos a la EDAR de Butarque
  - Está en zona inundable en parte de su trazado.
  - Afecta a la ZFP en su tramo final, en una longitud aproximada de 800 m.
  - Está en Zona de Policía en parte de su trazado.
  - Afecta al DPH únicamente el cruce del cauce final previo a su llegada a la EDAR de Butarque.



*Ilustración 5. Canalización del bombeo de fangos a Butarque. ZFP (izquierda). DPHc (derecha)*



*Ilustración 6. Canalización del bombeo de fangos a Butarque. Vista General sobre zona inundable T500 y DPHc*

#### 4.- PLUVIOMETRÍA

##### 4.1.- ESTACIONES METEREOLÓGICAS DISPONIBLES

Con el fin de analizar la hidrología de la zona correspondiente a las diferentes cuencas vertientes de las EDAR, se solicitan los datos de precipitaciones de 9 estaciones meteorológicas de la red de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) que, o bien pertenecen a la zona de estudio, o bien colindan con ella.

Las estaciones meteorológicas de las que se solicita información y sus localizaciones aparecen en la tabla que se muestra a continuación:

Estación AEMET	Indicativo	Coordenadas		Altitud
		Latitud	Longitud	m
<b>Barajas</b>	3129	40° 28' 00" N	3° 33' 20" O	609
<b>Ciudad Universitaria</b>	3194U	40° 27' 06" N	3° 43' 27" O	664
<b>Cuatro Vientos</b>	3196	40° 22' 32" N	3° 47' 10" O	690
<b>El Goloso</b>	3126Y	40° 33' 41" N	3° 42' 43" O	740
<b>Getafe</b>	3200	40° 17' 58" N	3° 43' 20" O	620
<b>Pozuelo de Alarcón</b>	3194Y	40° 26' 54" N	3° 48' 48" O	665
<b>Retiro</b>	3195	40° 24' 43" N	3° 40' 41" O	667
<b>Soria</b>	3195T	40° 26' 33" N	3° 38' 22" O	694
<b>Torrejón</b>	3175	40° 29' 19" N	3° 26' 37" O	607

*Tabla 1. Estaciones meteorológicas de las que se solicita información.*

En la Ilustración 7 se encuentran localizadas, mostrándose los distritos de Madrid y Pozuelo de Alarcón, y las cuencas de las EDAR.





Ilustración 7. Estaciones meteorológicas de las que se solicita información.

Para el estudio de pluviometría que se pretende realizar no son trascendentes la totalidad de las estaciones de las que se solicita información, se descartan 4 por las siguientes razones:

- **El Goloso, Barajas y Torrejón:** se descartan debido a que están situadas fuera de la zona de estudio, existen estaciones más cercanas que representan mejor la variabilidad espacial de las precipitaciones.
- **Pozuelo de Alarcón:** Aun estando situada en una localización que afectaría a la distribución de las precipitaciones de la cuenca de Butarque, la zona a la que alcanza vierte directamente a la EDAR de Húmera, por lo que queda descartada. Además, se trata de una serie de la que solo se dispone un período de 13 años, del 2005 al 2017, por lo que no se utiliza en el análisis.

Las estaciones meteorológicas seleccionadas para el estudio, con los períodos con disponibilidad de datos y el número de años hidrológicos completos que disponen de series de precipitación máxima diaria mensual queda resumido en la tabla que se muestra a continuación:

Estación AEMET	Indicativo	Período	Años completos Serie $P_{dmax}$
<b>Ciudad Universitaria</b>	3194U	1972-1985, 1997-2017	24
<b>Cuatro Vientos</b>	3196	1945-2017	72
<b>Getafe</b>	3200	1951-2017	66
<b>Retiro</b>	3195	1893-1916, 1919-2017	107
<b>Soria</b>	3195T	1984-1985, 1999-2005, 2009-2017	10

*Tabla 2. Estaciones meteorológicas seleccionadas, indicando períodos y años hidrológicos completos de las series de precipitación máxima diaria.*

#### 4.2.- PROCESADO DE LAS SERIES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA MENSUAL

Las series de precipitación máxima diaria mensual de las estaciones meteorológicas seleccionadas cuentan, en algunos casos, con falta de datos en determinados meses, precipitaciones que se han supuesto nulas. Además, en la serie de la estación de Getafe, aparecen precipitaciones negativas que se suponen iguales a 0, ya que cruzando los datos con la estación más próxima, ésta última tiene precipitación igual a 0 en los mismos meses.

#### 4.3.- ANÁLISIS DE LAS SERIES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA MENSUAL

El análisis de las series de precipitación máxima diaria mensual se realiza de los últimos 30 años hidrológicos, es decir del período 1988-2018. Se considera un número de años suficiente para obtener unos resultados que representen la dinámica de las precipitaciones en las zonas objeto del estudio pluviométrico.

Se decide no extender la longitud del período, puesto que la magnitud de las precipitaciones años atrás era notablemente mayor. En caso contrario, los resultados del análisis no representarían correctamente la dinámica de las precipitaciones actuales, por lo que se incurriría en un sobredimensionado de las plantas a diseñar.

Con la finalidad de representar la variabilidad espacial de las precipitaciones que generan caudal de pluviales en cada una de las cuencas vertientes de las EDAR, se realiza un análisis mediante polígonos de Thiessen. Este método toma como hipótesis de partida que la precipitación en un punto cualquiera de la cuenca es la misma que la registrada en el pluviómetro más cercano.

A cada estación se le asigna un área de influencia, que dividida por la total de la cuenca vertiente, genera los porcentajes que ponderan la precipitación de cada estación.

Como se ha mencionado anteriormente, existen meses en los que no se tienen datos de la precipitación máxima diaria mensual en una determinada estación meteorológica, por lo que la ponderación se realiza con los datos de las estaciones restantes disponibles.

- **Cuenca vertiente EDAR La China**

En tiempo húmedo se divide en dos subcuencas, debido a la presencia de un by-pass que conecta el colector de Abroñigales con el colector Sur, de modo que los caudales acabarían en la EDAR Sur. Las dos subcuencas son:

- Subcuenca Tanque de Tormentas La China: delimitada por los colectores que vierten en el tanque de tormentas situado aguas arriba de La China. En esta subcuenca se realizan dos ponderaciones, dependiendo de los datos disponibles en cada estación:

TT LA CHINA		
Estación	Área m <sup>2</sup>	Población %
Retiro	15.061.221	60,23%
C. Universitaria	9.946.415	39,77%
<b>Total</b>	<b>25.007.635</b>	<b>100,00%</b>

TT LA CHINA		
Estación	Área m <sup>2</sup>	Población %
Retiro	25.007.635	100,00%
<b>Total</b>	<b>25.007.635</b>	<b>100,00%</b>

Tabla 3. Porcentajes de ponderación de la subcuenca Tanque de Tormentas La China.

- Subcuenca Tanque de Tormentas Abroñigales: delimitada por los colectores que vierten en el colector de Abroñigales aguas arriba del enlace con el by-pass. En esta subcuenca se realizan cuatro ponderaciones, dependiendo de los datos disponibles en cada estación:

TT ABROÑIGALES		
Estación	Área m <sup>2</sup>	Población %
Retiro	23.019.377	49,58%
Soria	16.764.510	36,11%
C. Universitaria	6.647.981	14,32%
<b>Total</b>	<b>46.431.868</b>	<b>100,00%</b>

TT ABROÑIGALES		
Estación	Área m <sup>2</sup>	Población %
Soria	20.119.313	43,33%
Retiro	26.312.555	56,67%
<b>Total</b>	<b>46.431.868</b>	<b>100,00%</b>

TT ABROÑIGALES		
Estación	Área m <sup>2</sup>	Población %
Retiro	34.843.930	75,04%
C. Universitaria	11.587.938	24,96%
<b>Total</b>	<b>46.431.868</b>	<b>100,00%</b>

TT ABROÑIGALES		
Estación	Área m <sup>2</sup>	Población %
Retiro	46.431.868	100,00%
<b>Total</b>	<b>46.431.868</b>	<b>100,00%</b>

Tabla 4. Porcentajes de ponderación de la subcuenca Tanque de Tormentas Abroñigales.

## 5.- HIDROLOGÍA

### 5.1.- ANÁLISIS DE LAS SERIES DE PRECIPITACIONES

Las series de precipitación máxima diaria ponderadas se analizan mediante la herramienta informática CHAC (Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas), desarrollado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.

Mediante esta aplicación se obtienen los cuantiles asociados al período de retorno considerado, en este caso se aplica lo indicado en. La *Guía Técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano* (CEDEX, 2007) que recomienda que debe ser al menos de 10 años. Para ello, se aportan cuatro funciones de distribución con diferentes metodologías de ajuste de las series ponderadas a las mismas.

Las funciones de distribución obtenidas de la aplicación, y los ajustes asociados por la misma a dichas funciones son los siguientes:

- Gumbel: perteneciente a la familia *Extreme Value*, se caracteriza por ser muy robusta, es decir, concede poca flexibilidad para ajustarse a la serie analizada. Los métodos de ajuste aportados por CHAC son:
  - Método de los Momentos (MOM).
  - Método de Máxima Verosimilitud (ML).
  - Momentos Ponderados Probabilísticamente (PWM).
- SQRT-ET-max: es la recomendada por el CEDEX, y en la que está basada la monografía *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular (1999)* elaborada por el Ministerio de Fomento. El método de ajuste aportado por CHAC es:
  - Método de Máxima Verosimilitud (ML).
- General Extreme Value (GEV): función utilizada por el CEDEX para el ajuste de las leyes de frecuencia de caudales máximos en el ámbito geográfico de la España peninsular. Los métodos de ajuste aportados por CHAC son:
  - Método de los Momentos (MOM).
  - Método de Máxima Verosimilitud (ML).
  - Momentos Ponderados Probabilísticamente (PWM).
- LogPearson tipo III (LP III): se utiliza principalmente para análisis de probabilidad de eventos extremos. El método de ajuste aportado por CHAC es:
  - Ajuste individual con sesgo muestral (SESGO).

Los cuantiles obtenidos para un período de retorno de 10 años en las diferentes cuencas según la función de distribución y el tipo de ajuste utilizados, se muestran a continuación:

PERÍODO DE RETORNO 10 AÑOS								
F. Distribución	GUMBEL			SQRT	GEV			LP III
Ajuste	MOM	ML	PWM	ML	MOM	ML	PWM	SESGO
<b>TT_CHI</b>	37	36	37	37	37	37	37	37
<b>CS_CHI</b>	38	38	38	39	38	38	38	38

Tabla 5. Cuantiles obtenidos según función de distribución y tipo de ajuste para período de retorno 10 años.

Tras el análisis de los diferentes ajustes realizados por CHAC, y teniendo en cuenta las recomendaciones presentes en el documento *Máximas lluvias diarias en la España Anejo nº6 Estudio de inundabilidad e hidrología*

*Peninsular (1999)* elaborado por el Ministerio de Fomento, se selecciona la ley SQRT-ET-max. Esta ley presenta un mejor ajuste a las series de precipitaciones ponderadas, además de que es la única que ha sido propuesta específicamente para la modelación estadística de máximas lluvias diarias.

Los cuantiles seleccionados, que se traducen en precipitación máxima diaria son:

- Subcuenca Tanque de Tormentas La China: **37 mm**.
- Subcuenca Tanque de Tormentas Abroñigales: **39 mm**.

## 5.2.- DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN

Una vez obtenido los cuantiles considerados más representativos de las cuencas y subcuencas de estudio, se está en disposición de crear los hietogramas de las tormentas de diseño que generen el flujo dentro de las mismas.

Los hietogramas se crean siguiendo el método de bloques alternos, para una duración igual al tiempo de concentración de cada cuenca. En primer lugar, se aplica la formulación de Témez (1978) para obtener la intensidad de precipitación para una duración de lluvia determinada y el período de retorno considerado. Seguidamente, se determina la duración total de la tormenta. Y finalmente, se aplica la formulación correspondiente al método de bloques alternos para la formación del hietograma de la tormenta de diseño.

### 5.2.1.- Intensidad de precipitación

A partir del cuantil obtenido del análisis estadístico que se traduce en precipitación máxima diaria, y siguiendo la metodología expuesta en la *Instrucción 5.2 – IC Drenajes superficiales* (MOPU, 1990), se propone la curva IDF basada en la formulación de Témez (1978), cuya expresión es la siguiente:

$$\frac{i_T(t)}{i_T(d)} = \alpha \frac{28^{0,1} - t^{0,1}}{28^{0,1} - 1}$$

Donde:

- $i_T(t)$  es la intensidad de precipitación para una duración de lluvia determinada (t) y el período de retorno considerado en mm/h, igual a  $P_{d_{max}T}/24$
- $i_T(d)$  es la intensidad media diaria para dicho período de retorno en mm/h
- $\alpha$  es el factor de torrencialidad, establecido como la relación entre la intensidad horaria y la intensidad diaria que se obtiene de los mapas de isolíneas de la *Instrucción 5.2 – IC Drenajes superficiales* (Ilustración 8)
- t es la duración para la cual se pretende obtener la intensidad en horas.



Ilustración 8. Mapa de isolinias para la obtención del factor de torrencialidad.

### 5.2.2.- Tiempo de concentración

La duración de las tormentas de diseño se considera igual al tiempo de concentración de cada cuenca, siendo ésta la más desfavorable. Para la obtención del tiempo de concentración se emplea, de nuevo, la formulación propuesta en la *Instrucción 5.2 – IC Drenajes superficiales*:

$$t_c = \left( \frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76}$$

Donde:

- $t_c$  es el tiempo de concentración en horas
- $L$  es la longitud del colector principal por cuenca en km
- $J$  es la pendiente de dicho colector, calculada como la relación entre la diferencia de cota inicial y final y la longitud del colector.

Los resultados por cuenca se muestran en la siguiente tabla:

Cuenca	Longitud (L)		Cota inicio (Z <sub>1</sub> )	Cota final (Z <sub>2</sub> )	ΔZ	Pendiente (J)	Tiempo concentración (t <sub>c</sub> )
	m	km	m	m			
TT La China	13.500	13,50	717	575	142	0,0105	5,15
TT Abroñigales	12.000	12,00	730	580	150	0,0125	4,56

Tabla 6. Cálculo del tiempo de concentración por cuenca.

### 5.2.3.- Hietogramas de bloques alternos

La distribución temporal de la precipitación se realiza mediante un hietograma de bloques alternos. Este tipo de hietograma asume, para cualquier intervalo de tiempo, la intensidad media más desfavorable.

En primer lugar, se fija el intervalo de tiempo  $\Delta t$  que dura cada uno de los bloques que conforman el hietograma. En este caso se decide discretizar la duración de la tormenta en intervalos de 5 minutos.

Seguidamente, se determina la intensidad que corresponde a cada uno de los  $n$  bloques se obtiene haciendo uso de la siguiente expresión:

$$b_k = ki(k\Delta t) - \sum_1^{k-1} b_j$$

Dónde:

- $b_k$  es la intensidad de precipitación del bloque  $k$  en mm/h ( $k$  toma valores entre 1 y el número de bloques que tiene cada uno de los hietogramas en función del tiempo de concentración de la cuenca estudiada)
- $i(k\Delta t)$  es la intensidad para una tormenta de duración  $k\Delta t$  que se obtiene de las curva IDF, la calculada usando la expresión mencionada anteriormente de la *Instrucción 5.2 – IC Drenajes superficiales* en mm/h
- $b_j$  es la intensidad del conjunto de bloques anteriores al que se pretende obtener en mm/h.

Finalmente, se obtiene el volumen de precipitación en mm de cada uno de los bloques, a partir de la duración y la intensidad de los mismos, y se ordenan en una secuencia temporal de forma que el bloque de más intensidad sea el central y los demás se ordenen decrecientemente a derecha e izquierda de éste.

Los hietogramas para cada una de las cuencas y con un período de retorno de 10 años se muestran a continuación:

- **Subcuenca Tanque de Tormentas La China**

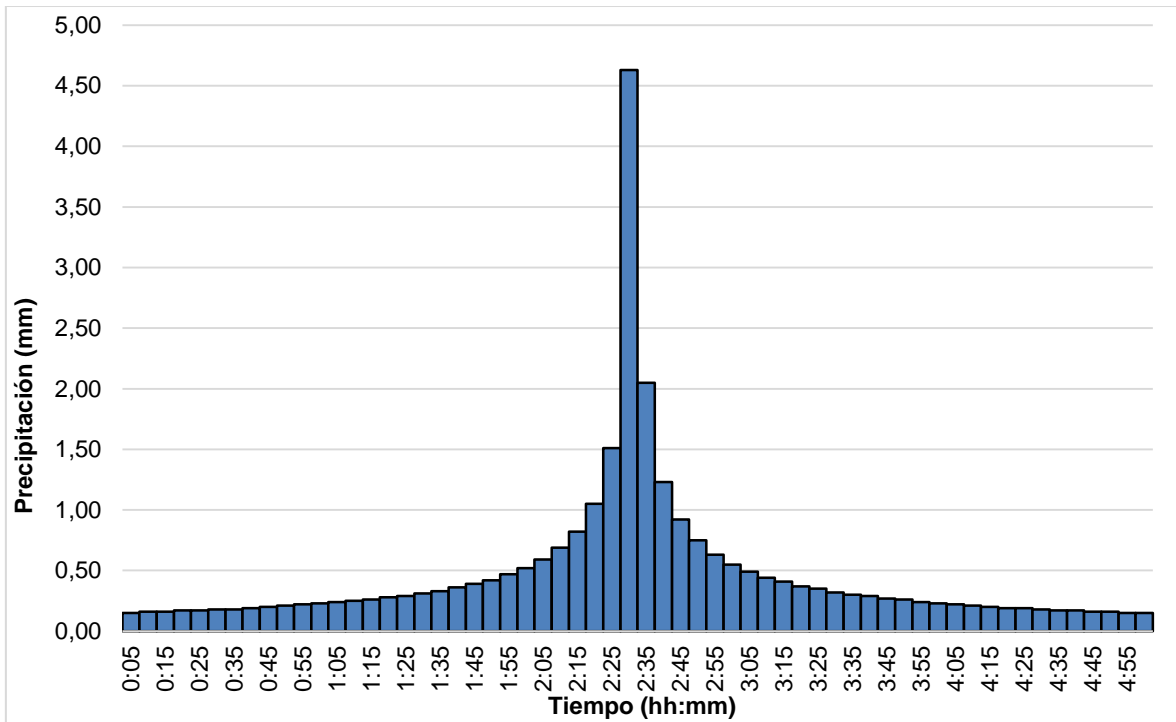


Ilustración 9. Hietograma para período de retorno 10 años y duración igual al tiempo de concentración en la subcuenca Tanque de Tormentas La China.

- **Subcuenca Tanque de Tormentas Abroñigales**

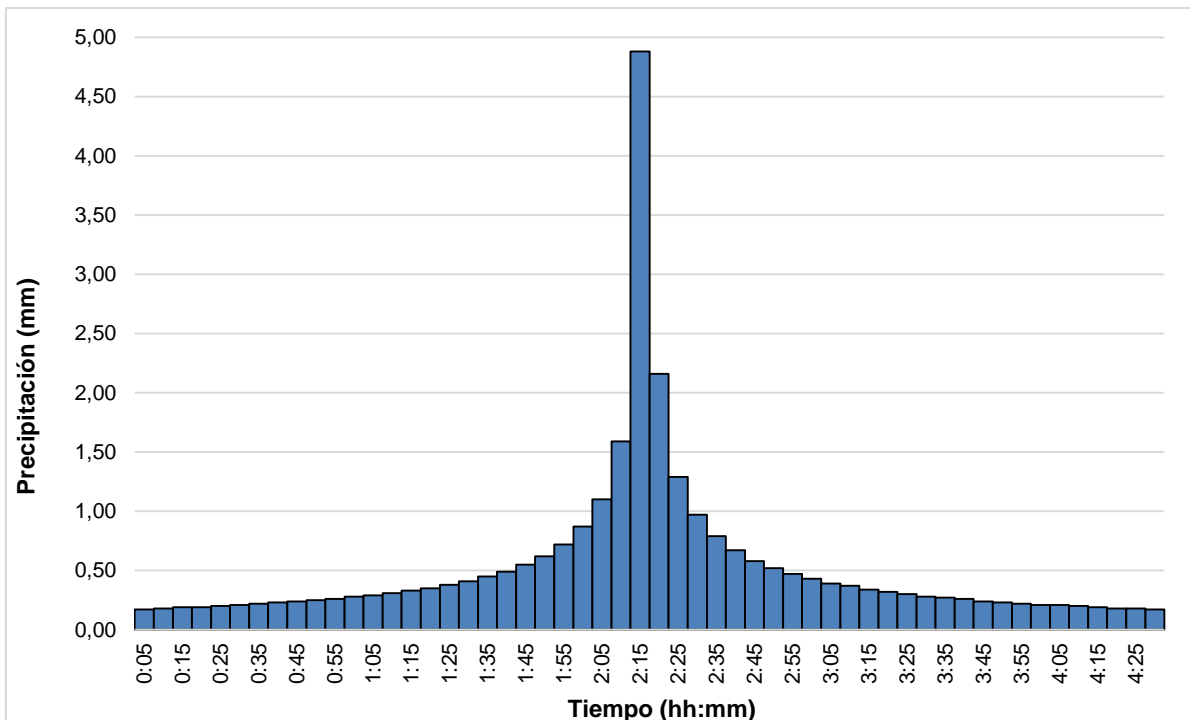


Ilustración 10. Hietograma para período de retorno 10 años y duración igual al tiempo de concentración en la subcuenca Tanque de Tormentas Abroñigales.



### 5.3.- GENERACIÓN DE ESCORRENTÍA

Con la finalidad de obtener una aproximación de los hidrogramas de respuesta de las diferentes cuencas, se implementa un modelo de simulación en la herramienta informática HEC-HMS (*Hydrologic Modelling System*), desarrollada por el *US Army Corps of Engineers*.

Se genera un modelo para cada una de las cuencas, definiendo en primer lugar los parámetros que permiten caracterizarlas. Estos parámetros vienen definidos en la siguiente tabla:

Cuenca	Área	Tiempo de concentración		Lag Time	Número de curva (CN)	Impermeable
	km <sup>2</sup>	h	min	min		%
TT La China	25,01	5,15	309	108	69	80
TT Abroñigales	46,43	4,56	274	96	69	80

Tabla 7. Parámetros del modelo por cuenca.

El *lag time* viene definido por la siguiente expresión:

$$\text{Lag Time} = 0,35 \cdot t_c$$

donde  $t_c$  es el tiempo de concentración en minutos.

Se considera una impermeabilidad en la cuencas del 80 %. En el caso de las cuencas de TT La China y TT Abroñigales, se correspondería con la situación actual aproximada.

El número de curva (CN), viene definido por el tipo de cobertura vegetal que se da en las áreas permeables. El manual de la aplicación recomienda hacer uso de los valores propuestos por el SCS (*Soil Conservation Service*) de los EEUU.

Por ello, en el caso de las cuencas de TT La China y TT Abroñigales, se fija un valor de 69, que se corresponde con la clasificación de Espacios abiertos en áreas urbanas (parques, etc.) con una cobertura de vegetación de entre el 50 % y el 75 % y un suelo de tipo B (infiltración moderada).

A cada una de las cuencas caracterizadas se les asigna la tormenta de diseño correspondiente de las obtenidas en el apartado anterior.

Puesto que las tormentas de diseño vienen definidas por intervalos de 5 minutos, se configura el modelo para que los hidrogramas de salida también estén definidos con intervalos similares.

### 5.4.- RESULTADOS

Finalmente, una vez realizadas las simulaciones en las cuencas de estudio, se obtienen los siguientes hidrogramas de respuesta en la salida de cada una de ellas.

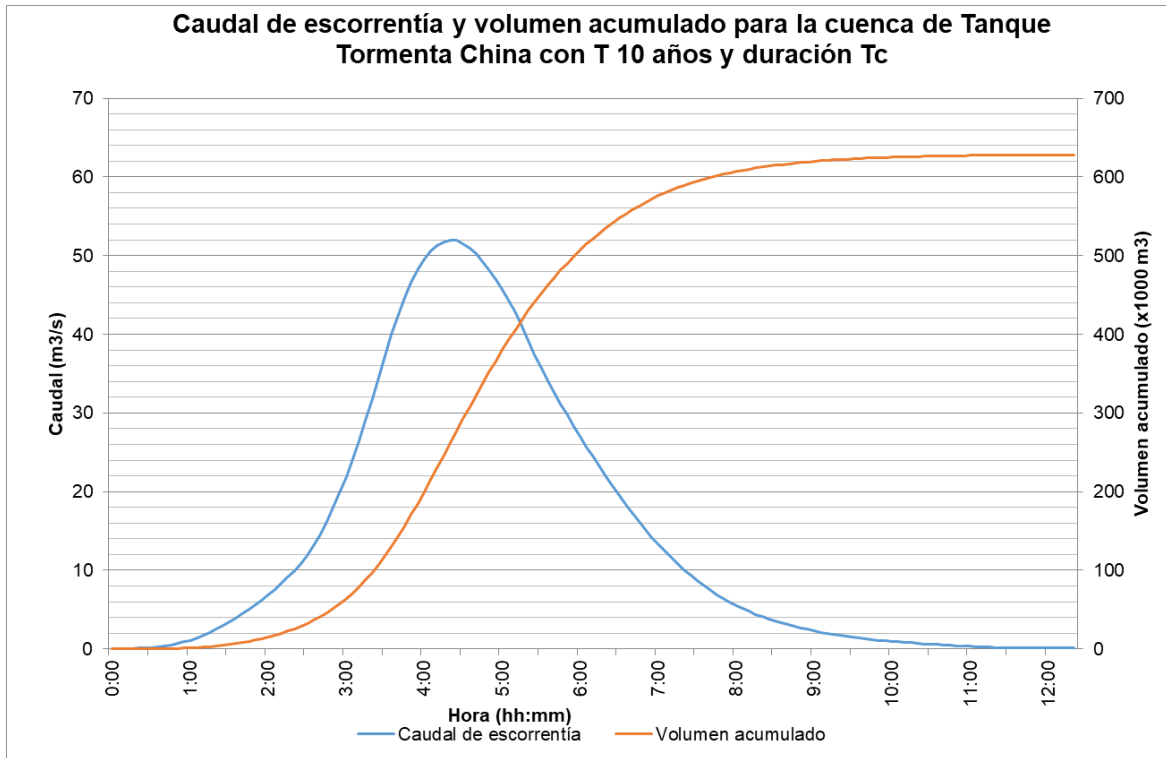


Ilustración 11. Hidrograma de respuesta para período de retorno 10 años y duración igual al tiempo de concentración en la subcuenca Tanque de Tormentas La China.

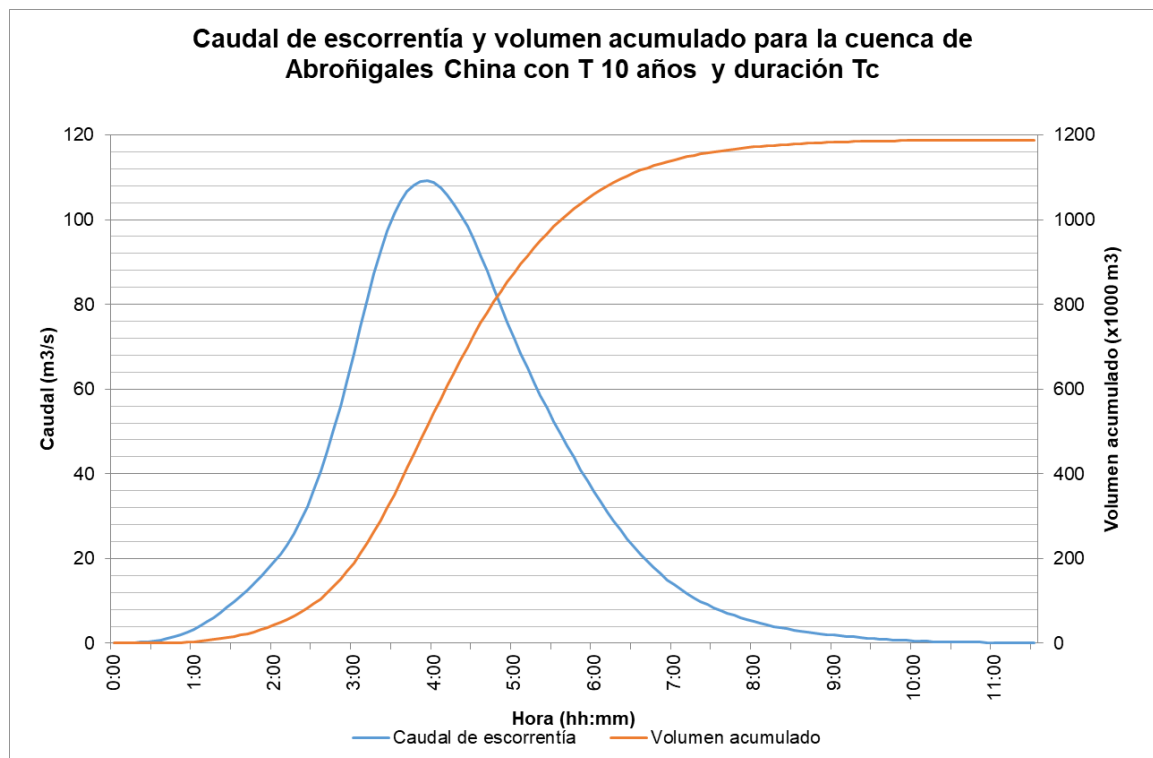


Ilustración 12. Hidrograma de respuesta para período de retorno 10 años y duración igual al tiempo de concentración en la subcuenca Tanque de Tormentas Abroñigales.



## ANEJO Nº7. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE VERTIDO

### ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	2
1.1.- OBJETO.....	2
1.2.- PROBLEMÁTICA.....	2
2.- DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE VERTIDO .....	3
3.- JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO DE LA PLANTA .....	10



## **1.- INTRODUCCIÓN**

### **1.1.- OBJETO**

Una vez realizado el diagnóstico general del sistema de saneamiento objeto de estudio se definen en este anejo los parámetros de vertido que deberá cumplir la nueva EDAR diseñada con el fin de dar cumplimiento a los objetivos de calidad en el cauce fijados.

### **1.2.- PROBLEMÁTICA**

Como resumen del diagnóstico de las la EDAR de La China se tiene que:

- El Manzanares recibe una carga contaminante, en términos de caudal y concentraciones tal, que obliga a definir los objetivos de calidad de la masa de agua como menos rigurosos. Además, el sistema de saneamiento presenta deficiencias que agravan esta situación.
- La depuradora de La China, no está diseñada para eliminar nutrientes por lo que no puede alcanzar los requerimientos de eliminación de nitrógeno exigidos.
- La depuradora se encuentra al final de su vida útil. Aunque las operaciones de mantenimiento y renovación de equipos consiguen mantenerla en operación, la obsolescencia técnica y antigüedad de las instalaciones no permite realizar un plan a 30 años con los equipos actuales

## 2.- DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE VERTIDO

El objetivo principal perseguido con este estudio es el de **alcanzar el buen estado de la masa de agua** del cauce bajo del Manzanares, la **ES030MSPF0427021 “Río Manzanares a su paso por Madrid”**.

La cuantificación de los objetivos se realiza a través de la aplicación de los objetivos marcados en el Plan Hidrológico del Tajo para esta masa de agua. En estos momentos, estos objetivos están clasificados como “menos rigurosos” debido a las características y a la situación actual de la masa de agua.

Anexo V. Plan Hidrológico de la parte española de la DH del TAJO (2015-2021)

Apéndice 8.3. Objetivos medioambientales menos rigurosos.

MASA DE AGUA SUPERFICIAL	CÓDIGO MASA DE AGUA	INDICAD. BIOLÓGICOS	ESTADO ECOLÓGICO				INDIC. HIDROMORFOLÓGICOS	ESTADO QUÍMICO	ESTACIÓN CEMAS DE CONTROL	ESTACIÓN BIOLÓGICA DE CONTROL	
			INDICADORES FÍSICOQUÍMICOS <sup>(1)</sup> (mg/L)								
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	DBO <sub>5</sub> <sup>(2)</sup>	P <sub>T</sub>					
Río Guadarrama desde Bargas hasta R. Tajo	ES030MSPF 0401010	Tendencia ascendente de los indicadores hasta alcanzar el buen estado y no deterioro	≤2	≤30	≤6	≤1	Bueno	Bueno	TA62906004	TA62906B04	
Río Guadarrama desde R. Aulencia hasta Bargas	ES030MSPF 0402010		≤ 8	35	≤6	≤ 1	Bueno	Bueno	TA58106001	TA58106B01	
R. Guadarrama desde Galapagar hasta A. Batán	ES030MSPF 0403010		≤ 4	40	8	1	Bueno	Bueno	TA533060007	TA53306B07	
Arroyo de los Combos	ES030MSPF 0407021		≤2	≤25	≤6	≤0,8	Bueno	Bueno	TA58106003	TA58106B03	
Arroyo del Soto	ES030MSPF 0408021		≤ 10	25	≤ 8	≤ 1	Bueno	Bueno	TA58106002	TA53306B05	
Arroyo Batán desde el Embalse de Aulencia hasta Río Guadarrama	ES030MSPF 0409021		≤2	≤25	≤6	≤0,6	Bueno	Bueno	TA55806001	TA55806B01	
Arroyo del Plantío	ES030MSPF 0413021		≤ 2	≤ 25	≤ 8	≤0,6	Bueno	Bueno	TA55806002	TA55806B02	
Río Jarama desde Río Tajuña hasta Río Tajo	ES030MSPF 0416021		≤ 10	≤ 25	10	≤1	Bueno	Bueno	TA6050003	TA60505B03	
Río Jarama desde E. del Rey hasta Río Tajuña	ES030MSPF 0417021		≤ 10	≤ 25	8	≤1	Bueno	Bueno	TA58205004	TA58205B04	
Río Jarama desde Río Henares hasta E. del Rey	ES030MSPF0 419010		≤ 8	≤ 25	8	≤1	Bueno	Bueno	TA566005001	TA566005B01	
Río Jarama desde A. Valdebebas hasta R. Henares	ES030MSPF 0420021		≤ 10	≤ 25	8	≤1	Bueno	Bueno	TA55905004	TA55905B04	
Río Manzanares a su paso por Madrid	ES030MSPF 0427021			≤ 10	≤ 25	≤ 10	≤1	Bueno	Bueno	TA58205003	TA55905B03
Arroyo del Culebro	ES030MSPF 0434021		≤ 2	40	15	≤1	Bueno	Bueno	TA58205001	TA58205B01	
Arroyo de Pantueña hasta el R. Jarama	ES030MSPF 0439010		≤ 2	≤ 25	≤ 6	≤1	Bueno	Bueno	TA56005002	TA56605B02	
Arroyo Viñuelas	ES030MSPF 0440021		≤ 10	≤25	≤ 8	≤1	Bueno	Bueno	TA53405006	TA53405B06	
Arroyo Guatén y Arroyo Gansarinos	ES030MSPF 0628021	≤ 8	≤25	≤ 10	≤1	Bueno	Bueno	TA63002001	TA63002B01		
R. Guadiloba desde A. Rivera hasta E. Alcántara	ES030MSPF 1014021	≤8	≤25	≤ 8	≤ 1	Bueno	Bueno	TA67813B04	TA67813B04		
Arroyo Arrocampo	ES030MSPF 1018020	Temperatura							TA67813004	TA67813B04	

Ilustración 1. Masas de agua con objetivos menos rigurosos que fija el Plan Hidrológico del Tajo. En verde, la masa de agua donde se desarrolla el estudio.

Las EDAR tienen que garantizar durante todo su plazo de vida útil el cumplimiento de los parámetros de vertido que se establezcan en cada momento en función del Plan

Hidrológico del Tajo y la normativa general emanada de la Directiva 91/271. Todas las alternativas que se definan tienen que cumplir este objetivo sin excepción y por ello hay que tener en cuenta en el diseño:

- Los parámetros de vertido actuales y los que se prevean que exija la autoridad de cuenca a medio y largo plazo.
- La evolución de los caudales y cargas contaminantes durante el plazo de vida útil de las EDAR de forma que se garantice el cumplimiento de la normativa
- El diseño de las soluciones debe prever posibles ampliaciones o renovaciones de cada una de las plantas ante cambios no previsibles en los condicionantes normativos o en las cargas que deben soportar de forma que esos cambios no representen la obsolescencia de todo el sistema.

Las Autorizaciones de Vertido emitidas por la Confederación Hidrográfica del Tajo para su aplicación en el tercer ciclo hidrológico (a partir del 31/12/21) no se pueden cumplir por las plantas actuales. Los parámetros de vertido serán:

PARÁMETROS DE VERTIDO DE LAS AUTORIZACIONES DE VERTIDO					
	DBO5	SS	DQO	Nt	Pt
<b>LÍMITES ACTUALES (hasta el 31 diciembre 2020)</b>	20	20			1
<b>LÍMITES (a partir de 1 enero 2022)</b>	20	20		10	1

Los parámetros asignados a la masa de agua ES030MSPF0427021 - Río Manzanares a su paso por Madrid que está considerada como "muy modificada" y los parámetros f/q a cumplir son los correspondientes a "objetivos menos rigurosos". A medio plazo es posible que se exija mejorar el estado ambiental de la masa a "buen estado" y para ello es fundamental disponer de plantas capaces de adaptar sus parámetros de vertido a estos nuevos objetivos.

RIO MANZANARES	SALIDA				
	DBO5	NH4	NO3	Pt	PO4
<b>Parámetros del estado ambiental: "OBJETIVOS MENOS RIGUROSOS"</b>	≤10	≤10	≤25	≤1	
<b>Parámetros del estado ambiental: "BUEN ESTADO"</b>		≤0,6	≤25		≤0,5

### DIRECTIVA 91/271/CEE

La Directiva 91/271/CEE, modificada por la Directiva 98/15/CE, define los sistemas de recogida, tratamiento y vertido de las aguas residuales urbanas. Esta Directiva ha sido transpuesta a la normativa española por el R.D. Ley 11/1995, el R.D. 509/1996, que lo desarrolla, y el R.D. 2116/1998 que modifica el anterior.

La Directiva 91/271/CEE establece las medidas necesarias que los Estados miembros han de adoptar para garantizar que las aguas residuales urbanas reciben un tratamiento adecuado antes de su vertido.



Posteriormente, la Comisión de las Comunidades Europeas consideró que el cuadro 2 del anejo I de la Directiva 91/271/CEE, relativo a los requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas realizados en zonas sensibles propensas a eutrofización, planteaba problemas de interpretación en algunos Estados miembros por lo que, en fecha 27 de febrero de 1998, adoptó la Directiva 98/15/CE, por la que se modifica la anterior, en lo relativo a las especificaciones del cuadro citado.

La transposición de la Directiva 91/271/CEE al Derecho español, está contenida en el Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre (BOE núm. 312, de 30 de diciembre), por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.

Por su parte, el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo (BOE núm. 77, de 29 de marzo) desarrolló el contenido del anteriormente citado, mediante la incorporación de los Anexos contenidos en la Directiva 91/271/CEE, que no habían sido incorporados inicialmente.

Para incorporar al ordenamiento jurídico español la Directiva 98/15/CE, resultó necesario modificar el cuadro 2 del anexo I del Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, lo que se llevó a cabo mediante el Real Decreto 2116/1998 de 2 de octubre (BOE núm. 251 de 20 Octubre).

Los requisitos que deben cumplir, tanto los vertidos como las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas, para que sean conformes a lo dispuesto en la Directiva 91/271/CEE aparecen descritos en las letras B y D de su Anexo I, y en los cuadros 1 y 2 de este último.

**Cuadro 1:** Requisitos por los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas sujetos a lo dispuesto en los artículos 4 y 5 de la presente Directiva. Se aplicará el valor de concentración o el porcentaje de reducción.

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción <sup>(1)</sup>	Método de medida de referencia
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO 5 a 20 °C) sin nitrificación <sup>(2)</sup>	25 mg/l O <sub>2</sub>	70-90 40 de conformidad con el apartado 2 del artículo 4	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Determinación del oxígeno disuelto antes y después de 5 días de incubación a 20 °C ± 1 °C, en completa oscuridad. Aplicación de un inhibidor de la nitrificación
Demanda química de oxígeno (DQO)	125 mg/l O <sub>2</sub>	75	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Dicromato potásico
Total de sólidos en suspensión	35 mg/l <sup>(3)</sup> 35 de conformidad con el apartado 2 del artículo 4 (más de 10 000 e-h) 60 de conformidad con el apartado 2 del artículo 4 (de 2 000 a 10 000 e-h)	90 <sup>(3)</sup> 90 de conformidad con el apartado 2 del artículo 4 (más de 10 000 e-h) 70 de conformidad con el apartado 2 del artículo 4 (de 2 000 a 10 000 e-h)	— Filtración de una muestra representativa a través de una membrana de filtración de 0,45 micras. Secado a 105 °C y pesaje — Centrifugación de una muestra representativa (durante 5 minutos como mínimo, con una aceleración media de 2 800 a 3 200 g), secado a 105 °C y pesaje.

<sup>(1)</sup> Reducción relacionada con la carga del caudal de entrada.

<sup>(2)</sup> Este parámetro puede sustituirse por otro: carbono orgánico total (COT) o demanda total de oxígeno (DTO), si puede establecerse una correlación entre DBO 5 y el parámetro sustitutivo.

<sup>(3)</sup> Este requisito es optativo.

Los análisis de vertidos procedentes de fosos de fermentación se llevarán a cabo sobre muestras filtradas; no obstante, la concentración de sólidos totales en suspensión en las muestras de aguas sin filtrar no deberán superar los 150 mg/l.

**Cuadro 2:** Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas realizados en zonas sensibles propensas a eutrofización tal como se identifican en el punto A. a) del anexo II. Según la situación local, se podrán aplicar uno o los dos parámetros. Se aplicarán el valor de concentración o el porcentaje de reducción.

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción <sup>(1)</sup>	Método de medida de referencia
Fósforo total	2 mg/l (de 10 000 a 100 000 e-h) 1 mg/l (más de 100 000 e-h)	80	Espectrofotometría de absorción molecular
Nitrógeno total <sup>(2)</sup>	15 mg/l (de 10 000 a 100 000 e-h) <sup>(3)</sup> 10 mg/l (más de 100 000 e-h) <sup>(3)</sup>	70-80	Espectrofotometría de absorción molecular

<sup>(1)</sup> Reducción relacionada con la carga del caudal de entrada.

<sup>(2)</sup> Nitrógeno total equivale a la suma de nitrógeno Kjeldahl total (N orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrito.

<sup>(3)</sup> Estos valores de concentración constituyen medias anuales según el punto D.4.c) del anexo I. No obstante, los requisitos relativos al nitrógeno pueden comprobarse mediante medias diarias cuando se demuestre, de conformidad con el punto D.1 del anexo I, que se obtiene en mismo nivel de protección. En ese caso, la media diaria no deberá superar los 20 mg/l de nitrógeno total para todas las muestras, cuando la temperatura del efluente del reactor biológico sea superior o igual a 12 °C. En sustitución del requisito relativo a la temperatura, se podrá aplicar una limitación del tiempo de funcionamiento que tenga en cuenta las condiciones climáticas regionales.



## REAL DECRETO 1620/2007

El 7 de diciembre de 2007 se aprobó el RD de reutilización y se modifica parcialmente el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH) aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril mediante la derogación de los artículos 272 y 273 del RDPH que regulaban la reutilización de las aguas.

El Anexo I del RD fija los valores máximos admisibles de los parámetros en función de los usos a los que está destinada el agua regenerada distinguiendo cinco grandes tipos de usos: urbano, agrícola, industrial, recreativo y ambiental. Para valorar el cumplimiento de los requerimientos de calidad establece los criterios de conformidad y las medidas de gestión frente a incumplimientos.

### CALIDAD REQUERIDA

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES <sup>1</sup>	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
<b>1.- USOS URBANOS</b>					
CALIDAD 1.1: RESIDENCIAL <sup>2</sup> a) Riego de jardines privados. <sup>3</sup> b) Descarga de aparatos sanitarios. <sup>3</sup>	1 huevo/10 L	0 (UFC <sup>4</sup> /100 mL)	10 mg/L	2 UNT <sup>5</sup>	OTROS CONTAMINANTES <sup>6</sup> contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas <sup>7</sup> deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <sup>8</sup> <i>Legionella spp.</i> 100 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización)
CALIDAD 1.2: SERVICIOS a) Riego de zonas verdes urbanas (parques, campos deportivos y similares). <sup>9</sup> b) Baldeo de calles. <sup>9</sup> c) Sistemas contra incendios. <sup>9</sup> d) Lavado industrial de vehículos. <sup>9</sup>	1 huevo/10 L	200 UFC/100 mL	20 mg/L	10 UNT	

<sup>1</sup> Considerar en todos los grupos de calidad al menos los géneros: *Ancylostoma*, *Trichuris* y *Ascaris*.

<sup>2</sup> Deben someterse a controles que aseguren el correcto mantenimiento de las instalaciones.

<sup>3</sup> Su autorización estará condicionada a la obligatoriedad de la presencia doble circuito señalizado en todos sus tramos hasta el punto de uso

<sup>4</sup> Unidades Formadoras de Colonias.

<sup>5</sup> Unidades Nefelométricas de Turbiedad.

<sup>6</sup> ver el Anexo II del RD 849/1986, de 11 de abril.

<sup>7</sup> ver Anexo IV del RD 907/2007, de 6 de julio.

<sup>8</sup> Norma de calidad ambiental ver el artículo 245.5.a del RD 849/1986, de 11 de abril, modificado por el RD 606/2003 de 23 de mayo.

<sup>9</sup> Cuando exista un uso con posibilidad de aerosolización del agua, es imprescindible seguir las condiciones de uso que señale, para cada caso, la autoridad sanitaria, sin las cuales, esos usos no serán autorizados

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
<b>2.- USOS AGRÍCOLAS<sup>1</sup></b>					
CALIDAD 2.1 <sup>2</sup> a) Riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles para alimentación humana en fresco.	1 huevo/10 L	100 UFC/100 mL  Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases <sup>3</sup> con los siguientes valores: n = 10 m = 100 UFC/100 mL M = 1.000 UFC/100 mL c = 3	20 mg/L	10 UNT	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Legionella spp.</i> 1.000 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización) Es obligatorio llevar a cabo la detección de patógenos Presencia/Ausencia (Salmonella, etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=1.000

<sup>1</sup> Características del agua regenerada que requieren información adicional: Conductividad: 3,0 dS/m ; Relación de Adsorción de Sodio (RAS): 6 meq/L; Boro: 0,5 mg/L; Arsénico: 0,1 mg/L; Berilio: 0,1 mg/L; Cadmio: 0,01 mg/L; Cobalto: 0,05 mg/L; Cromo: 0,1 mg/L; Cobre: 0,2 mg/L; Manganeso: 0,2 mg/L; Molibdeno: 0,01 mg/L; Niquel: 0,2 mg/L; Selenio : 0,02 mg/L; Vanadio: 0,1 mg/L.  
Para el cálculo de RAS se utilizará la fórmula:

$$RAS (meq / L) = \frac{[Na]}{\sqrt{\frac{[Ca] + [Mg]}{2}}}$$

<sup>2</sup> Cuando exista un uso con posibilidad de aerosolización del agua, es imprescindible seguir las condiciones de uso que señale, para cada caso, la autoridad sanitaria, sin las cuales, esos usos no serán autorizados

<sup>3</sup> Siendo n: nº de unidades de la muestra; m: valor límite admisible para el recuento de bacterias; M: valor máximo permitido para el recuento de bacterias; c: número máximo de unidades de muestra cuyo número de bacterias se sitúa entre m y M.

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
<b>CALIDAD 2.2</b> a) Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación de agua que no evita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles, pero el consumo no es en fresco sino con un tratamiento industrial posterior. b) Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne. c) Acuicultura.	1 huevo/10 L	1.000 UFC/100 mL  Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases <sup>1</sup> con los siguientes valores: n = 10 m = 1.000 UFC/100 mL M = 10.000 UFC/100 mL c = 3	35 mg/L	No se fija limite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Taenia saginata</i> y <i>Taenia solium</i> : 1 huevo/L (si se riegan pastos para consumo de animales productores de carne) Es obligatorio llevar a cabo detección de patógenos Presencia/Ausencia ( <i>Salmonella</i> , etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=10.000
<b>CALIDAD 2.3</b> a) Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana. b) Riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones. c) Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas.	1 huevo/10 L	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija limite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Legionella spp.</i> : 100 UFC/L

<sup>1</sup> Siendo n: nº de unidades de la muestra; m: valor límite admisible para el recuento de bacterias; M: valor máximo permitido para el recuento de bacterias; c: número máximo de unidades de muestra cuyo número de bacterias se sitúa entre m y M.

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
<b>3.- USOS INDUSTRIALES</b>					
<b>CALIDAD 3.1<sup>1</sup></b> a) Aguas de proceso y limpieza excepto en la industria alimentaria. b) Otros usos industriales.	No se fija limite	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	15 UNT	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs <i>Legionella spp.</i> : 100 UFC/L
c) Aguas de proceso y limpieza para uso en la industria alimentaria	1 huevo/10 L	1.000 UFC/100 mL  Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases <sup>2</sup> con los siguientes valores: n = 10 m = 1.000 UFC/100 mL M = 10.000 UFC/100 mL c = 3	35 mg/L	No se fija limite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Legionella spp.</i> : 100 UFC/L Es obligatorio llevar a cabo detección de patógenos Presencia/Ausencia ( <i>Salmonella</i> , etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=10.000
<b>CALIDAD 3.2</b> a) Torres de refrigeración y condensadores evaporativos.	1 huevo/10 L	Ausencia UFC/100 mL	5 mg/L	1 UNT	<i>Legionella spp.</i> : Ausencia UFC/L Para su autorización se requerirá: - La aprobación, por la autoridad sanitaria, del Programa específico de control de las instalaciones contemplado en el Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. - Uso exclusivamente industrial y en localizaciones que no estén ubicadas en zonas urbanas ni cerca de lugares con actividad pública o comercial.

<sup>1</sup> Cuando exista un uso con posibilidad de aerosolización del agua, es imprescindible seguir las condiciones de uso que señale, para cada caso, la autoridad sanitaria, sin las cuales, esos usos no serán autorizados

<sup>2</sup> Siendo n: nº de unidades de la muestra; m: valor límite admisible para el recuento de bacterias; M: valor máximo permitido para el recuento de bacterias; c: número máximo de unidades de muestra cuyo número de bacterias se sitúa entre m y M.



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
<b>4.- USOS RECREATIVOS</b>					
<b>CALIDAD 4.1<sup>1</sup></b> a) Riego de campos de golf.	1 huevo/10 L	200 UFC/100 mL	20 mg/L	10 UNT	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. Si el riego se aplica directamente a la zona del suelo (goteo, microaspersión) se fijan los criterios del grupo de Calidad 2.3 <i>Legionella spp.</i> 100 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización)
<b>CALIDAD 4.2</b> a) Estanques, masas de agua y caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el acceso del público al agua.	No se fija límite	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. P <sub>r</sub> : 2 mg P/L (en agua estancada)

<sup>1</sup> Cuando exista un uso con posibilidad de aerosolización del agua, es imprescindible seguir las condiciones de uso que señale, para cada caso, la autoridad sanitaria, sin las cuales, esos usos no serán autorizados

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
<b>5.- USOS AMBIENTALES</b>					
<b>CALIDAD 5.1</b> a) Recarga de acuíferos por percolación localizada a través del terreno.	No se fija límite	1.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite	N <sub>T</sub> <sup>1</sup> : 10 mg N/L NO <sub>3</sub> : 25 mg NO <sub>3</sub> /L
<b>CALIDAD 5.2</b> a) Recarga de acuíferos por inyección directa.	1 huevo/10 L	0 UFC/100 mL	10 mg/L	2 UNT	Art. 257 a 259 del RD 849/1986
<b>CALIDAD 5.3</b> a) Riego de bosques, zonas verdes y de otro tipo no accesibles al público. b) Silvicultura.	No se fija límite	No se fija límite	35 mg/L	No se fija límite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs.
<b>CALIDAD 5.4</b> a) Otros usos ambientales (mantenimiento de humedales, caudales mínimos y similares).	La calidad mínima requerida se estudiará caso por caso				

<sup>1</sup> Nitrógeno total, suma del nitrógeno inorgánico y orgánico presente en la muestra

### 3.- JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO DE LA PLANTA

Los parámetros de vertido con los que se van a diseñar la planta y la justificación de los mismos se encuentran recogidos en el Estudio de Impacto Ambiental en el Apéndice del Modelo de calidad.

En dicho documento se concluye con lo siguiente:

- Desde el punto de vista del estado del cauce el principal problema de la situación actual en tiempo seco es el Nitrógeno (en forma de amonio).
- Dimensionando las EDAR únicamente para cumplir con las autorizaciones de vertido (incluyendo tratamientos terciarios) no se alcanzará el Buen Estado Ecológico del cauce aguas abajo de Madrid.
- Estos tratamientos terciarios son necesarios para cumplir al menos con los Objetivos Menos Rigurosos.
- Dimensionado las plantas para alcanzar este Buen Estado se producirá una reducción del 98 % del Amonio y del 77 % del Nitrógeno total del cauce. En el caso del Fósforo esta reducción es del 50 %.
- Los valores límite de vertido de las plantas para alcanzar el buen estado ecológico de la masa de agua receptora, y por lo tanto, los valores límite que deben establecerse para el dimensionamiento de las nuevas estaciones depuradoras son los siguientes:

VALORES DE VERTIDO (mg/L)	
SS	4
DBO <sub>5</sub>	4
DQO	25
NH <sub>4</sub>	0,58
N-NH <sub>4</sub>	0,45
NO <sub>3</sub>	27,9
N-NO <sub>3</sub>	6,30
N <sub>t</sub>	7,95
P <sub>t</sub>	0,24
PO <sub>4</sub>	0,25
P-PO <sub>4</sub>	0,08



## ANEJO N°8. POBLACIÓN Y CAUDALES

### ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	2
2.- DISCRETIZACIÓN DE LA POBLACIÓN.....	3
3.- CENSO DE POBLACIÓN .....	5
4.- PLANEAMIENTO VIGENTE Y DESARROLLOS URBANÍSTICOS .....	11
5.- ESTIMACIÓN DE POBLACIÓN EN EL AÑO HORIZONTE .....	12
6.- DETERMINACIÓN DE CAUDALES UNITARIOS VERTIDOS.....	14
7.- CÁLCULO DE CAUDALES.....	17
7.1.- CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES POR CUENCA EN TIEMPO SECO .....	17
7.2.- CAUDALES NOMINALES POR PLANTA EN TIEMPO SECO .....	21
7.2.1.- CONDICIONANTES DEL SISTEMA .....	21
7.2.2.- CAUDALES NOMINALES POR PLANTA .....	26
7.3.- CÁLCULO DE COEFICIENTES DE PUNTA .....	26
7.3.1.- COEFICIENTES DE PUNTA ACTUALES.....	27
7.3.2.- COEFICIENTES DE PUNTA DE CÁLCULO.....	29
7.3.3.- COEFICIENTES DE PUNTA DE VACIADO DE TANQUES DE TORMENTAS .....	30
8.- CAUDALES NOMINALES Y PUNTA ESTIMADOS .....	32
9.- CAUDALES MÁXIMOS ESTIMADOS.....	33
10.- DATOS DE ANALÍTICAS.....	34
11.- CONCLUSIÓN.....	38



## 1.- INTRODUCCIÓN

El objeto del presente ANEJO es la estimación de los volúmenes de aguas residuales que, a través del sistema de colectores, llegan a las estaciones depuradoras de aguas residuales de Viveros de la Villa, La China, Butarque y Sur. En estos momentos y en el año horizonte del estudio.

Aunque el Anejo se centra en la EDAR de La China, objeto de este proyecto informativo, las fuertes relaciones entre las diferentes EDAR del sistema Manzanares hacen necesario que el estudio sea en conjunto para todas ellas.

En primer lugar, se analiza la distribución de población en los diferentes distritos, y con el crecimiento que tienen asociado se realiza una prognosis para un año horizonte, en este caso 2050. La caracterización de la población se realiza en base a las estadísticas que se encuentran disponibles en el banco de datos de la web del Ayuntamiento de Madrid, y en el Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid.

Seguidamente, una vez realizado el pronóstico, se está en disposición de poder obtener los caudales de aguas residuales que determinan el dimensionamiento de las nuevas EDAR. Para ello, es necesario disponer de la dotación por habitante en Madrid y el coeficiente de punta, que se calcula según diferentes métodos y criterios.

Finalmente, se aportan los datos de cargas contaminantes en los influentes de cada una de las EDAR que forman el sistema objeto de estudio. De este modo, las plantas se tendrían completamente definidas.

## 2.- DISCRETIZACIÓN DE LA POBLACIÓN

El análisis poblacional se desarrolla en base a la distribución de la población en los diferentes distritos a los que afecta la remodelación de las EDAR, teniendo cada uno de ellos un crecimiento asociado, según las estadísticas de los últimos años. Dichos distritos, en su totalidad o parcialmente, conforman las cuencas vertientes de cada una de las EDAR objeto del estudio, quedando éstas delimitadas por el trazado de los colectores presentes en la red de saneamiento.

Se determina qué distritos pertenecen a cada cuenca y la proporción de población asociada para obtener la población que le corresponde a cada una de ellas (Tabla 1). En la Ilustración 1, se observan las cuencas vertientes y los distritos de Madrid.

DISTRITO/MUNICIPIO	VIVEROS	LA CHINA	BUTARQUE	SUR
Arganzuela		100,00%		
Carabanchel			100,00%	
Centro		100,00%		
Chamartín	9,89%	90,11%		
Chamberí		100,00%		
Ciudad Lineal		90,48%		
Fuencarral_El Pardo	74,32%			
Hortaleza		3,64%		
Latina			100,00%	
Moncloa-Aravaca	73,19%	14,60%	37,13%	
Moratalaz		69,43%		
Pozuelo de Alarcón	80,00%		20,00%	
Puente de Vallecas		70,04%		
Retiro		100,00%		
Salamanca		100,00%		
San Blas-Canillejas		0,16%		
Tetuán	47,78%	52,22%		
Usera			100,00%	
Villa de Vallecas		0,84%		36,13%
Villaverde			100,00%	

Tabla 1. Proporción de distritos por cuencas vertientes.



Ilustración 1. Cuencas vertientes de las EDAR y distritos de Madrid





### **3.- CENSO DE POBLACIÓN**

El análisis de la población se realiza exclusivamente en aquellos que vierten de forma total o parcial a las EDAR de Viveros de la Villa, La China, Butarque y Sur, quedando exentos en su totalidad los distritos de Barajas y Vicálvaro que vierten a las EDAR de Rejas, Valdebebas, La Gavia y Suroriental.

Además de los distritos de Madrid, se incorpora el municipio de Pozuelo de Alarcón, ya que en la nueva propuesta de saneamiento parte de sus aguas residuales serán enviadas a la EDAR Butarque.

Los datos de los distritos, que se muestran a continuación (Tabla 2), se han obtenido del banco de datos del Ayuntamiento de Madrid, concretamente de las series anuales de estructura de la población, que incluyen datos del padrón municipal por distritos desde 1986 hasta 2017. En el caso del municipio de Pozuelo de Alarcón, se han obtenido del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid.

Finalmente, se aporta el total de habitantes de los distritos objeto del estudio, mostrando una gráfica (Ilustración 2) donde se aprecian las variaciones a lo largo del período 1986-2017. En la Tabla 3 se observan, claramente, los efectos de las crisis económicas de 1993 y 2008, ya que provocan un descenso acentuado durante unos 5 años en ambos casos.

Atendiendo a estas variaciones, se hace notar que la población en Madrid no es estable, está muy ligada a factores socio-económicos, por lo que en el futuro existe una alta probabilidad de que tenga un comportamiento similar.

	ARGAN ZUELA	CARA BAN CHEL	CEN TRO	CHA MARTÍN	CHAM BERÍ	CIUDAD LINEAL	HORTA LEZA	FUEN CA RRAL- EL PARDO	LATINA	MON CLOA- ARAVA CA	MORA TALAZ	POZUE LO DE ALAR CÓN	PUEN TE DE VALLE CAS	RETIRO	SALAM ANCA	SAN BLAS- CANI LLEJAS	TE TUÁN	USERA	VILLA DE VALLE CAS	VILLA VERDE
Año	Hab.																			
1986	119.398	240.325	143.677	146.770	168.835	226.844	134.938	196.280	282.584	105.910	105.416	35.988	224.970	128.351	166.693	134.080	155.236	124.277	54.962	127.463
1987	120.783	242.887	146.302	150.133	172.721	229.320	137.274	199.415	285.016	108.093	106.082	36.551	226.135	130.613	170.028	135.675	156.959	125.620	56.815	128.412
1988	120.901	241.208	146.495	150.799	172.671	229.571	138.226	201.655	283.224	108.633	106.183	38.889	228.667	131.020	169.275	135.401	156.542	125.399	56.351	127.862
1989	120.690	240.630	147.331	152.065	172.969	229.733	138.854	203.922	281.380	109.280	105.814	40.515	228.945	131.793	169.356	134.927	156.358	125.718	57.070	128.013
1990	121.128	240.854	147.911	152.996	173.039	230.613	140.121	207.239	281.062	110.060	106.360	42.504	229.891	132.439	169.585	134.380	156.254	125.472	58.216	128.402
1991	116.718	234.220	136.125	145.662	160.942	225.474	138.260	206.499	272.240	105.377	105.341	48.328	224.698	127.832	156.082	127.938	147.318	120.582	59.488	124.785
1992	116.960	234.215	136.972	146.214	161.167	225.960	138.789	207.504	271.652	105.826	105.711	50.800	225.282	127.709	156.657	128.762	147.425	120.664	59.856	124.941
1993	118.119	233.935	139.703	147.679	162.457	226.608	140.075	209.849	270.973	107.088	107.184	53.339	227.338	128.817	158.312	128.712	148.052	121.188	60.578	125.286
1994	118.555	233.297	140.186	149.073	162.294	226.387	140.323	210.810	269.366	107.764	107.395	56.149	228.559	129.511	158.676	127.920	147.678	120.904	61.012	125.164
1995	118.774	230.622	139.010	148.960	160.622	225.128	141.308	210.066	267.010	107.579	106.958	57.780	230.313	129.303	157.657	126.475	146.488	119.833	61.142	126.463
1996	114.700	217.868	122.615	135.301	144.889	213.705	140.517	199.253	255.741	102.022	105.456	60.120	224.882	120.445	142.001	119.395	135.367	113.706	60.383	123.476
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	119.514	217.298	125.140	137.503	145.705	215.402	142.419	202.172	254.186	104.333	105.153	62.010	227.629	121.116	143.380	121.676	135.910	113.699	61.403	124.540
1999	122.385	215.390	126.061	137.706	145.682	214.924	143.335	204.000	251.558	105.244	104.589	64.778	226.955	121.652	143.547	125.427	135.742	112.650	61.184	123.861
2000	123.427	213.405	126.708	136.967	144.483	214.807	143.842	203.788	249.105	106.154	104.942	66.298	225.421	121.574	143.090	129.052	135.210	112.180	61.041	123.629
2001	130.829	220.198	133.809	138.941	147.498	223.745	146.493	206.793	253.014	109.637	106.596	68.470	228.548	123.736	146.168	133.247	140.951	116.037	62.132	126.501
2002	137.022	226.138	139.431	139.987	144.700	227.799	148.035	207.748	255.545	112.278	107.405	71.246	232.520	124.888	147.350	137.445	144.700	121.130	62.978	130.417
2003	143.867	233.602	146.443	142.626	151.230	232.846	151.746	210.583	258.667	116.531	108.248	72.662	237.899	126.477	149.264	143.405	149.200	124.665	64.177	135.540
2004	146.402	237.093	150.159	142.735	151.766	233.730	152.483	209.361	259.199	118.297	107.877	75.079	240.917	126.283	151.366	146.963	150.834	129.015	65.162	140.205
2005	146.833	239.782	148.714	141.302	150.810	231.029	153.848	206.688	257.431	118.815	106.858	78.083	241.661	126.058	150.775	148.985	150.379	132.145	65.842	143.388
2006	148.797	246.076	149.718	142.045	150.631	231.364	158.221	209.255	258.761	119.322	106.344	79.581	243.474	125.978	151.254	151.912	152.615	135.876	66.846	146.859
2007	149.577	248.350	141.396	143.778	145.593	226.805	161.661	212.710	256.644	117.356	104.923	79.826	241.907	124.530	146.763	153.128	152.206	136.391	67.163	146.184
2008	152.744	253.678	142.270	145.088	145.934	228.171	168.702	220.085	258.476	118.068	104.494	81.365	244.151	124.258	147.707	155.795	154.470	139.594	73.281	148.252
2009	154.345	256.973	143.674	146.347	145.794	229.290	172.388	225.954	258.012	118.724	103.704	82.428	245.180	123.969	147.961	157.367	156.658	141.189	80.711	149.727



## SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN EN LAS AGLOMERACIONES URBANAS DE LA CHINA, BUTARQUE Y SUR

	ARGAN ZUELA	CARA BAN CHEL	CEN TRO	CHA MARTÍN	CHAM BERÍ	CIUDAD LINEAL	HORTA LEZA	FUEN CA RRAL-EL PARDO	LATINA	MON CLOA-ARAVA CA	MORA TALAZ	POZUE LO DE ALAR CÓN	PUEN TE DE VALLE CAS	RETIRO	SALAM ANCA	SAN BLAS-CANI LLEJAS	TE TUÁN	USERA	VILLA DE VALLE CAS	VILLA VERDE
Año	Hab.																			
2010	154.787	256.645	143.908	146.358	145.144	228.835	174.686	229.758	255.402	118.931	102.671	82.804	244.038	123.159	147.735	158.311	157.527	141.755	88.201	149.736
2011	154.717	254.991	142.876	146.117	143.773	225.789	175.648	231.897	251.569	118.705	101.112	82.916	240.988	122.068	147.380	157.298	156.433	140.263	92.365	148.599
2012	153.923	250.800	139.952	145.162	141.394	222.586	174.640	232.924	246.542	117.057	99.766	83.844	237.612	121.146	146.055	155.992	155.764	138.135	95.076	146.462
2013	154.062	247.404	138.400	144.546	141.085	219.013	173.966	233.852	243.603	117.041	97.965	84.474	233.240	120.252	145.623	155.578	155.684	136.063	97.490	144.286
2014	151.608	242.780	134.271	142.684	138.586	214.256	172.705	232.651	237.953	115.713	96.171	84.360	228.739	118.743	143.598	153.372	152.523	133.655	98.767	142.040
2015	150.177	240.230	131.106	141.435	137.286	211.736	174.343	232.889	234.222	115.901	94.813	84.558	226.135	117.934	142.388	152.447	150.860	132.744	99.636	140.599
2016	151.520	242.000	132.644	142.610	137.532	212.431	177.738	235.482	234.015	116.689	94.607	84.989	227.195	118.559	143.244	153.411	152.545	134.015	102.140	141.442
2017	151.965	243.998	131.928	143.424	137.401	212.529	180.462	238.756	233.808	116.903	94.197	85.605	227.595	118.516	143.800	154.357	153.789	134.791	104.421	142.608

Tabla 2. Población en los distintos distritos de Madrid. Fuente: Ayuntamiento de Madrid e Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid.

Población total	
Año	Hab.
1986	3.022.997
1987	3.064.834
1988	3.068.972
1989	3.075.363
1990	3.088.526
1991	2.983.909
1992	2.993.066
1993	3.015.292
1994	3.021.023
1995	3.011.491
1996	2.851.842
1997	-
1998	2.880.188
1999	2.886.670
2000	2.885.123
2001	2.963.343
2002	3.018.762
2003	3.099.678
2004	3.134.926
2005	3.139.426
2006	3.174.929
2007	3.156.891
2008	3.206.583
2009	3.240.395
2010	3.250.391
2011	3.235.504
2012	3.204.832
2013	3.183.627
2014	3.135.175
2015	3.111.439
2016	3.134.808
2017	3.150.853

Tabla 3. Población total en los distritos del estudio. Fuente: Ayuntamiento de Madrid e Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid.

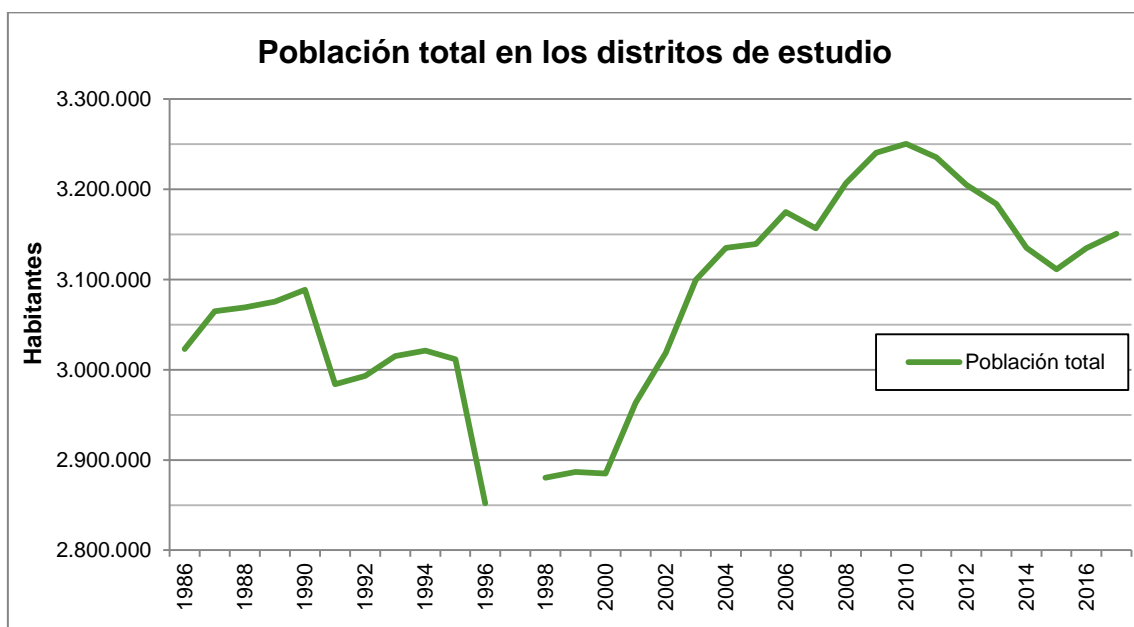


Ilustración 2. Población total en los distritos de estudio de Madrid durante el período 1986-2017.

Dejando de lado las variaciones que se han comentado anteriormente, el crecimiento durante este período ha sido positivo, situándose en el 4,23%, lo que serían unos 130.000 habitantes, un incremento ínfimo. Este incremento de población se ha dado prácticamente en los distritos periféricos, llegando a aumentos del 137,87% en Pozuelo de Alarcón y 89,99% en Villa de Vallecas.

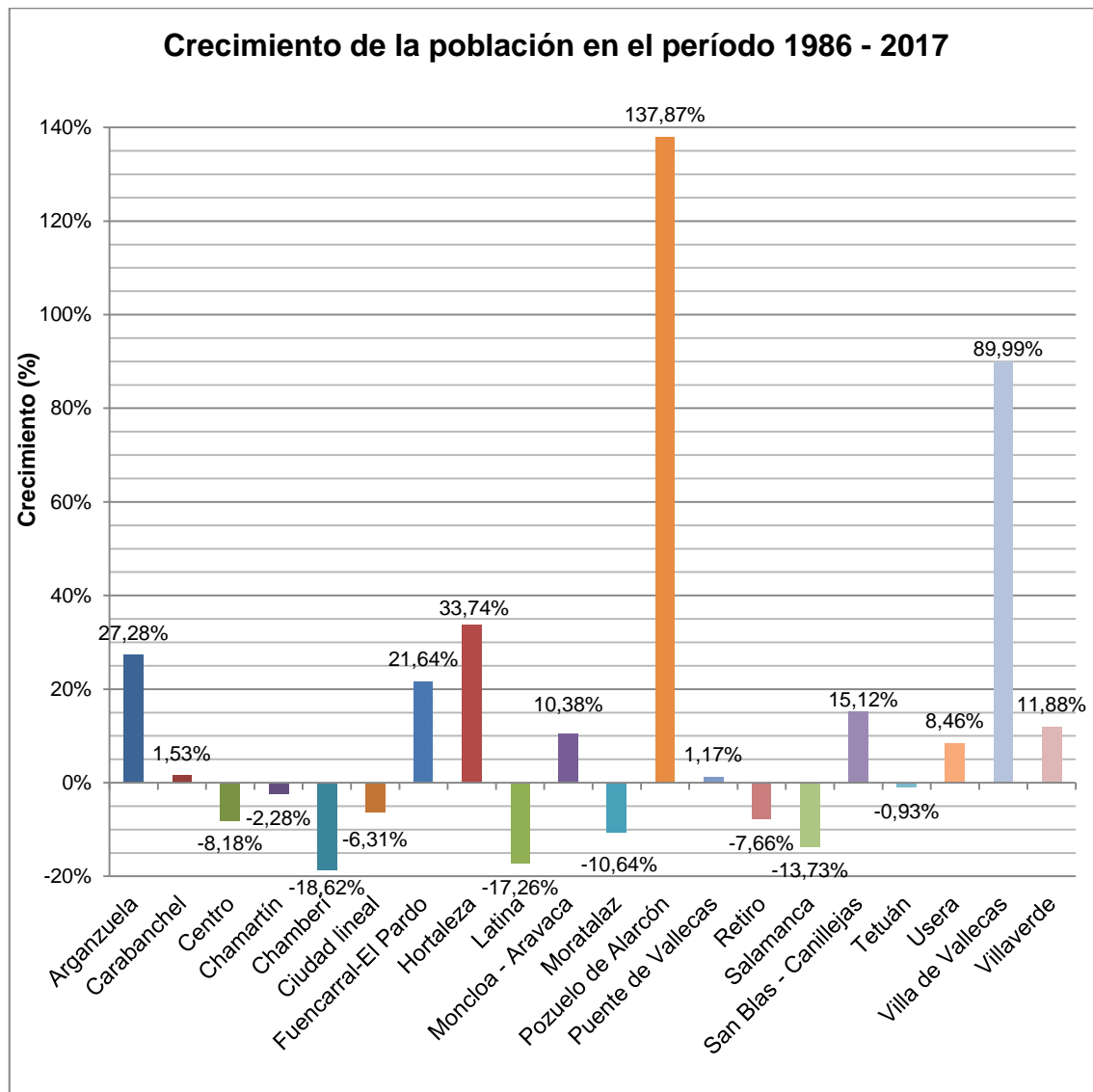


Ilustración 3. Crecimiento de la población por distritos de Madrid durante el período 1986-2017.

Una vez superado el descenso de la población hasta el año 2014, se comienza a observar un ligero crecimiento en el período 2015-2016, del orden del 0,50% de media, que ha sido posible debido a grandes ascensos en el número de habitantes de los distritos periféricos.

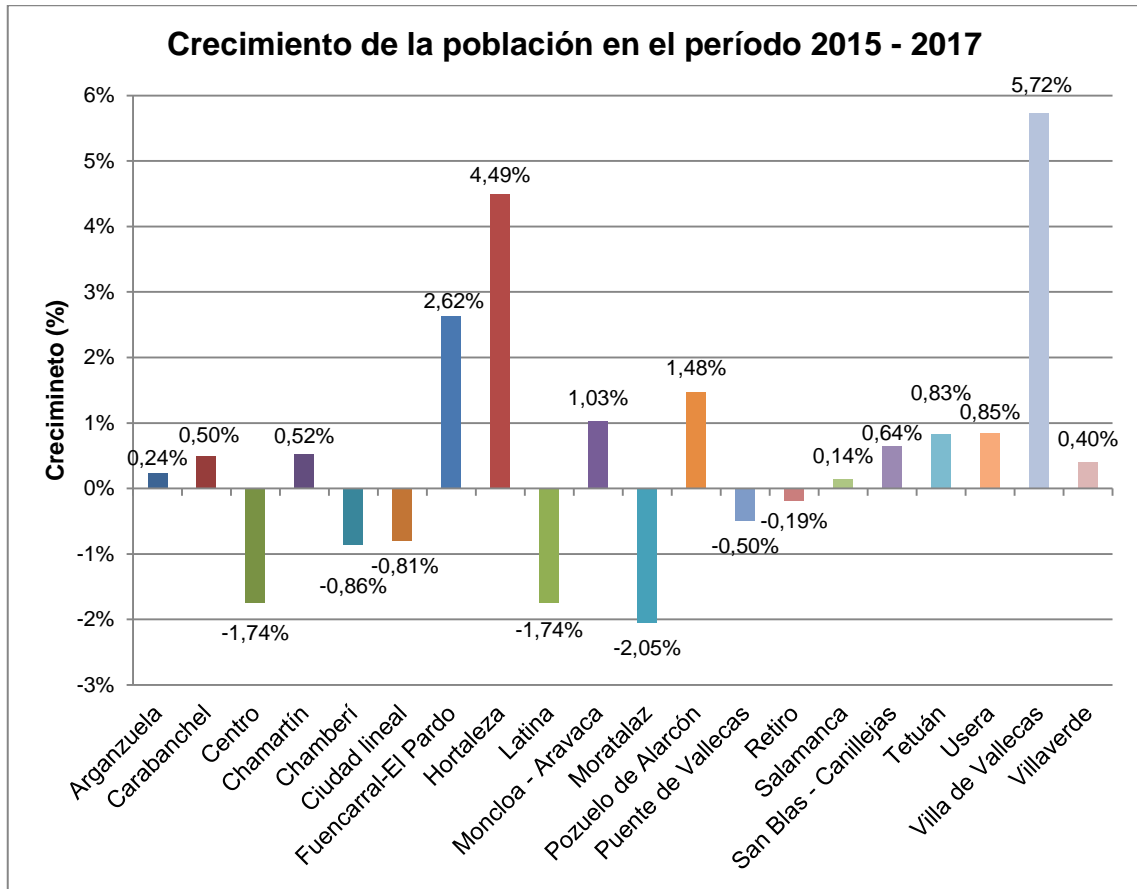


Ilustración 4. Crecimiento de la población por distritos de Madrid durante el período 2015-2017.

#### 4.- PLANEAMIENTO VIGENTE Y DESARROLLOS URBANÍSTICOS

En la planificación urbana de Madrid, existen nuevos desarrollos urbanísticos previstos, aunque en la actualidad se encuentran paralizados en su mayoría. Los siguientes afectarían de lleno en la población servida por las EDAR de estudio:

- **Villaverde–Barrio de Butarque:** Perteneciente a la cuenca vertiente en Butarque. Esta urbanización se encuentra desarrollada parcialmente, de modo que quedarían alrededor de 800 viviendas por construir.
- **Instalaciones Militares de Campamento:** Perteneciente a la cuenca vertiente de Butarque. Se trata de un desarrollo urbanístico paralizado durante un largo período de tiempo, si se ejecutara en su totalidad albergaría un total de 10.700 viviendas.
- **Valdecarros:** perteneciente a la cuenca vertiente de Sur. Este desarrollo urbanístico está en estos momentos sin avances. En principio, se llevaría a cabo gradualmente a continuación de otros desarrollos urbanísticos como son: Los Berrocales y Los Ahijones que se encuentran más desarrollados.

El plan inicial se compone de 48.000 viviendas. Se está planteando por el ayuntamiento una redefinición del desarrollo que implicaría menos viviendas. De cara al estudio, y por estar del lado de la seguridad, se mantienen las cifras originales.

- **Prolongación Castellana:** Perteneciente parcialmente a la cuenca vertiente de Viveros. Cuenta con diferentes zonas residenciales en el Centro Terciario de Negocios y en el Espacio Productivo Malmea, con un total de 1.675 viviendas.
- **Arroyo del Fresno:** Perteneciente a la cuenca vertiente de Viveros. Se encuentra desarrollado parcialmente, se han entregado un total de 1.000 viviendas, por lo que aún quedan por ejecutarse 2.754 más.
- **Área Pozuelo Oeste (ARPO):** Perteneciente a la cuenca vertiente de Viveros en la zona de Pozuelo de Alarcón. Tiene asignadas un total de 5.500 viviendas que en el año horizonte se suponen ejecutadas.



## 5.- ESTIMACIÓN DE POBLACIÓN EN EL AÑO HORIZONTE

La estimación de la población se fija para el año horizonte 2050, puesto que se consideran 25 años de vida útil de las EDAR, una vez se finalice su construcción, que podría fijarse sobre 2025.

La prognosis está basada en la realizada por el Ayuntamiento de Madrid para el período 2017-2023. Para ello, se ha obtenido el crecimiento interanual empleado en el análisis del ayuntamiento, y se aplica linealmente a la población actual para obtener la del año 2050. Tanto para obtener la tasa de crecimiento del análisis existente, como para la obtención de la población en el año horizonte, se utiliza la siguiente fórmula:

$$P_h = P_o(1 + i)^n$$

Donde  $P_h$  es la población al final de  $n$  años;  $P_o$  es la población inicial;  $i$  es la tasa de crecimiento anual en tanto por uno; y  $n$  es el número de años para los que se hace la previsión.

Puesto que para el municipio de Pozuelo de Alarcón no existe este tipo de prognosis para el año 2023, se ha tomado como tasa de crecimiento anual la media de los últimos 5 años, 0,40%, ya que tienen una dinámica de crecimiento estable que podría representar el de los próximos años.

A esta previsión, se le incorporan las viviendas de los nuevos desarrollos urbanísticos previstos. Si bien se considera que probablemente se ejecuten con grandes cambios sobre lo establecido en estos momentos, por lo que se estará del lado de la seguridad.

Los habitantes que se van a considerar por cada nueva vivienda construida se toman de las estadísticas del año 2017, 2,5 habitantes por vivienda, aunque como se observa en la Ilustración 5, el número de personas por hogar está disminuyendo constantemente a lo largo de los años, estando del lado de la seguridad nuevamente.

El número de habitantes para el año horizonte se muestran en la Tabla 4.



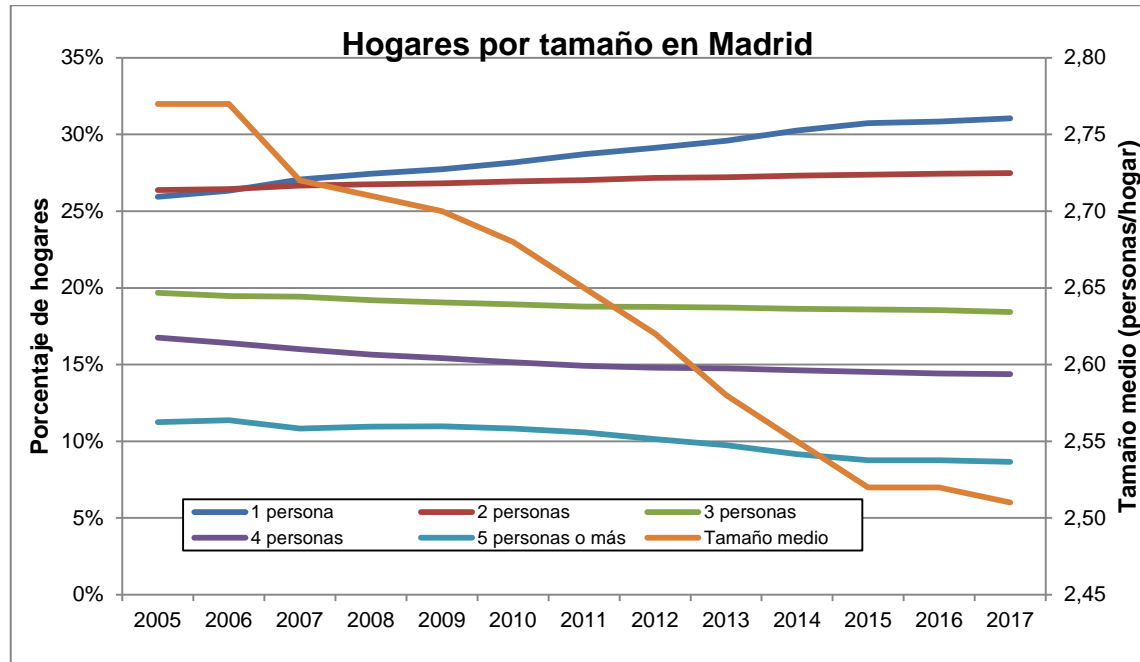


Ilustración 5. Evolución del número de personas por hogar en Madrid durante el período 2005-2017.

Distrito/Municipio	Pob. 2017	Pob. 2023	Crecimiento anual	Desarrollos urbanísticos	Pob. 2050
<b>Total población</b>	<b>3.065.248</b>	<b>3.073.157</b>	<b>0,04%</b>		<b>3.439.276</b>
Arganzuela	151.965	158.458	0,70%	-	191.288
Carabanchel	243.998	247.968	0,27%	-	266.646
Centro	131.928	137.832	0,73%	-	167.848
Chamartín	143.424	142.979	-0,05%	2.510	143.503
Chamberí	137.401	133.448	-0,49%	-	117.023
Ciudad Lineal	212.529	207.757	-0,38%	-	187.573
Fuencarral El Pardo	238.756	240.631	0,13%	8.607	257.858
Hortaleza	180.462	184.808	0,40%	-	205.699
Latina	233.808	226.737	-0,51%	26.857	224.330
Moncloa-Aravaca	116.903	114.105	-0,40%	-	102.318
Moratalaz	94.197	89.927	-0,77%	-	72.982
Pozuelo de Alarcón	85.605	-	0,40%	13.805	97.659
Puente de Vallecas	227.595	220.902	-0,50%	-	193.137
Retiro	118.516	113.022	-0,79%	-	91.287
Salamanca	143.800	139.096	-0,55%	-	119.759
San Blas-Canillejas	154.357	155.188	0,09%	-	158.985
Tetuán	153.789	156.038	0,24%	-	166.572
Usera	134.791	139.465	0,57%	-	162.587
Villa de Vallecas	104.421	122.067	2,64%	120.480	366.939
Villaverde	142.608	142.729	0,01%	2.008	145.284

Tabla 4. Población en el año horizonte en los distritos del estudio.

## **6.- DETERMINACIÓN DE CAUDALES UNITARIOS VERTIDOS**

Para la determinación del vertido unitario por habitante y día en tiempo seco se recurre a la información facilitada por el Canal de Isabel II, en la que aparece el volumen de agua facturada por distritos entre los años 2012 y 2017.

A efectos del cálculo de la dotación a aplicar en la población horizonte obtenida anteriormente, solamente se tienen en cuenta los 3 últimos años, de 2015 a 2017. Se realiza una comparativa entre dichas dotaciones (Ilustración 6), y finalmente se decide utilizar la correspondiente al año 2017 (Tabla 5), pues los consumos actualmente tienden a disminuir, y se espera que sigan esta dinámica en los próximos años.

Adicionalmente, se aplica un coeficiente que incrementa las dotaciones facturadas para obtener las dotaciones de suministro y finalmente las dotaciones de caudales vertidos a la red.

Así pues, tenemos en cuenta el rendimiento de la red de abastecimiento y el coeficiente de infiltración entre el agua suministrada. Para la obtención de dicho coeficiente se recurre al Informe Anual de 2015 del Canal de Isabel II, en el cual se estima que en los años de 2013 a 2015 el agua medida en los usuarios finales es de en torno al 83% del agua captada.

Además, hay que tener en cuenta que existen pérdidas de la red e infiltraciones del terreno a la red de alcantarillado, y viceversa. No obstante, a efectos del cálculo, se consideran nulas de modo que la determinación del caudal de llegada a las EDAR quedaría del lado de la seguridad.

$$\text{Coeficiente} = \frac{1}{\text{Rendimiento red abastecimiento}}$$

De este modo se determina un ratio entre volumen vertido y volumen facturado de 1,2048. Éste se aplica directamente sobre la dotación obtenida de la facturación, obteniendo el vertido unitario por persona y día (Tabla 5).

En el caso del municipio de Pozuelo de Alarcón no se dispone del volumen facturado aportado por el Canal de Isabel II, por ello se toma como vertido unitario el obtenido para el distrito de Moncloa-Aravaca, pues este distrito presenta similitudes en cuanto a nivel de vida y tipología de edificios existentes.

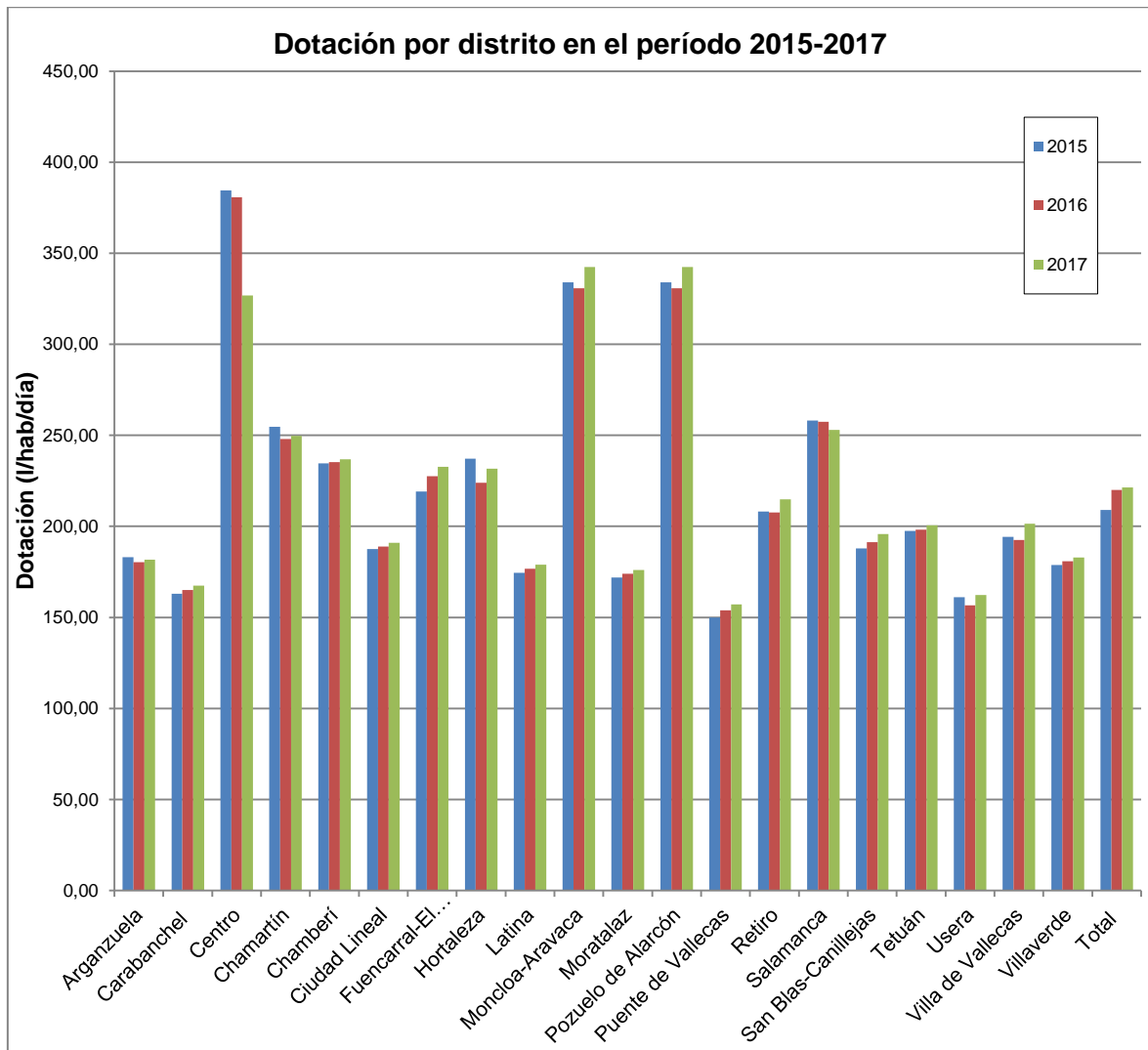


Ilustración 6. Evolución de las dotaciones en los distritos en el período 2015-2017.



	VERTIDOS UNITARIOS			
	2017			
	Facturado m <sup>3</sup> /año	Población nº hab	Fact. Unitaria l/hab/día	Vertido unitario l/hab.día
Arganzuela	8.365.201	151.965	150,81	181,70
Carabanchel	12.379.362	243.998	139,00	167,47
Centro	13.060.685	131.928	271,23	326,78
Chamartín	10.847.253	143.424	207,21	249,65
Chamberí	9.856.946	137.401	196,54	236,80
Ciudad Lineal	12.300.179	212.529	158,56	191,04
Fuencarral-El Pardo	16.834.175	238.756	193,17	232,74
Hortaleza	12.668.956	180.462	192,34	231,73
Latina	12.674.879	233.808	148,52	178,94
Moncloa-Aravaca	12.127.061	116.903	284,21	342,42
Moratalaz	5.025.639	94.197	146,17	176,11
Pozuelo de Alarcón	-	-	284,21	342,42
Puente de Vallecas	10.840.795	227.595	130,50	157,23
Retiro	7.715.260	118.516	178,35	214,88
Salamanca	11.019.264	143.800	209,94	252,94
San Blas-Canillejas	9.157.181	154.357	162,53	195,82
Tetuán	9.344.202	153.789	166,47	200,56
Usera	6.631.022	134.791	134,78	162,39
Villa de Vallecas	6.371.674	104.421	167,18	201,42
Villaverde	7.905.852	142.608	151,88	182,99
<b>Total</b>	<b>195.125.586</b>	<b>3.065.248</b>	<b>183,68</b>	<b>221,30</b>

Tabla 5. Dotación facturada y vertido unitario por distritos en el año 2017.

## 7.- CÁLCULO DE CAUDALES

### 7.1.- CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES POR CUENCA EN TIEMPO SECO

Una vez definida la población en el año horizonte por distritos, la discretización de los distritos en las tres cuencas vertientes de las EDAR y el vertido unitario por habitante y día, se obtienen, en primer lugar, la población servida por cada una de las EDAR (Tabla 6 y Tabla 7) y seguidamente los caudales diarios en tiempo seco y totales por cada cuenca (Tabla 8).

En estas tablas, en cada EDAR, solamente aparecen caracterizados los distritos que pertenecen a su cuenca vertiente.

Distrito/ Municipio	Población 2050	Población							
		Viveros		La China		Butarque		Sur	
<b>Total población</b>	<b>3.439.276</b>		<b>438.447</b>	<b>37,6%</b>	<b>1.292.790</b>	<b>23,9%</b>	<b>822.982</b>	<b>3,9%</b>	<b>132.505</b>
Arganzuela	191.288	0,0%		100,0%	191.288	0,0%		0,0%	
Carabanchel	266.646	0,0%		0,0%		100,0%	266.646	0,0%	
Centro	167.848	0,0%		100,0%	167.848	0,0%		0,0%	
Chamartín	143.503	9,9%	14.192	90,1%	129.311	0,0%		0,0%	
Chamberí	117.023	0,0%		100,0%	117.023	0,0%		0,0%	
Ciudad Lineal	187.573	0,0%		90,5%	169.710	0,0%		0,0%	
Fuencarral-El Pardo	257.858	74,3%	191.647	0,0%		0,0%		0,0%	
Hortaleza	205.699	0,0%		3,6%	7.478	0,0%		0,0%	
Latina	224.330	0,0%		0,0%		100,0%	224.330	0,0%	
Moncloa-Aravaca	102.318	73,2%	74.886	22,3%	22.829	4,5%	4.603	0,0%	
Moratalaz	72.982	0,0%		69,4%	50.672	0,0%		0,0%	
Pozuelo de Alarcón	97.659	80,0%	78.127	0,0%		20,0%	19.532	0,0%	
Puente de Vallecas	193.137	0,0%		70,0%	135.278	0,0%		0,0%	
Retiro	91.287	0,0%		100,0%	91.287	0,0%		0,0%	
Salamanca	119.759	0,0%		100,0%	119.759	0,0%		0,0%	
San Blas-Canillejas	158.985	0,0%		0,2%	247	0,0%		0,0%	
Tetuán	166.572	47,8%	79.595	52,2%	86.977	0,0%		0,0%	
Usera	162.587	0,0%		0,0%		100,0%	162.587	0,0%	
Villa de Vallecas	366.939	0,0%		0,8%	3.083	0,0%		36,1%	132.505
Villaverde	145.284	0,0%		0,0%		100,0%	145.284	0,0%	

Tabla 6. Población en el año horizonte en los distritos del estudio.

Distrito	2050	Total de población servida	
<b>Total población</b>	<b>3.439.276</b>	<b>78,1%</b>	<b>2.686.723</b>
Arganzuela	191.288	100,0%	191.288
Carabanchel	266.646	100,0%	266.646
Centro	167.848	100,0%	167.848
Chamartín	143.503	100,0%	143.503
Chamberí	117.023	100,0%	117.023
Ciudad Lineal	187.573	90,5%	169.710
Fuencarral-El Pardo	257.858	74,3%	191.647
Hortaleza	205.699	3,6%	7.478
Latina	224.330	100,0%	224.330
Moncloa-Aravaca	102.318	100,0%	102.318
Moratalaz	72.982	69,4%	50.672
Pozuelo de Alarcón	97.659	100,0%	97.659
Puente de Vallecas	193.137	70,0%	135.278
Retiro	91.287	100,0%	91.287
Salamanca	119.759	100,0%	119.759
San Blas-Canillejas	158.985	0,2%	247
Tetuán	166.572	100,0%	166.572
Usera	162.587	100,0%	162.587
Villa de Vallecas	366.939	37,0%	135.587
Villaverde	145.284	100,0%	145.284

Tabla 7. Población servida en los distritos del estudio.

Aplicando la dotación unitaria por habitante obtenida para cada distrito a la población conectada a cada EDAR tenemos:



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

DISTRITO	CUENCA VIVEROS			CUENCA CHINA			CUENCA BUTARQUE			CUENCA SUR		
	Pob. 2050	Vertido unitario	Caudal influente	Pob. 2050	Vertido unitario	Caudal influente	Pob. 2050	Vertido unitario	Caudal influente	Pob 2050	Vertido unitario	Caudal influente
	nº hab	l/hab/día	m³/día	nº hab	l/hab/día	m³/día	nº hab	l/hab/día	m³/día	nº hab	l/hab/día	m³/día
Arganzuela				191.288	181,70	34.757,66						
Carabanchel							266.646	167,47	44.655,70			
Centro				167.848	326,78	54.849,64						
Chamartín	14.192	249,65	3.542,91	129.311	249,65	32.282,19						
Chamberí				117.023	236,80	27.710,94						
Ciudad Lineal				169.710	191,04	32.421,20						
Fuencarral-El Pardo	191.647	232,74	44.603,49									
Hortaleza				7.478	231,73	1.732,95						
Latina							224.330	178,94	40.142,15			
Moncloa-Aravaca	74.886	342,42	25.642,55	22.829	342,42	7.817,08	4.603	342,42	1.576,01			
Moratalaz				50.672	176,11	8.923,83						
Pozuelo de Alarcón	78.127	342,42	26.752,27				19.532	342,42	6.688,07			
Puente de Vallecas				135.278	157,23	21.269,41						
Retiro				91.287	214,88	19.616,06						
Salamanca				119.759	252,94	30.292,22						
San Blas-Canillejas				247	195,82	48,32						
Tetuán	79.595	200,56	15.963,64	86.977	200,56	17.444,18						
Usera							162.587	162,39	26.401,83			



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

DISTRITO	CUENCA VIVEROS			CUENCA CHINA			CUENCA BUTARQUE			CUENCA SUR		
	Pob. 2050	Vertido unitario	Caudal influente	Pob. 2050	Vertido unitario	Caudal influente	Pob. 2050	Vertido unitario	Caudal influente	Pob 2050	Vertido unitario	Caudal influente
	<i>nº hab</i>	<i>l/hab/día</i>	<i>m³/día</i>	<i>nº hab</i>	<i>l/hab/día</i>	<i>m³/día</i>	<i>nº hab</i>	<i>l/hab/día</i>	<i>m³/día</i>	<i>nº hab</i>	<i>l/hab/día</i>	<i>m³/día</i>
Villa de Vallecas				3.083	201,42	620,92				132.505	201,42	26.688,62
Villaverde							145.284	182,99	26.585,97			
<b>Total</b>	<b>438.447</b>	<b>273,56</b>	<b>116.504,85</b>	<b>1.292.790</b>	<b>225,65</b>	<b>289.786,57</b>	<b>822.982</b>	<b>229,44</b>	<b>146.049,72</b>	<b>132.505</b>	<b>201,42</b>	<b>26.688,62</b>

Tabla 8. Dotación en las cuencas de Viveros, China, Butarque y Sur y caudal diario en tiempo seco en el año horizonte.



Por lo tanto, los caudales influentes en tiempo seco estimados para la población horizonte por cuenca vertiente a cada EDAR son:

		VIVEROS (Cuenca)	LA CHINA (Cuenca)	BUTARQUE (Cuenca)	SUR (Cuenca)	TOTAL
<b>Caudal tº seco</b>	<i>m³/d</i>	116.505	289.787	146.050	26.689	579.030
	<i>m³/s</i>	1,35	3,36	1,70	0,31	6,71

Tabla 9. Caudales diarios en tiempo seco en el año horizonte para cada cuenca.

## 7.2.- CAUDALES NOMINALES POR PLANTA EN TIEMPO SECO

Partiendo del análisis realizado anteriormente para cada cuenca vertiente, y teniendo en cuenta los diferentes condicionantes que se dan en el sistema formado por las EDAR estudiadas, se definen los caudales nominales por planta en tiempo seco

### 7.2.1.- CONDICIONANTES DEL SISTEMA

#### 7.2.1.1.- Limitación de entrada en EDAR Viveros

La EDAR de Viveros de la Villa se incluye en el presente análisis de caudales puesto que, según los datos de explotación, ésta no trata caudales superiores a 75.000 m<sup>3</sup>/d con el objetivo de eliminar nutrientes. Esto provoca que parte de las aportaciones que se han estimado para su cuenca, se deriven hacia aguas abajo, incorporándose en el sistema objeto de estudio formado por La China, Butarque y Sur. Este caudal derivado sería de 41.505 m<sup>3</sup>/d.

Teniendo en cuenta la limitación que presenta la EDAR de Viveros, se estima cuáles podrían ser los caudales nominales en cada una de las plantas para la población horizonte.

#### 7.2.1.2.- Limitación de entrada en EDAR La China

La solución que se presenta para La China, presenta una limitación en el caudal influente, tal y como está operando actualmente. Esta limitación vendrá impuesta por los condicionantes presentes en la planta: los mantenimientos del caudal de agua de riego y del caudal mínimo en el río.

El caudal de entrada se limita a 116.000 m<sup>3</sup>/d, que se corresponden con 30.000 m<sup>3</sup>/d destinados a mantener el agua de riego de parques y jardines de Madrid, y 86.000 m<sup>3</sup>/d para mantener el caudal del río Manzanares aguas debajo de La China.

- **Caudales de agua regenerada**

De las plantas que se están estudiando, solamente en la EDAR La China existen instalaciones para la regeneración de aguas residuales, agua que se utiliza para el riego de parques y jardines de la ciudad de Madrid. En la Ilustración 7, se muestran los caudales bombeados por la estación regeneradora de aguas residuales de La China, por día durante el período del que se disponen datos (2016-2018).

Se observa claramente que los bombeos se concentran durante los meses del verano, e incluso que en el verano de 2017 ha habido una mayor demanda de agua para riego. Esta demanda ha estado entre 20.000 y 25.000 m<sup>3</sup>/d durante el verano de



2017, siendo el caudal máximo del período 24.089 m<sup>3</sup>/d. Es por ello, que para el dimensionamiento de la nueva planta, se toma como caudal de agua regenerada 30.000 m<sup>3</sup>/d, quedando del lado de la seguridad en cuanto a disposición de agua para satisfacer la demanda, y entendiendo que la producción de agua regenerada para riego debe de ir al alza en los próximos años.

Durante los inviernos, al bombearse un menor caudal diario de agua regenerada, el caudal del río Manzanares aguas abajo de la EDAR La China se verá incrementado, mejorando el aspecto de este tramo de río.

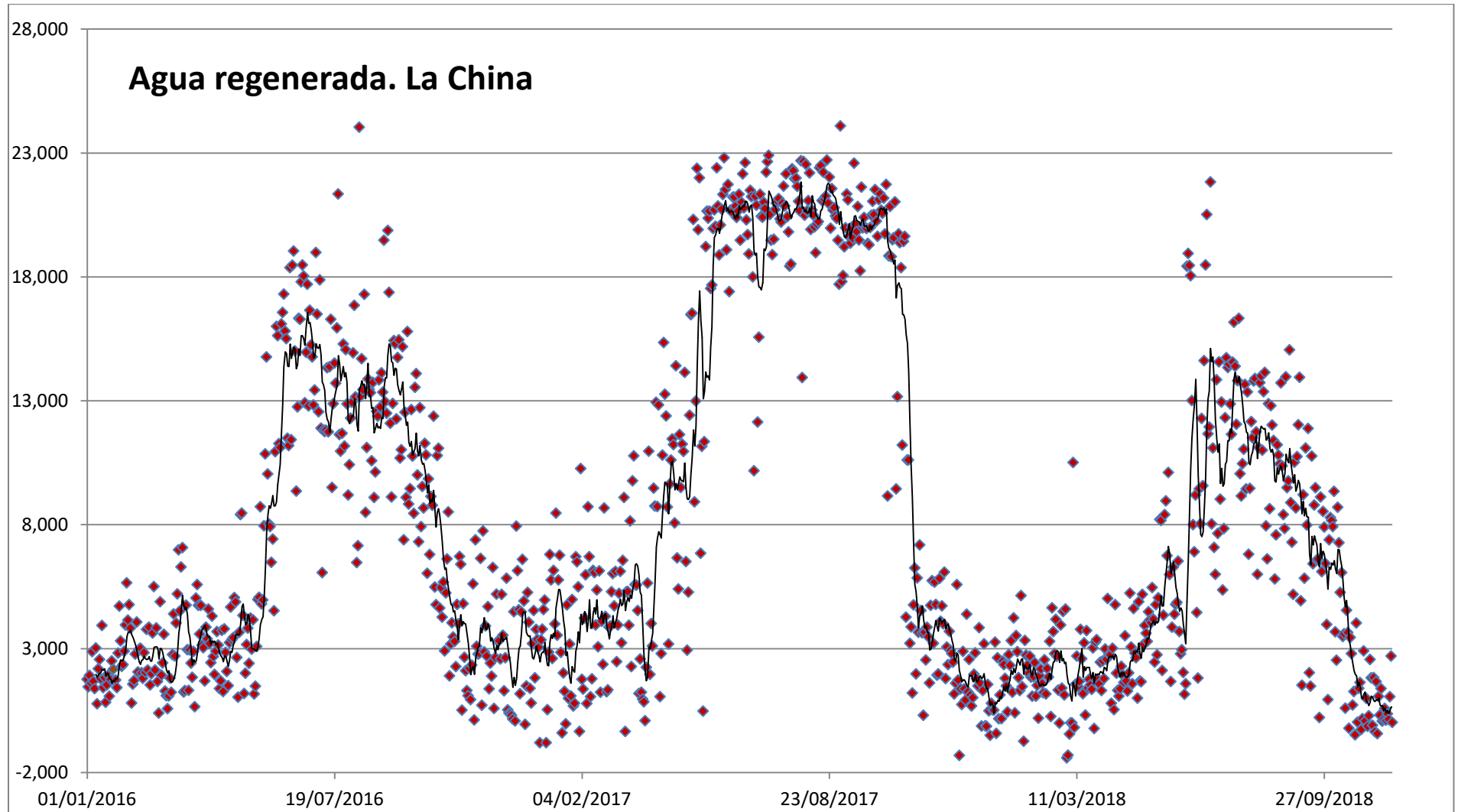


Ilustración 7. Distribución del caudal de agua regenerada de La China por días en el período 2016-2018



- **Caudales efluentes de la planta**

El caudal efluente de la EDAR La China, debe mantenerse o aumentarse de acuerdo a los caudales que vierte al río Manzanares actualmente. El objetivo de este criterio es el de mantener los caudales que circulan por el río en el tramo aguas abajo de la EDAR, de modo que se mantenga o mejore el aspecto de este tramo hasta aguas arriba de la EDAR de Butarque.

Para estar en disposición de fijar un caudal de entrada a La China, es necesario estudiar los efluentes vertidos durante el período del que se disponen datos (2016-2018). En la Ilustración 8, se representa el caudal diario con un tratamiento completo, solamente el caudal efluente, ya que el destinado a riego de parques y jardines se asegura habiendo fijado un caudal para la estación regeneradora de aguas residuales.

Se observa la disminución de los caudales efluentes a partir de junio de 2017, a raíz del cambio de sistema en el tratamiento secundario para pasar a eliminar nitrógeno y fósforo por vía biológica, presentando una media de 85.730 m<sup>3</sup>/d. Por ello, **se fija el caudal tratado vertido al río por La China en 86.000 m<sup>3</sup>/d, manteniendo así, el caudal circulante en este tramo del Manzanares.**

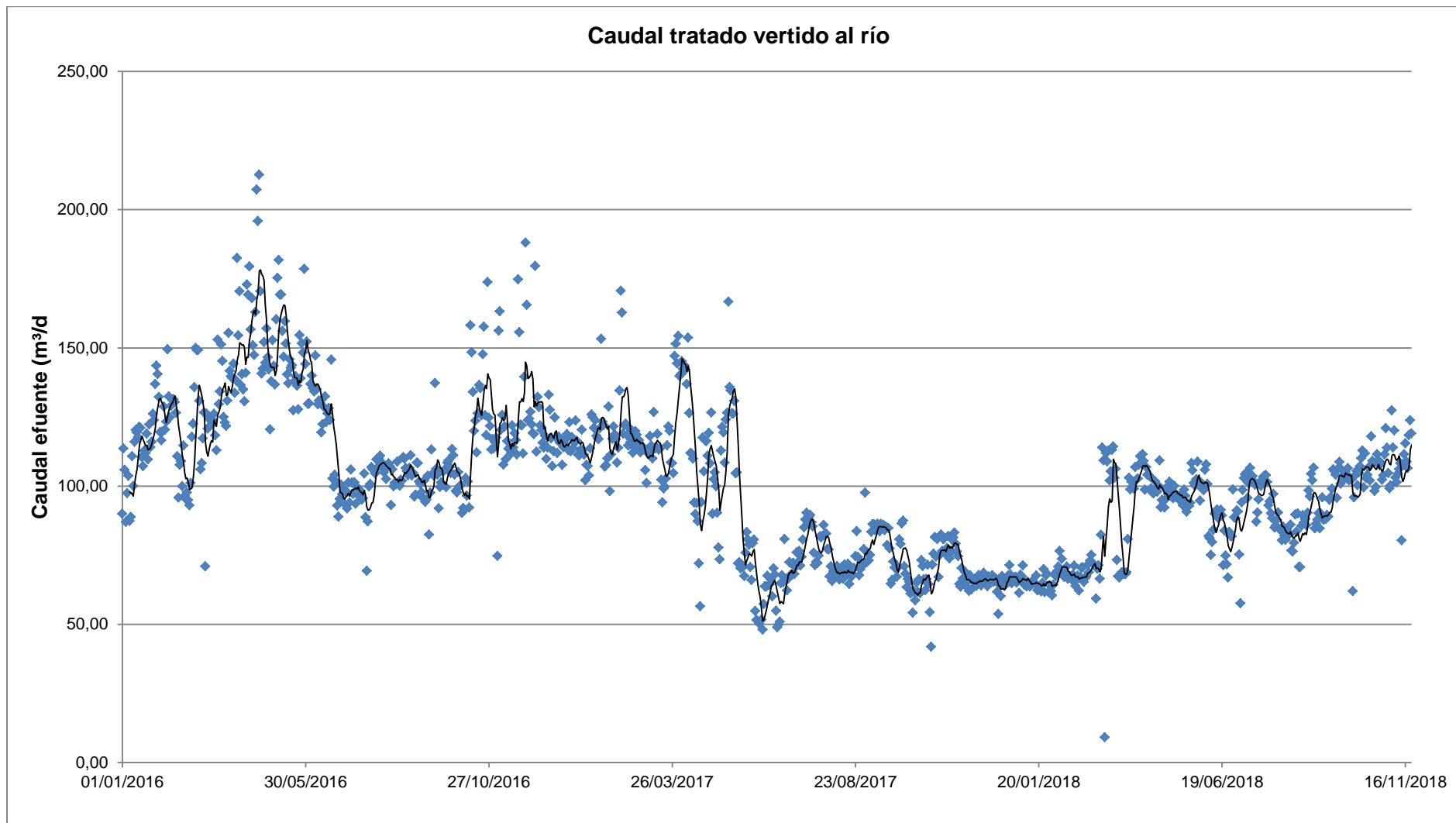


Ilustración 8. Distribución del caudal tratado vertido al río de La China por días en el período 2016-2018

### 7.2.1.3.- Disposición EDAR en el sistema

La EDAR de Butarque es la única que se encuentra en margen derecha, por lo que debería tener una capacidad suficiente para tratar la totalidad de los caudales de aguas residuales producidos en su cuenca vertiente.

Con este criterio se pretende evitar bombeos innecesarios de una margen a otra, manteniendo el sistema equilibrado en ambas márgenes.

### 7.2.1.4.- Excesos EDAR Viveros y La China

Tal y como se ha apuntado en apartados anteriores, las EDAR de Viveros y La China tendrán impuestas limitaciones de entrada de caudales, por lo que se producen excesos que circulan hacia aguas abajo.

La EDAR Sur se concibe como una planta de cola, por lo que deberá tener capacidad suficiente para mantener equilibrado el sistema de margen izquierda. Por ello, además de los aportes de aguas residuales de su cuenca vertiente, deberá tratar los excesos de las EDAR Viveros y La China.

## 7.2.2.- CAUDALES NOMINALES POR PLANTA

Los caudales nominales quedan definidos en la siguiente tabla, de acuerdo con los condicionantes expuestos anteriormente. Además, en los casos de Viveros y La China, se indican los caudales que derivan hacia aguas abajo, obtenidos como la diferencia entre los caudales que se estiman por cuenca y la limitación existente a la entrada de las plantas.

		VIVEROS (1)	LA CHINA (2)	BUTARQUE (3)	SUR (4)	TOTAL ÁMBITO ESTUDIO (5)
Caudal nominal	(m <sup>3</sup> /d)	75.000	116.000	146.050	241.980	504.030
	(m <sup>3</sup> /s)	0,87	1,34	1,69	2,80	5,83
Caudales derivados	(m <sup>3</sup> /d)	41.505	173.787	0	0	
	(m <sup>3</sup> /s)	0,48	2,01	0,00	0,00	

Tabla 10. Caudales nominales estimados por EDAR.

- (1) Limitación de entrada de 75.000 m<sup>3</sup>/d.
- (2) Limitación de entrada de 116.000 m<sup>3</sup>/d (86.000 m<sup>3</sup>/d de mantener el agua del río + 30.000 m<sup>3</sup>/d de mantener el caudal de agua regenerada).
- (3) Tratamiento de la totalidad de los caudales que se generan en su cuenca.
- (4) Tratamiento de los caudales de su cuenca + los excesos derivados en Viveros y La China.
- (5) Total de caudales a tratar por las plantas objeto de estudio (cuencas La China, Butarque y Sur + Excesos de viveros)

## 7.3.- CÁLCULO DE COEFICIENTES DE PUNTA

Una vez definidos los caudales nominales en tiempo seco por planta, se deben de establecer los coeficientes de punta con los que se obtienen los caudales de punta de aguas residuales.

Se calculan tres diferentes, para finalmente escoger el que mejor represente o se adapte al sistema estudiado. Son los siguientes:

- Coeficientes de punta actuales.
- Coeficientes de punta de cálculo.
- Coeficientes de punta de vaciado de tanques de tormentas.

### 7.3.1.- COEFICIENTES DE PUNTA ACTUALES

La empresa operadora aporta los datos de caudales horarios de aguas residuales influentes a las plantas estudiadas. De este modo, se pueden calcular los coeficientes de punta actuales que se presentan en cada instalación.

Los datos vienen agrupados de la siguiente manera:

- **Lunes-Jueves:** días laborables en los que la jornada laboral y, por tanto, la distribución de caudales, deben ser similares.
- **Viernes:** días laborables en los que una cierta parte de los empleos presentan una jornada laboral reducida, además de ser víspera de día no laborable.
- **Sábados:** días no laborables oficialmente, pero con presencia de actividades económicas, sobre todo del sector servicios. Son víspera de día no laborable.
- **Domingos:** días no laborables oficialmente, pero con presencia de actividades económicas, sobre todo del sector servicios. Son víspera de día laborable.
- **Festivos:** días no laborables para gran parte de los trabajadores, la variación de caudales a lo largo del día es menos acusada.

Para este cálculo, se han empleado los datos horarios correspondientes al año 2017, ya que al ser el más reciente representa de un modo más certero la dinámica de consumos actuales. Para la obtención del coeficiente punta de cada planta, se opera según las siguientes indicaciones:

- Se calcula el coeficiente de punta en cada uno de los grupos mencionados anteriormente como la relación entre el máximo caudal horario en cada grupo y el caudal horario medio ponderado del año completo.
- El coeficiente de punta que se asigna a cada planta es el máximo de los obtenidos en los grupos.
- Se aplican los coeficientes a los caudales nominales en tiempo seco obtenidos anteriormente.

Los coeficientes de punta y los caudales asociados obtenidos para cada EDAR, según la metodología expuesta, son los que aparecen en la siguiente tabla:

	LA CHINA
Caudal nominal, $Q_m$ ( $m^3/s$ )	1,34
Coeficiente de punta, $C_p$	1,15
<b>Caudal punta = <math>C_p \cdot Q_m</math> (<math>m^3/s</math>)</b>	<b>1,54</b>

Tabla 11. Coeficiente de punta real y caudal punta asociado.

A continuación, se muestra las curvas horarias obtenidas para las diferentes agrupaciones de días indicadas anteriormente. Además, se aporta una última ilustración, con las curvas horarias medias ponderadas del año 2017 de cada instalación.

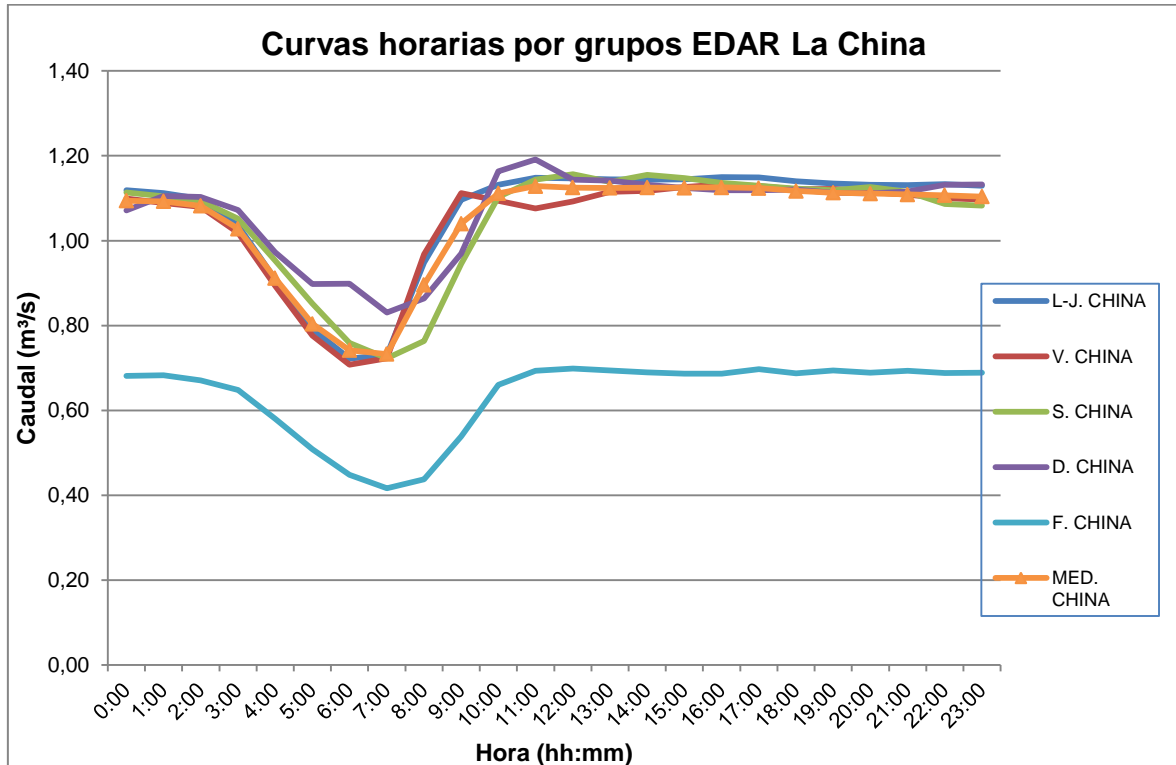


Ilustración 9. Curvas horarias por grupos de días para EDAR La China.

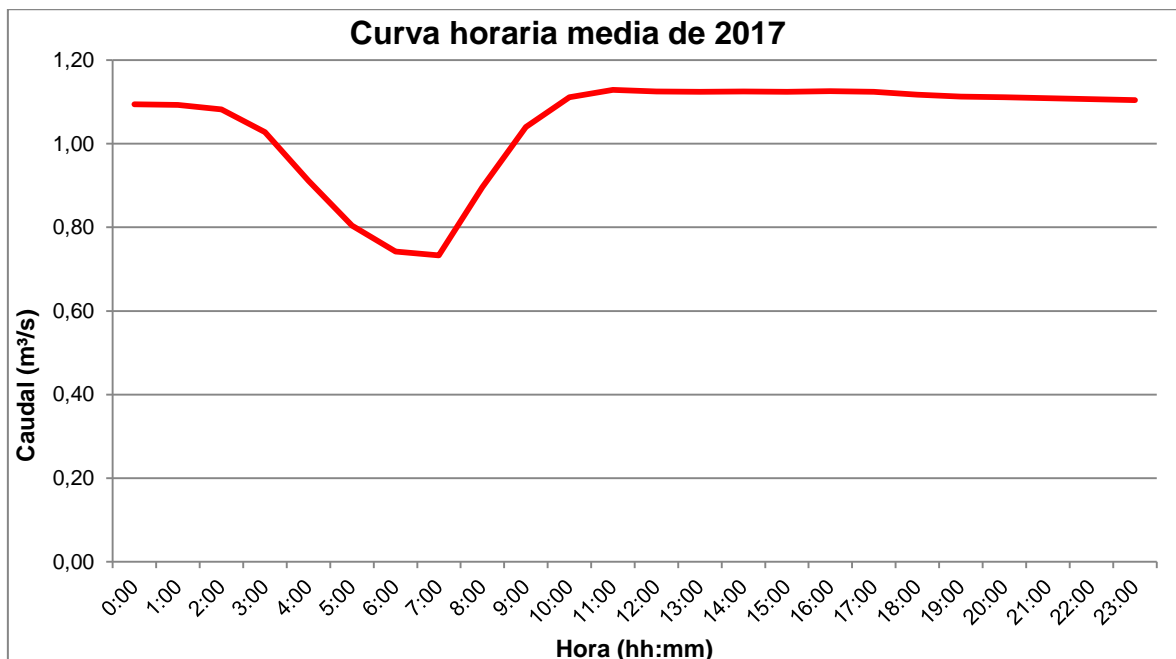


Ilustración 10. Curvas horarias medias de 2017.



### 7.3.2.- COEFICIENTES DE PUNTA DE CÁLCULO

Se calculan a continuación los diferentes coeficientes puntas siguiendo las recomendaciones que aparecen en la “*Guía Técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano*” del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). De las fórmulas que aparecen en él, se decide utilizar las siguientes debido a que su formulación se basa en poblaciones similares a la de estudio:

- **Canal de Isabel II (2005):** Puesto que es una actuación dentro de la zona en la que la entidad lleva a cabo sus funciones, se decide integrarla en el estudio. Basada en el caudal medio.

$$QD_p = 1,6 \cdot (\sqrt{QD_m} + QD_m) < 3 \cdot QD_m$$

donde  $QD_p$  es el caudal punta de agua residual en l/s; y  $QD_m$  es el caudal medio (caudal nominal en tiempo seco) de aguas residuales en l/s.

- **MOPU (1983):** Formulación propuesta por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, basada en el caudal medio.

$$QD_p = \left( 1,15 + \frac{2,575}{QD_m^{0,25}} \right) QD_m$$

donde  $QD_p$  es el caudal punta de agua residual en m<sup>3</sup>/h; y  $QD_m$  es el caudal medio (caudal nominal en tiempo seco) de aguas residuales en m<sup>3</sup>/h.

- **Stanley & Kaufman (1953):** Esta fórmula considera tanto el caudal medio (caudal nominal en tiempo seco) como el número de habitantes de la red de saneamiento considerada.

$$QD_p = \left( 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P_h}} \right) QD_m$$

donde  $QD_p$  es el caudal punta de agua residual en l/s,  $QD_m$  es el caudal medio (caudal nominal en tiempo seco) de aguas residuales en l/s; y  $P_h$  es la población en el año horizonte considerado.

Siguiendo la formulación definida anteriormente, se obtienen los diferentes coeficientes de punta para las aguas residuales (Tabla 12 Tabla 12. Coeficientes de punta calculados con diferentes formulaciones.). De ellos, el del Canal de Isabel II, es el que se considera que representaría de un modo más acertado la variabilidad en una ciudad del tamaño de Madrid

	LA CHINA
Caudal medio (l/s)	1.343
Caudal medio (m <sup>3</sup> /h)	4.833
Población año horizonte	1.292.790
<b>Canal de Isabel II (2005) en l/s</b>	2.206,77
Coeficiente de punta	1,64
<b>MOPU (1983) en m<sup>3</sup>/h</b>	1.958,61
Coeficiente de punta	1,46
<b>Stanley &amp; Kaufman (1953) en l/s</b>	1.813,02
Coeficiente de punta	1,35

Tabla 12. Coeficientes de punta calculados con diferentes formulaciones.

	LA CHINA (Fijado)
Caudal nominal, $Q_m$ ( $m^3/s$ )	1,34
Coefficiente de punta, $C_p$	1,64
<b>Caudal punta = <math>C_p \cdot Q_m</math> (<math>m^3/s</math>)</b>	<b>2,21</b>

Tabla 13. Caudal punta obtenido con los coeficientes de punta fijados.

### 7.3.3.- COEFICIENTES DE PUNTA DE VACIADO DE TANQUES DE TORMENTAS

Se fija que el volumen almacenado en los tanques de tormenta de aguas arriba asociados a cada planta se bombee sobre la misma con un caudal que permita vaciarlos en un máximo de días. Implícitamente este criterio exige que la totalidad del volumen del tanque se someta a tratamiento secundario.

Los tanques de tormentas asociados a la EDAR, actuales y futuros, son:

- Tanque de tormentas de LA CHINA, con un volumen de almacenamiento de 136.000 m<sup>3</sup>.

A continuación, se muestra el número de días en los que se debe vaciar el volumen de los tanques sobre la EDAR, mediante el cual se obtiene el caudal de vaciado. En La China, se considera que el caudal de vaciado es el correspondiente a 3 días.

ASIGNACIÓN DE TANQUES DE TORMENTA		LA CHINA
Volumen TT ( $m^3$ )	<b>La China</b>	136.000
	<b>Totales</b>	<b>136.000</b>
<b>Nº de días medio de vaciado</b>		<b>3 días</b>
Caudal de vaciado considerado, $Q_v$	$m^3/d$	45.333
	$m^3/s$	0,52

Tabla 14. Caudal de vaciado sobre cada EDAR de los tanques de tormentas de aguas arriba asignados.

Se define el caudal en tiempo húmedo como el caudal nominal en tiempo seco más el caudal de vaciado de los tanques de tormenta considerado. Por ello, el coeficiente de punta se obtiene como la relación entre el caudal en tiempo húmedo y el caudal nominal en tiempo seco.

PROPUESTA		LA CHINA (Fijado)
Caudal nominal, $Q_m$ ( $m^3/s$ )		1,34
Q vaciado consid., $Q_v$ ( $m^3/s$ )		0,52
<b>Caudal en tº húmedo</b>	$m^3/s$	<b>1,86</b>
	$m^3/d$	161.133
<b>Coefficiente de punta, <math>C_p</math></b>		<b>1,39</b>

Tabla 15. Caudales en tiempo húmedo y coeficientes de punta.

El caudal procedente de los tanques de tormentas solamente se puede bombear a las EDAR en la magnitud que los caudales horarios de aguas residuales permitan. En horas valle se permitirá un mayor caudal de bombeo, mientras que en las horas puntas, éste se reducirá.

Las curvas horarias de aguas residuales que dictan que caudales se pueden bombear son diferentes a las presentadas anteriormente, ya que las condiciones que se prevén para el futuro sistema, difieren de las actuales. Serán las siguientes:

- **LA CHINA:** la curva horaria a aplicar es la actual, debido a que en la situación futura también existe una limitación de entrada a la planta y los caudales que se tratarán serán similares.

Para determinar qué caudales se pueden bombear a las plantas desde los tanques, en primer lugar, se extrapolan los datos de las curvas horarias de cada planta, aplicándolas sobre los caudales nominales en tiempo seco correspondiente, de modo que se obtiene la curva horaria para el caudal nominal definido.

Finalmente, se determina cuál es el caudal medio horario en tiempo húmedo, de modo que el caudal que es posible bombear sobre las plantas cada hora, es la diferencia entre el caudal medio horario en tiempo húmedo, y el caudal de la curva horaria correspondiente.

A continuación, se aportan los gráficos que incluyen curvas horarias asignadas a cada planta, y el caudal punta que deberán tratar. Las áreas encerradas se corresponden con los volúmenes influentes a la planta, desde los tanques de tormentas en azul, y el asociado al caudal nominal en marrón.

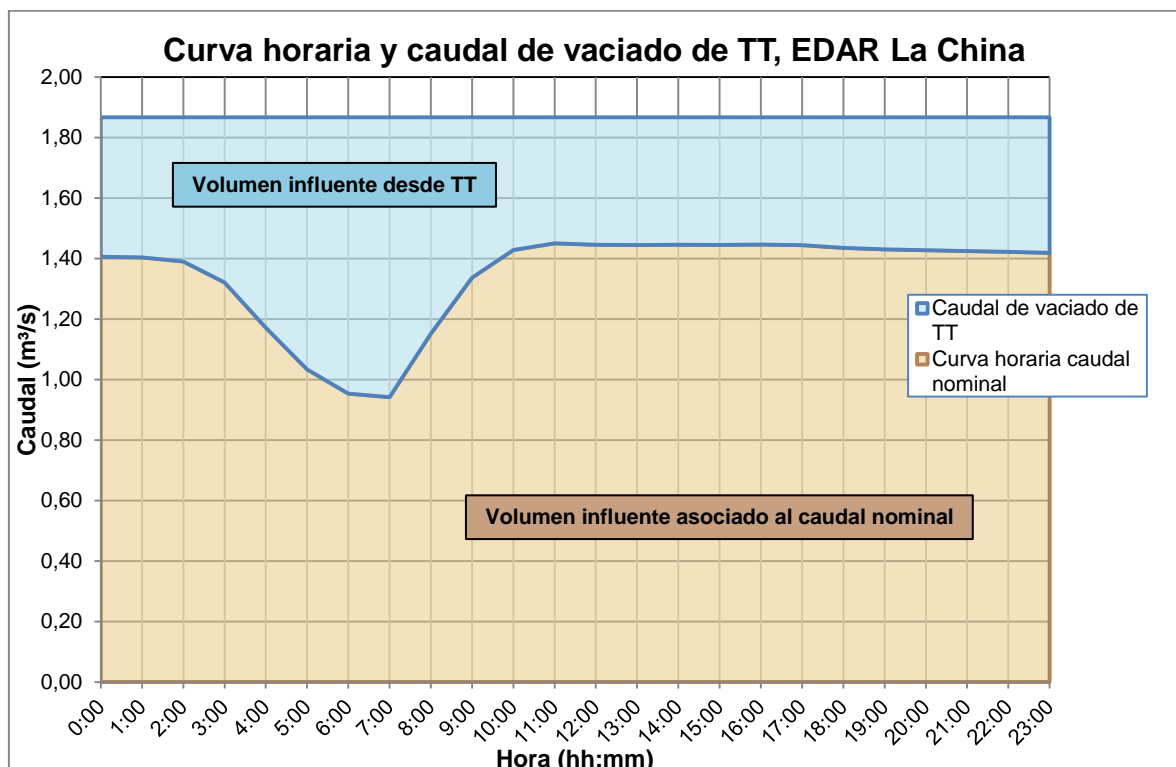


Ilustración 11. Curva horaria y caudal de vaciado de los tanques de tormentas, EDAR La China.

## 8.- CAUDALES NOMINALES Y PUNTA ESTIMADOS

El caudal nominal a tratar en cada EDAR viene fijado por sus condiciones de contorno:

- En el caso de La China, son 1,34 m<sup>3</sup>/s, caudal igual a 116.000 m<sup>3</sup>/d (86.000 m<sup>3</sup>/d para mantener el caudal del río + 30.000 m<sup>3</sup>/d para producir agua regenerada para el riego de parques y jardines de Madrid).

Los caudales nominales a tratar asignados a cada EDAR pretenden seguir con la magnitud de los caudales registrados actualmente, pero distribuidos de acuerdo al planteamiento de las alternativas realizado con anterioridad.

Los coeficientes de punta que se adoptan para cada EDAR son los correspondientes al criterio del vaciado de los tanques de tormentas, de modo que los caudales nominales en tiempo seco y los caudales punta (en tiempo húmedo) quedarían definidos como:

	LA CHINA	
	Estimado en estudio de población	De diseño
Caudal tº seco (m3/s)	1,34	1,5
Caudal punta tº húmedo (m3/s)	1,87	2,0
Caudal tº seco (m3/d)	116.000	129.600
Caudal punta tº húmedo (m3/d)	161.133	172.800
Coeficiente de máximo, Cm	1,39	

Tabla 16. Caudales estimados en el año horizonte y de diseño.



## 9.- CAUDALES MÁXIMOS ESTIMADOS

Adicionalmente a los caudales nominales y punta obtenidos, se estima un caudal máximo que atenderá a unos criterios. Las plantas a dimensionar deben permitir que al caudal máximo se les pueda efectuar un pretratamiento y un tratamiento primario, de modo que se pueda producir el vertido del excedente que no tenga cabida en el tratamiento secundario.

Los criterios aplicados son:

- Mantiene el caudal punta obtenido anteriormente, ya que tiene restricciones de caudal a la entrada de la planta.

Los caudales máximos quedan indicados en la siguiente tabla:

	LA CHINA	
	Estimado en estudio de población	De diseño
Caudal tº seco (m3/s)	1,34	1,5
Caudal punta tº húmedo (m3/s)	1,87	2,0
Caudal máximo (m3/s)	1,87	2,0
Caudal tº seco (m3/d)	116.000	129.600
Caudal punta tº húmedo (m3/d)	161.133	172.800
Caudal máximo (m3/d)	161.133	172.800
Coefficiente de máximo, Cm	1,39	

Tabla 17. Caudales en tiempo seco, punta en tiempo húmedo y máximo estimados en el año horizonte y de diseño.

## 10.- DATOS DE ANALÍTICAS

Para conocer la situación actual del saneamiento es indispensable conocer en detalle los caudales que se generan en el Sistema de Saneamiento del Manzanares y las cargas contaminantes que se producen. Para ello hay que estudiar:

- a) Los caudales en tiempo seco que se generan en las cuencas asociadas a la EDAR de La China.

Estos caudales se han obtenido en el apartado 7.1.- CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES POR CUENCA EN TIEMPO SECO. Se han calculado a partir de las proyecciones de población y caudales unitarios para el año 2050.

	CHINA
Caudal medio vertido (m <sup>3</sup> /d)	286.525
Caudal medio vertido (m <sup>3</sup> /s)	3,32

Tabla 18. Caudales medios diarios en el año horizonte.

- b) Los caudales influentes en la EDAR actuales.

En la tabla siguiente figuran las medias de los datos recopilados de las mediciones de los caudalímetros de entrada en la EDAR de China:

CAUDALES INFLUENTES	CHINA
Media (m <sup>3</sup> /s)	1,87
MAX (m <sup>3</sup> /s)	3,70
MIN (m <sup>3</sup> /s)	0,98
PERCENTILES (m <sup>3</sup> /s)	
90 %	2,24
50 %	1,85
% mediana/nominal	50,1%
% máx./nominal	100,1%
% p90/nominal	60,5%

Tabla 19. Caudales medios influentes.

- c) Las analíticas de los influentes en la EDAR

Se han recopilado los datos de los caudales de entrada y de las analíticas de entrada salida y de proceso de la EDAR de los años 2016, 2017 y 2018 completos. Estos datos han sido suministrados por el Canal de Isabel II que como responsable de la explotación tiene un control de caudales y analíticas de todas las plantas objeto de su encomienda de gestión. En los apartados siguientes figuran los resúmenes de los datos analíticos obtenidos de los influentes

Se controla de forma sistemática: DBO<sub>5</sub>, SS, DQO, Nitratos, Amonio, Nitrógeno total, Fósforo total y Ortofosfatos.

Las aguas residuales que llegan a La China proceden de su cuenca mezcladas con las derivaciones que se hayan podido producir en la EDAR Viveros, situada aguas arriba. Estas derivaciones de caudales tienen carácter esporádico y no son significativas por lo que se puede considerar que los datos son representativos de la cuenca.

	DBO <sub>5</sub> mg/l	SS mg/l	DQO mg/l	N-NO <sub>3</sub> mg/l	N-NH <sub>4</sub> mg/l	Nt mg/l	Pt mg/l	P-PO <sub>4</sub> mg/l
Nº de datos obtenidos	1.004,0	1.031,0	818,0	383,0	391,0	399,0	661,0	347,0
Media	380,4	303,0	626,8	0,8	45,5	66,6	8,0	4,2
Desviación	65,5	71,6	148,6	2,0	10,8	14,8	1,6	0,8
Máximo	580,0	640,0	1.233,0	36,8	103,0	129,0	17,1	7,3
Mínimo	39,0	108,0	194,0	0,0	0,2	27,7	0,4	1,7
<b>PERCENTILES</b>								
90 %	450,0	396,0	799,6	1,5	56,7	84,0	9,7	4,9
50 %	390,0	300,0	640,0	0,6	45,1	68,0	8,2	4,2

Tabla 20. Datos de analíticas de la EDAR La China.

La tabla de frecuencias de los principales parámetros son las siguientes:

DBO <sub>5</sub>		
Intervalo de valores (mg/l)	Frecuencia (días)	Media intervalo
39-89	1	64
90-139	1	115
140-189	9	165
190-239	22	215
240-289	50	265
290-339	120	315
340-389	274	365
390-439	334	415
440-489	171	465
490-539	21	515
540-589	1	565
	1.004	

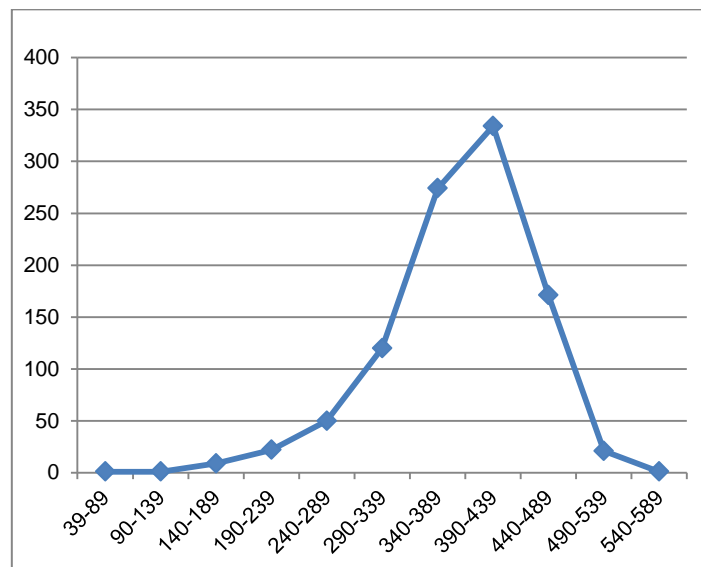


Tabla 21. Frecuencia DBO<sub>5</sub> en la EDAR La China.

SS		
Intervalo de valores (mg/l)	Frecuencia (días)	Media intervalo
108-153	18	131
154-198	51	176
199-243	116	221
244-288	243	266
289-333	299	311
334-378	172	356
379-423	74	401
424-468	38	446
469-513	14	491
514-558	3	536
559-603	1	581
604-648	2	626
	1.031	

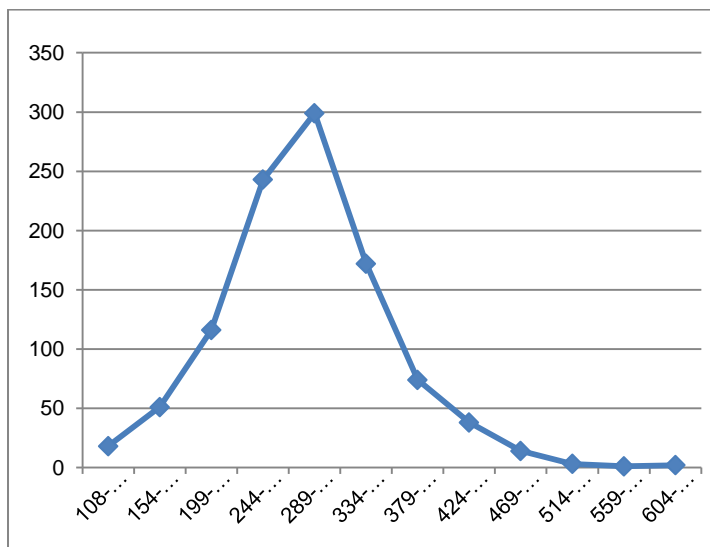


Tabla 22. Frecuencia SS en la EDAR La China.

DQO		
Intervalo de valores (mg/l)	Frecuencia (días)	Media intervalo
194-289	13	242
290-384	32	337
385-479	100	432
480-574	124	527
575-669	216	622
670-764	195	717
765-859	107	812
860-954	19	907
955-1049	9	1.002
1050-1144	1	1.097
1145-1239	2	1.192
	818	

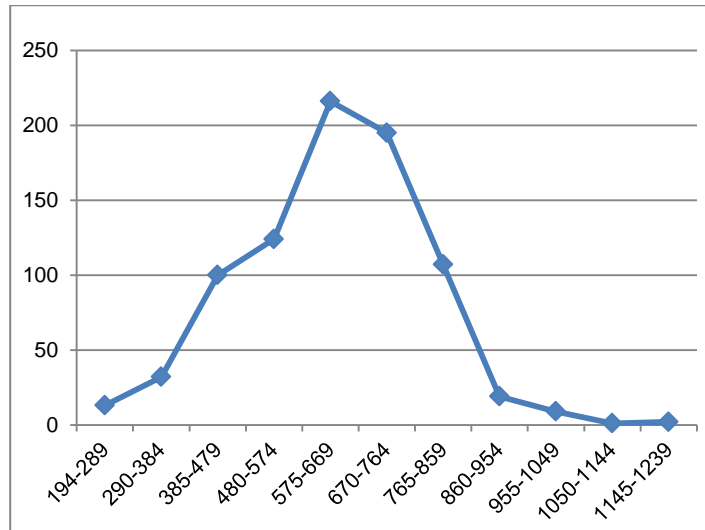


Tabla 23. Frecuencia DQO en la EDAR La China.

N <sub>t</sub>		
Intervalo de valores (mg/l)	Frecuencia (días)	Media intervalo
28-38	15	33
39-48	34	44
49-58	49	54
59-69	112	64
70-79	119	74
80-89	46	84
90-99	17	95
100-109	6	105
110-120	0	115
121-130	1	125
	399	

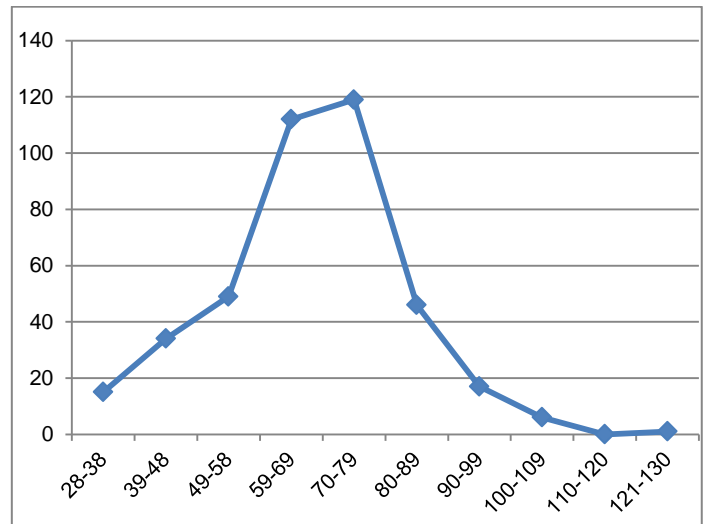


Tabla 24. Frecuencia Nitrógeno Total en la EDAR La China.

P <sub>t</sub>		
Intervalo de valores (mg/l)	Frecuencia (días)	Media intervalo
0-2	1	1
3-4	1	3
5-5	28	5
6-7	90	6
8-8	248	8
9-10	242	10
11-12	39	11
13-13	9	13
14-15	0	14
16-16	2	16
17-18	1	18
	661	

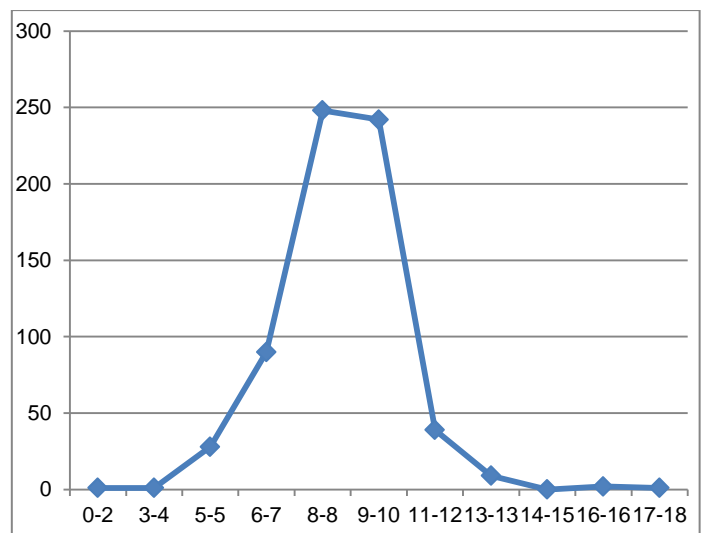


Tabla 25. Frecuencia Fósforo Total en la EDAR La China.





Se observa un elevado nivel de  $DBO_5$  de entrada que no está acompañado por los sólidos en suspensión y la DQO. Los niveles de  $N_t$  son altos pero en un grado menor.

## 11.- CONCLUSIÓN

En **La China**, se obtiene un **caudal nominal en tiempo seco de 1,34 m<sup>3</sup>/s, lo que es igual a 116.000 m<sup>3</sup>/d**, de los que 86.000 m<sup>3</sup>/d son para mantener el caudal del río y los 30.000 m<sup>3</sup>/d restantes corresponden a la producción de agua regenerada para el riego de parques y jardines de Madrid.

**El coeficiente de punta (1,39) es el obtenido con el criterio de vaciado del tanque de tormentas en 3 días.** Aun siendo un coeficiente reducido, se considera suficiente, ya que La EDAR La China funcionaría a caudal constante (o dentro de un intervalo de variación muy estrecho) con el objeto de suministrar agua de riego y mantenimiento de la EDAR Sur.

**El caudal máximo que debería poder ser tratado en pretratamiento y tratamiento primario es 1,87 m<sup>3</sup>/s**, ya que tiene restricciones de caudal a la entrada de la planta.

Los valores de los caudales descritos quedan resumidos en la Tabla 26 que se presenta a continuación:

	LA CHINA	
	Estimado en estudio de población	De diseño
Caudal tº seco (m3/s)	1,34	1,5
Caudal punta tº húmedo (m3/s)	1,87	2,0
Caudal máximo (m3/s)	1,87	2,0
Caudal tº seco (m3/d)	116.000	129.600
Caudal punta tº húmedo (m3/d)	161.133	172.800
Caudal máximo (m3/d)	161.133	172.800
Coeficiente de máximo, Cm	1,39	

Tabla 26. Caudales en tiempo seco, punta en tiempo húmedo y máximo estimados en el año horizonte y de diseño.



## ANEJO N°9. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

### ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	2
2.- DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS .....	3
2.1.- ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE PLANTAS .....	3
2.1.1.1.- Alternativa de tres plantas (P1).....	5
2.1.1.1.1.- EDAR La China .....	5
2.1.1.1.2.- EDAR Butarque .....	6
2.1.1.1.3.- EDAR Sur.....	8
2.1.1.1.4.- Alternativa de 3 plantas. Capacidades.....	9
2.1.1.2.- Alternativa de dos plantas (P2) .....	9
2.1.1.3.- Alternativa de una planta (P3).....	10
2.2.- ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DE LOS PROCESOS DE LAS LÍNEAS DE AGUA.....	10
2.2.1.- Consideraciones comunes.....	11
2.2.2.- EDAR La China .....	13
2.2.3.- EDAR Butarque .....	13
2.2.4.- EDAR Sur.....	13
2.3.- ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DE LA LÍNEA DE FANGOS .....	14
2.3.1.- Sobre los fangos producidos en China .....	15
2.3.2.- Sobre los fangos producidos en Butarque .....	16
2.3.3.- Sobre los fangos producidos en Sur. ....	16
2.4.- RESUMEN DE ALTERNATIVAS SOBRE LAS EDAR .....	17
3.- JUSTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	18



## **1.- INTRODUCCIÓN**

En este anejo se describe la alternativa deducida del Estudio de Impacto Ambiental que resuelve tanto la problemática de las EDAR objeto de estudio en todo momento como del sistema formado por estas EDAR y el conjunto de colectores y tanques de tormenta en tiempo de lluvia. Dando de esta forma cumplimiento a los objetivos del estudio fijados anteriormente.

Se trata de un estudio de todo el sistema formado por las EDAR de La China, Butarque y Sur por lo que los aspectos aquí desarrollados son comunes a las 3 plantas.

## 2.- DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para una mejor comprensión de esta alternativa se han estructurado en tres bloques, en función de las variables sobre las que se actúa.

- Número de plantas
- Tipología de los tratamientos de la línea de aguas.
- Diseño de las líneas de fangos

### 2.1.- ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE PLANTAS

El primer factor esencial para definir las alternativas posibles es el número de plantas de tratamiento existentes en cada una de ellas, en sustitución de las actuales EDAR de China, Butarque y Sur.

Una consideración previa es la de que, independientemente del número final de plantas que resulten del estudio, éstas se dispongan en las mismas parcelas actuales, es decir, no se incluyen alternativas de construcción de EDAR en nuevas parcelas, por los siguientes motivos:

- El sistema de colectores, partidores, tanques de tormenta y aliviaderos que transportan los vertidos a las tres plantas está completamente implantado y desarrollado en el tejido urbano de Madrid.

El cambio de las parcelas de las EDAR por otras implicaría la modificación de los colectores existentes por lo que “a priori” en términos de economía y plazo de ejecución es mucho más favorable mantener los puntos de entrada y de vertido al río actuales, siempre que se posible. No considerar los emplazamientos actuales representa un sobre coste muy elevado en nuevos colectores sin presentar ninguna ventaja operativa.

- En el tramo del río entre La China y Sur no hay parcelas de tamaño suficiente para albergar alguna de las EDAR que mejoren a las actuales en aspectos medioambientales y técnicos. Por este motivo se desechan las opciones que implican utilizar parcelas distintas a las actuales.
- Es mucho más sencillo evaluar el impacto ambiental de las soluciones elegidas, si se mantienen las parcelas actuales. Se trata, esencialmente, de sustituir unas EDAR antiguas por otras más eficientes en las mismas parcelas o contiguas por lo que las afecciones son mucho menores y el trámite de la evaluación ambiental mucho menos complejo.

Sin embargo, si se consideraran en las alternativas posibles ampliaciones de las parcelas actuales porque con los nuevos requerimientos a cumplir y la necesidad de mantener un tratamiento adecuado durante la fase de construcción puede resultar necesario ampliar las parcelas actuales.

Respecto al número de plantas en los que realizar la depuración de las aguas residuales en principio se podrían considerar todas las combinaciones de una a tres plantas pero, realmente, la disposición de las plantas actuales y los condicionantes técnicos, sociales y ambientales existentes indican que no todas las combinaciones tienen sentido, tanto por

imposibilidad física o por complicación excesiva de las conexiones necesarias para concentrar los vertidos en una u otra disposición con todo lo que esto representa de incremento de coste de inversión y plazos de construcción sin mejoras de la calidad del servicio.

Así pues, se plantean tres opciones:

- **P1.** Mantener las tres parcelas actuales: La China, Butarque y Sur,
- **P2.** Concentrar los vertidos en dos instalaciones eliminando La China como planta de depuración de aguas residuales: el sistema se compondría de dos EDAR: Butarque en la margen derecha y Sur en la margen izquierda.
- **P3.** Concentrar todos los vertidos en una única instalación (Sur). Esta solución implica que hay que implantar otro trasvase para poder transportar mayor caudal de aguas residuales de la margen derecha a la izquierda.

Cada una de estas alternativas tiene implicaciones en los tipos de tratamiento aplicables, tamaño de las parcelas necesarias y diseño del sistema de saneamiento (Tanques de tormenta y colectores).

De forma implícita, las tres alternativas planteadas ya implican una selección pues existen otras alternativas que se han descartado porque presentan condicionantes negativos que permiten no ser consideradas sin la necesidad de realizar estudios más detallados.

Se exponen y se analizan a continuación estas alternativas descartadas.

#### **a) Eliminar la EDAR Butarque y mantener las de La China y Sur**

No se considera ninguna alternativa que contenga esta disposición del número de plantas debido a que carece de sentido técnico eliminar la única planta de margen derecha del Manzanares que existe en Madrid puesto que complica la operación y aumenta claramente la inversión, sin ninguna mejora a cambio. En cambio, si el planteamiento fuese el de concentrar los vertidos en una única planta (opción esta que si se desarrolla) si tiene sentido pues aparecen a priori una serie de ventajas y desventajas que hay que estudiar detalladamente a través del análisis de alternativas.

Otra consideración es que las soluciones que incluyan la eliminación de alguna de las EDAR deberían empezar con la eliminación la planta de China debido a que es la situada más aguas arriba y, además, es la más problemática desde el punto de vista de las molestias a los residentes próximos.

Mantener China y Sur tiene los inconvenientes de mantener la EDAR La China (P1) y los de eliminar la EDAR Butarque (P3), mientras que sus ventajas son similares a la solución de mantener Butarque y Sur únicamente (P2).

#### **b) Eliminar la planta Sur y mantener China y Butarque**

No se considera en ningún caso la eliminación de la planta Sur debido a que esta planta situada al final del sistema de saneamiento de Madrid actúa como EDAR de cola, es decir, como el elemento de seguridad del sistema que asegura el río ante incidencias que se pudiesen presentar en las EDAR de aguas arriba. La eliminación de esta planta



eliminaría este concepto que es requisito indispensable para garantizar la seguridad del sistema.

Además, la cuenca Sur actualmente no tiene prácticamente vertidos propios pero el desarrollo urbanístico de la ciudad hará que en un futuro en su cuenca se construyan viviendas y desarrollos industriales que necesitaran enviar sus aguas residuales a una EDAR.

Así pues, la eliminación de la EDAR Sur implicaría o construir un bombeo para enviar a alguna otra EDAR las aguas residuales y pluviales que se produzcan en la cuenca SUR o tener que construir una EDAR más pequeña en la misma implantación para atender a su propia cuenca. Esto supondría un coste de inversión y operación del sistema absurdo a la vez que empeora la calidad y eficiencia del sistema global.

#### 2.1.1.1.- Alternativa de tres plantas (P1)

Consiste en **mantener tres nuevas plantas en sustitución de las existentes en las mismas parcelas**. Los caudales a tratar en cada una de ellas se obtienen a partir del estudio realizado de población y caudales, de los condicionantes debidos a la estructura del sistema y de los condicionantes ambientales.

Se establece que cada planta debe tratar la suma de los siguientes caudales:

- La totalidad del caudal procedente de su cuenca o en su caso, el caudal que se determine a priori por la aplicación de otros condicionantes en cuyo caso se deberán poder derivar hacia otras plantas situadas aguas abajo la diferencia entre estos caudales.
- Los caudales que se deriven de plantas situadas aguas arriba por las limitaciones que éstas tengan establecidas.
- Toda el agua almacenada en los tanques de tormenta llenos al 100% en un plazo adecuado de tiempo que permita el vaciado y tratamiento sin problemas sépticos. **Se considera un plazo máximo de 5 días (3 en el caso del tanque de La China) sin que se puedan producir interrupciones ni limitaciones de los caudales influentes de agua residual durante el periodo de vaciado.**
- Tratar de forma adecuada los caudales que se viertan desde los tanques de tormenta cuando la dilución del agua en el tanque supere la especificada (en estos momentos está establecida por la CHT en 17:1 respecto del caudal punta en tiempo seco).

Las características principales de la implantación en cada parcela son:

##### 2.1.1.1.1.-EDAR La China

Para la EDAR La China se especifican una serie de particularidades sobre el caudal a tratar y verter al río en ese punto:

1. No tratará todo el caudal procedente de la Cuenca China, la más grande y habitada de Madrid, sino que se limitará a un caudal suficiente para cumplir con estos objetivos:



- Mantener como mínimo el caudal actual del río Manzanares desde el punto de vertido de China.
- Mantener la producción de agua regenerada suficiente para alimentar el bombeo y depósito de regulación que alimenta a la red de agua regenerada de riego de parques y jardines que existe en la misma parcela.

La planta de agua regenerada se remodelará conjuntamente con la EDAR para optimizar el proceso de regeneración.

- Tratar el volumen total del tanque de tormentas de China (136.000 m<sup>3</sup>) en un plazo fijado de 3 días como máximo. Se fija un plazo más exigente que a los otros tanques por la proximidad al Barrio de S. Fermín y la Caja Mágica

Así pues, se mantiene la implantación actual pero con limitación de caudales a tratar que viene impuesta por las funciones a desempeñar. El resto del agua residual, como sucede ahora, se derivarán a través del colector Sur hasta la EDAR Sur.

#### 2.1.1.1.2.-EDAR Butarque

Esta EDAR es la única de la margen derecha del Manzanares. Además, presenta estas particularidades:

- Asociado al tanque de tormentas de Butarque (359.000 m<sup>3</sup>) se construyó una nueva instalación de pretratamiento y tratamiento primario diseñada para tratar el vaciado del tanque de tormentas Butarque y el 100% del agua residual que se transporta a través del colector margen derecha.

Es una instalación nueva y con capacidad suficiente que se tendrá que mantener en funcionamiento por su función de tratamiento de las aguas del vaciado del tanque de tormentas. Tiene un caudal nominal en el pretratamiento de 10,50 m<sup>3</sup>/s y de 7,50 m<sup>3</sup>/s en el tratamiento primario.

- El influente en Butarque tiene una particularidad que hay que tener en cuenta. El tanque de tormentas de Arroyofresno, asociado a la EDAR de Viveros, tiene una capacidad de 400.000 m<sup>3</sup> y por problemas de espacio está situado en la margen derecha enfrente de la EDAR Viveros que está situada en la izquierda





Ilustración 1: EDAR Viveros y TT Arroyofresno

Para su vaciado está conectado mediante bombes a la EDAR de Viveros, al colector de margen izquierda y al colector margen derecha

Por condicionantes que no forman parte del objeto de este estudio, la EDAR de Viveros tiene capacidad de depuración limitada a unos 75.000 m<sup>3</sup>/d. Este caudal es inferior al vertido diario medio estimado en unos 115.000 m<sup>3</sup>/d por lo que se produce una derivación caudales en continuo por el colector margen izquierda hacia la EDAR La China. Esta situación imposibilita que se puedan tratar los caudales recogidos en el TT de Arroyofresno en la EDAR de Viveros.

La opción más viable es la de vaciar el tanque de Arroyofresno a través del colector de margen derecha hasta el punto de tratamiento que resulta ser la EDAR Butarque.

Por lo tanto, Butarque se debe diseñar para poder tratar los vaciados de los tanques de Butarque (359.000 m<sup>3</sup>) y de Arroyofresno (400.000 m<sup>3</sup>) de forma simultánea.

- Existen dos trasvases entre los colectores de margen derecha e izquierda situados entre China y Butarque La capacidad de los mismos es de 1,5 y 1 m<sup>3</sup>/s. En la actualidad, se están utilizando para derivar agua residual desde la margen derecha a la izquierda. por falta de capacidad de la planta actual de Butarque. Se considera que su papel debe ser el de meros elementos de regulación para optimizar la operación futura o para solucionar incidencias.

Teniendo en cuenta los condicionantes, en el caso de tres plantas se considera que Butarque debe tener capacidad para tratar:

- El 100 % del agua residual de la cuenca Butarque
- El 100 % de las aguas residuales procedentes de los vaciados de los tanques de tormenta de Arroyofresno y Butarque. Para el cálculo se considera un tiempo máximo de vaciado de los dos simultáneamente de 5 días.

- No se considera la utilización de los trasvases más que para emergencias y averías o para mejorar la gestión conjunta del sistema cuando exista un sistema integral de gestión de la cuenca del Manzanares.

#### 2.1.1.1.3.-EDAR Sur

La EDAR Sur se encuentra al final del sistema y no puede derivar caudales aguas abajo.

- Como la EDAR Viveros y la EDAR La China tienen limitadas sus capacidades de tratamiento la EDAR Sur debe tratar las aguas residuales que estas no pueden tratar. Estas aguas alcanzan la planta a través de los colectores margen izquierda y del bypass Abroñigales los cuales se conectan al colector Sur que alimenta a la EDAR.
- También debe tratar el agua de su cuenca propia. En estos momentos, tras la segregación de la EDAR La Gavia y del Sistema de Saneamiento de Arroyo Culebro se ha reducido prácticamente a cero el vertido de su cuenca. Sin embargo, hay que tener en cuenta que están en diversas fases de planificación y desarrollo una serie de actuaciones urbanísticas (englobadas bajo el nombre de DESARROLLOS DEL SURESTE) que implican que en la cuenca SUR se construirán viviendas y polígonos industriales que necesitarán un punto de depuración de sus aguas residuales.

En principio, en la cuenca SUR está previsto uno de ellos denominado "Valdecarros" que podría representar hasta 132.000 habitantes nuevos. El número final de viviendas e industrias y los plazos de implantación no se conocen todavía pero de cara a la seguridad consideramos que se alcanzará el máximo técnico posible a lo largo de la vida útil de las plantas.

- El tanque de tormentas de Abroñigales de 206.000 m<sup>3</sup> se vacía contra la EDAR Sur. La descarga se produce por gravedad en un punto situado aguas arriba del punto de vertido de la EDAR Gavia.
- Tal y como se explica en la descripción del servicio de pluviales, para completar el sistema es necesario construir un nuevo tanque asociado a Sur para evitar vertidos anómalos en el río. La estimación del volumen necesario es de 400.000 m<sup>3</sup>. La EDAR Sur debe estar preparada para tratar las aguas procedentes de los vaciados de Abroñigales y del nuevo tanque de Sur.
- Otra circunstancia a considerar es que en estos momentos el Canal de Isabel II está implantando un sistema de retirada de gruesos integrado en el aliviadero general de la EDAR compuesto por unos canales con rejas y tamicos con capacidad de 18 m<sup>3</sup>/s que sumado a los 12 m<sup>3</sup>/s de capacidad del pretratamiento actual, suman 30 m<sup>3</sup>/s

Este caudal es el caudal máximo que puede transportar el colector Sur por lo que con esta actuación se adapta la EDAR a la normativa sobre vertidos. Pero, además de esta actuación, es necesario dotar a la EDAR de un pretratamiento y tratamiento primario que pueda tratar como mínimo la capacidad teórica actual de 12 m<sup>3</sup>/s de forma eficiente

#### 2.1.1.1.4.-Alternativa de 3 plantas. Capacidades

La capacidad de tratamiento total del sistema formado por China, Butarque y Sur resulta:

Implantación		Caudales	Adoptado	
CHINA	En tiempo seco. (QTS)	Limitado para mantener el caudal del río actual y el suministro de agua regenerada	<b>1,5 m³/s</b>	(129.600 m³/d)
	En tiempo lluvia. (QTLL)	El criterio de diseño es el de permitir vaciar el TT CHINA en un máximo de 3 días	<b>2,0 m³/s</b>	(172.800 m³/d)
	Máximo (QMAX)	El caudal máximo en pretratamiento coincide con el caudal punta	<b>2,0 m³/s</b>	(172.800 m³/d)
BUTARQUE	En tiempo seco. (QTS)	Caudal aguas residuales en tiempo seco	<b>2,0 m³/s</b>	(172.800 m³/d)
	En tiempo lluvia. (QTLL)	Caudal en tiempo de lluvia. Vaciado de TT BUTARQUE y TT ARROYOFRESNO en 5 días	<b>3,5 m³/s</b>	(302.400 m³/d)
	Máximo (QMAX)	Se mantienen los caudales del Nuevo Pretrat. Pretratamiento Tratamiento 1º (Dec. lamelar + F/Q)	<b>10,5 m³/s</b> <b>7,5 m³/s</b>	(907.200 m³/d) (648.000 m³/d)
SUR	En tiempo seco. (QTS)	Caudal aguas residuales en tiempo seco	<b>3,0 m³/s</b>	(259.200 m³/d)
	En tiempo lluvia. (QTLL)	Caudal en tiempo de lluvia. Vaciado de TT ABRONIGALES y NUEVO TT SUR en 5 días	<b>5,0 m³/s</b>	(432.000 m³/d)
	Máximo (QMAX)	Se mantendrá el nuevo pretratamiento Pretratamiento. Pretratamiento + Trat. 1º (Dec. lamelar + F/Q):	<b>30,0 m³/s</b> <b>12,0 m³/s</b>	(2.592.000 m³/d) (1.036.800 m³/d)

Tabla 1. Capacidad de tratamiento de las EDAR en la alternativa de 3 plantas

#### 2.1.1.2.- Alternativa de dos plantas (P2)

En esta alternativa se suprime la EDAR La China y se concentran los vertidos actuales de tres plantas a dos. Se mantiene una gran planta por cada margen.

La EDAR Butarque se mantiene con las mismas características que las fijadas para el caso de tres plantas

La EDAR Sur recibe el influente que trataba la EDAR La China en la alternativa de tres plantas.

Los caudales de este grupo de alternativas son:

Implantación		Caudales		
CHINA	En tiempo seco. Q <sub>TS</sub>	<b>SE ELIMINA LA PLANTA DE LA CHINA</b>		
	En tiempo lluvia. Q <sub>TLL</sub>			
BUTARQUE	En tiempo seco. Q <sub>TS</sub>	Caudal aguas residuales en tiempo seco	<b>2,0 m³/s</b>	(172.800 m³/d)
	En tiempo lluvia. Q <sub>TLL</sub>	Caudal en tiempo de lluvia. Vaciado de TT BUTARQUE y TT ARROYOFRESNO en 5 días	<b>3,5 m³/s</b>	(302.400 m³/d)
SUR	En tiempo seco. Q <sub>TS</sub>	Caudal aguas residuales en tiempo seco	<b>4,5 m³/s</b>	(388.800 m³/d)
	En tiempo lluvia. Q <sub>TLL</sub>	Caudal en tiempo de lluvia. Vaciado de TT CHINA, TT ABRONIGALES y NUEVO TT SUR en 5 días	<b>7,0 m³/s</b>	(604.800 m³/d)

Tabla 2. Caudales medios de diseño por EDAR en la alternativa de 2 plantas.

Respecto a los caudales de pretratamiento y tratamiento primario se mantienen los caudales fijados en la opción de 3 plantas.

### 2.1.1.3.- Alternativa de una planta (P3)

Finalmente, existe la opción de concentrar todos los vertidos en una única planta. El punto adecuado sería donde está actualmente la EDAR Sur.

Esta alternativa lleva asociada la ampliación del trasvase entre el colector de margen derecha y el colector Sur para permitir el trasvase del 100 % del agua circulante por el colector margen derecha a la otra margen.

Implantación		Caudales		
CHINA	En tiempo seco.	Q <sub>TS</sub>	<b>SE ELIMINA LA PLANTA DE CHINA</b>	
	En tiempo lluvia.	Q <sub>TLL</sub>		
BUTARQUE	En tiempo seco.	Q <sub>TS</sub>	<b>SE ELIMINA LA PLANTA DE BUTARQUE</b>	
	En tiempo lluvia.	Q <sub>TLL</sub>		
SUR	En tiempo seco.	Q <sub>TS</sub>	Caudal aguas residuales en tiempo seco	<b>6,50 m³/s</b> (561.600 m³/d)
	En tiempo lluvia.	Q <sub>TLL</sub>	Caudal en tiempo de lluvia. Vaciado de los TT de CHINA, BUTARQUE, ARROYOFRESNO, ABRONIGALES y NUEVO TT SUR en 5 días	<b>10,50 m³/s</b> (907.200 m³/d)

Tabla 3. Caudales medios de diseño por EDAR en la alternativa de 1 planta.

Esta solución también implica reconsiderar el funcionamiento del nuevo pretratamiento de Butarque. A priori, se podría mantener el pretratamiento para dar servicio al tanque e tormentas de Butarque aunque este tratamiento debería contar con un proceso biológico y generaría unos fangos por lo que se mantiene como tratamiento únicamente en casos de necesidad.

## 2.2.- ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DE LOS PROCESOS DE LAS LÍNEAS DE AGUA

El tipo de proceso de depuración es el principal factor que condiciona la superficie y afección de una planta depuradora. Como criterio de selección previo se considera que todas las plantas deben tener procesos de tratamiento que sean sólidos y suficientemente probados en plantas de gran tamaño equivalentes a las EDAR actuales de Sur, Butarque y China (tres de las plantas más grandes de España).

Además de lo señalado se tienen en cuenta estas premisas básicas:

- Se tienen que garantizar la eliminación de nutrientes (nitrógeno y fósforo) a los parámetros de las autorizaciones de vertido que serán exigidos a medio y largo plazo.

- Deben ser sistemas sólidos que puedan adaptarse a los cambios de caudales horarios del influente y pasar del estado en tiempo seco a tiempo de lluvias sin perder rendimiento de depuración.
- Tanto el proceso de forma global como cada equipo individualmente debe tener la máxima eficiencia energética posible
- Deben ser sistemas con costes de inversión y operación dentro de unos límites puesto que la escala de los caudales a tratar puede dar lugar a soluciones inviables.

Para el estudio de alternativas no se considera estudiar procesos concretos sino agrupados en dos familias que denominamos a efectos de clasificación como:

- Tratamientos abiertos o sea, cuyos reactores biológicos se encuentran al aire libre
- Tratamientos cerrados, cuyos reactores se encuentran en espacios cerrados

### 2.2.1.- Consideraciones comunes

En el sistema existen una serie de consideraciones comunes que afectan y por lo tanto se tendrán en cuenta.

#### **Nitrógeno**

El elevado nivel de nitrógeno que presentan las aguas residuales de Madrid es uno de los factores (sino el más importante) a tener en cuenta. Los valores adoptados para el cálculo en los influentes son de 75 mg/l de nitrógeno total cuando hasta hace poco tiempo se consideraba como parámetro habitual en los dimensionamientos que las aguas residuales urbanas tenían un contenido de 50 mg/l de nitrógeno total.

Esta característica afecta al dimensionamiento de las plantas y obligará a incluir en las plantas diversas estrategias para conseguir en todo momento los parámetros de vertido exigidos.

La eliminación de nitrógeno por vía biológica, dentro de los tiempos de edad de fango que se consideran normalmente, exige unos ratios entre la materia carbonosa y la nitrogenada dentro de unos márgenes bastante rígidos. Las aguas residuales de Madrid muy al límite (incluso fuera) de estos intervalos. Para conseguir la tasa de eliminación hay varias estrategias que se integran en los diseños de acuerdo a las características de cada proceso:

- Tratamiento de los retornos de la línea de fangos mediante una planta ANAMMOX para eliminación de nitrógeno
- Permitir enviar el influente directamente a los reactores biológicos saltando el tratamiento primario para mejorar la aportación de materia carbonosa en el reactor
- Adicionar al proceso un material fácilmente biodegradable (típicamente el metanol, aunque hay alternativas como la glicerina) para conseguir la suficiente carga que permita la desnitrificación.

Estas estrategias para la eliminación de nitrógeno no son objeto de alternativas y no son incompatibles entre sí. Lo normal es implantar hasta las tres en la misma planta por lo



que se consideran como parte del equipamiento anexo al proceso de tratamiento básico que se seleccione.

### **Fósforo**

Respecto al fósforo, si la tipología de proceso lo permite, se implantarán procesos de eliminación biológica de fósforo y de recuperación de fósforo de los retornos mediante la producción de estruvita.

Sin embargo, se mantendrá en todos los casos la capacidad de eliminación por vía química adicionando cloruro férrico o sulfato de alúmina como tratamiento complementario o alternativo al biológico. De esta forma se asegura la eliminación de fosforo optimizando el consumo de reactivos para lograrlo

### **Tratamiento primario**

En el tratamiento primario existirá una decantación lamelar con recirculación de fangos y adición de reactivos. Esta configuración presenta múltiples ventajas:

Espacio reducido.

Facilidad de implantación en espacios cerrados.

Posibilidad de funcionar como un proceso físico-químico en momentos concretos.

Con esta configuración se podrá adaptar en cada momento a las características del influente tanto en tiempo seco como de lluvias asegurando que los vertidos en tiempo de lluvia de caudales que superen la capacidad de tratamiento del tratamiento secundario reciban como mínimo un pretratamiento y un tratamiento primario adicional la mayor parte de los episodios de lluvias.

Se dispondrá de un bypass por decantador para aumentar la capacidad de reconfiguración de la planta en función de los influentes

### **Tratamiento terciario**

En todas las plantas se ha incluido un tratamiento terciario para aumentar la calidad del efluente.

En la actualidad en la parcela de la EDAR la China hay una planta de regeneración de agua que trata una parte del agua depurada para obtener agua regenerada con el nivel de calidad exigible para el riego de parques y jardines. Se mantendrá la producción de agua regenerada como línea independiente dentro de la EDAR.

El suministro de agua regenerada para riego se mantendrá. La inclusión de un tratamiento terciario en las EDAR tiene un objetivo y común: las plantas actuales permiten tratar el agua residual a los niveles especificados con las normativas actuales pero la mayor preocupación por la calidad de las aguas y del estado ecológico de los ríos provocara que la normativa evolucione para tener en cuenta parámetros de vertido que ahora no están controlados. **Este es el caso de los contaminantes emergentes.** Para su eliminación es necesario incluir estos tratamientos terciarios.

Para la realización del estudio se define una línea de proceso avanzada que ya se ha implantado en otras plantas de Madrid. Pero se considera que probablemente de cara al



proyecto y ejecución resultaría conveniente implantar la infra estructura necesaria pero no definir el proceso hasta que no se materialicen las normativas a cumplir.

### 2.2.2.- EDAR La China

De acuerdo los condicionantes señalados, la línea de proceso estará compuesta por:

- Pretratamiento: Pozo de gruesos, rejas, tamices, desarenador/desengrasador
- Tratamiento 1º: decantadores lamelares con recirculación de fangos y adición de reactivos (coagulantes, microarena, dependiendo de la tecnología que se elija a nivel proyecto)
- Tratamiento 2º (biológico)
  - **Tratamientos Cerrados**
- Tratamiento 3º Se estima que sea a nivel de agua regenerada de riego (categoría A.2 de la norma): Filtración compacta y línea de desinfección avanzada (UV/O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

### 2.2.3.- EDAR Butarque

De acuerdo los condicionantes señalados, la línea de proceso estará compuesta por:

- Pretratamiento y Tratamiento 1º: Se utilizará el PRETRATAMIENTO y PRIMARIO EXISTENTE. Se realizarán las adaptaciones pertinentes para su perfecta integración con el resto de la planta
- Tratamiento. 2º (biológico):
  - **Tratamientos Cerrados**
- Tratamiento 3º Se estima que sea a nivel de agua regenerada de riego (categoría A.2 de la norma): Filtración compacta y línea de desinfección avanzada (UV/O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

### 2.2.4.- EDAR Sur

De acuerdo los condicionantes señalados, la línea de proceso estará compuesta por:

- Aliviadero de entrada con retirada de gruesos para un caudal de 30 m<sup>3</sup>/s (Existente)
- Pretratamiento: Pozo de gruesos, rejas, tamices, desarenador/desengrasador.  
Estará dimensionado para tratar los caudales en tiempo de lluvia, los vaciados del tanque de tormenta de Abroñigales y del futuro Nuevo Tanque Sur. Para mantener la capacidad nominal actual y poder recibir los caudales de salida del AGMI se considera un caudal influente de 12 m<sup>3</sup>/s
- Tratamiento 1º: decantadores lamelares con recirculación de fangos y adición de reactivos (coagulantes, microarena, dependiendo de la tecnología que se elija a nivel proyecto. Se considera el mismo caudal que el pretratamiento: 12 m<sup>3</sup>/s
- Tratamiento 2º (biológico): Se consideran una sola opción:

○ **Tratamientos Abiertos**

- Tratamiento 3º Se estima que sea a nivel de agua regenerada de riego (categoría A.2 de la norma): Filtración compacta y línea de desinfección avanzada (UV/O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)
- Redimensionar la minicentral existente a los nuevos caudales.

### **2.3.- ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DE LA LÍNEA DE FANGOS**

En las líneas de agua de las EDAR se elimina la carga contaminante de las aguas residuales para permitir su vertido al medio en las condiciones especificadas por las autorizaciones de vertido. Como residuo se obtienen los fangos que es preciso tratar para poder proceder a su gestión como residuo. Los procesos de la línea de fangos consisten fundamentalmente en la concentración y estabilización de los mismos.

En este proceso de tratamiento se obtiene además biogás (mezcla de metano, CO<sub>2</sub> y vapor de agua) que se utiliza como combustible para generar energía eléctrica o se puede depurar para su inyección en las redes de distribución de gas.

En general, las líneas de fangos de las plantas que se diseñen tendrán características comunes:

- Espesado de fangos primarios mecánicos
- Espesado de fangos secundarios por flotación
- Digestión anaerobia de fangos. En esta fase se produce biogás. Existen equipamientos para maximizar su producción para mejorar la eficiencia energética la EDAR que se tendrán en cuenta en los dimensionamientos.
- Deshidratación de fangos.
- En este caso el almacenamiento y transporte de los fangos deshidratados a la planta de secado térmicos de lodos situada en al EDAR Sur que pertenece al ayuntamiento de Madrid.

El biogás a su vez se trata para su valorización energética.

- Almacenamiento de biogás en gasómetros
- Motogeneración alimentada por el biogás.
- Se estudiará la implantación de una línea de limpieza de gases para transformar el biogás en biometano para su utilización como combustible para vehículos u otra aplicación alternativa

Las plantas se dimensionarán para obtener la máxima cantidad de fangos posible y la obtención del máximo de biogás para obtener energía.

Como las plantas están cerca unas de otras, se plantea la posibilidad de transportar los fangos desde una de ellas a otra. Esta actuación tiene como aspectos positivos:

- Liberar espacio en las plantas.





- Disminuir los problemas de olores en las plantas donde se eliminen la línea de fangos.
- Reducción de costes de la motogeneración al aumentar el tamaño de los equipos motogeneradores.
- Reducir el transporte por carretera de fangos deshidratados.

Esta concentración tiene aspectos que hay que diseñar cuidadosamente para evitar problemas de tratamiento:

- El transporte de los fangos se realizará mediante impulsiones separando los fangos en exceso y fangos primarios pues tienen características diferentes y para optimizar los procesos deben tratarse por separado. De esta forma, se puede eliminar totalmente la línea de fangos en las plantas desde donde se transporten los fangos con la correspondiente reducción de espacio necesario y facilitar la eliminación de las afecciones al entorno

El fluido a transportar (fangos en exceso y primarios) tiene características hidráulicas similares al agua residual por lo que no representa, a priori, complicaciones técnicas, sí que se requiere un estudio muy detallado del bombeo que facilite el mantenimiento y las reparaciones sin provocar paradas de la línea de aguas.

Se dispondrán de conducciones duplicadas para evitar paradas de planta por incidencias en la impulsión. Se implantarán sistemas de limpieza y mantenimiento específicos de forma que no se interrumpa el funcionamiento de las impulsiones.

- Un factor importante a introducir en los cálculos es que el transporte de fangos de una planta a otra modifica la línea de aguas ambas al eliminar los retornos en la planta donde se impulsen los fangos y aumenta los retornos en la planta que los recibe.

Los retornos de la línea de fangos tienen fuertes cargas de nitrógeno y fósforo a eliminar y bajas concentraciones de materia orgánica, por ello, se debe tener en cuenta esta retroalimentación reforzada para dimensionar las líneas de agua.

- Hay que considerar que la eliminación de la línea de fangos impide recuperar energía en dichas plantas y aumenta la producción en la EDAR Sur. La solución que se propone al respecto es la de establecer un sistema de gestión de la energía que consistiría en la venta a la red de los excedentes energéticos en Sur y la compra en las que carezcan de líneas de fangos.

Aunque este proceso puede resultar dificultoso con la legislación actual hay que tener en cuenta que a largo plazo se una estabilidad normativa para llevarla a cabo.

- Las plantas conectadas deben compartir su sistema de control y funcionamiento de forma que la operación de las líneas de aguas tenga en cuenta la operación de la línea de fangos independientemente de su situación física.

### 2.3.1.- Sobre los fangos producidos en China

Se considera la implantación de una Conducción de fangos a la EDAR Sur.



Consiste en la instalación de una impulsión de los fangos producidos hasta la EDAR Sur. La línea de fangos de Sur se dimensionará para tratar los fangos propios y los provenientes de China.

No se considera la instalación de una línea de fangos para reducir el tamaño de la EDAR y facilitar la eliminación de olores

### 2.3.2.- Sobre los fangos producidos en Butarque

Esta opción tiene sentido si se mantiene el emplazamiento de la EDAR Butarque (P1 y P2). En este caso se contemplan dos alternativas:

- **Implantar una línea de fangos en la EDAR Butarque.**

Esta alternativa implica implantar una instalación completa de tratamiento de fangos.

- **Conducción de fangos a la EDAR Sur.**

Consiste en instalar una impulsión de fangos hasta la EDAR Sur. La línea de fangos de Sur se dimensionará para tratar los fangos propios y los provenientes de Butarque.

Los condicionantes de la impulsión son los mismos que los especificados en la impulsión de China a Butarque.

Independientemente de la opción que sea la finalmente adoptada, en el caso de que se mantenga la EDAR de la China, el bombeo de fangos desde esta planta a la EDAR Sur pasará necesariamente por la EDAR de Butarque donde se realizará una estación intermedia entre los dos tramos del bombeo China-Butarque y Butarque-Sur. Tanto la estación intermedia como el segundo tramo del bombeo se dimensionarán en cualquier caso con capacidad para el bombeo de los fangos de China y de Butarque. De esta forma, aunque se planifique una línea de fangos propia en Butarque, se deja abierta la posibilidad (con un coste añadido asumible) de que en un futuro esta planta también envíe los fangos sin tratar a Sur, además de ofrecer también este bombeo en condiciones especiales como averías, mantenimientos o durante la fase de obras.

### 2.3.3.- Sobre los fangos producidos en Sur.

En este caso tan solo se contempla implantar una línea de fangos completa en la EDAR Sur.

Existen 5 variantes en función de las alternativas seleccionadas referidas al número de plantas y el punto de tratamiento de fangos en China y Butarque:

1. Se mantienen las 3 plantas y Sur trata los fangos propios y los generados en China.
2. Se mantienen las 3 plantas y Sur trata los fangos propios y los generados en China y en Butarque.
3. Se elimina China y Sur trata los fangos propios (incluyendo los fangos de los caudales que antes se trataban en La China).
4. Se elimina China y Sur trata los fangos propios (incluyendo los fangos de los caudales que antes se trataban en La China) y los generados en Butarque.



- Se eliminan La China y Butaque y Sur trata los fangos propios (incluyendo los fangos de los caudales que antes se trataban en La China y en Butarque).

## 2.4.- RESUMEN DE ALTERNATIVAS SOBRE LAS EDAR

Las alternativas seleccionadas están agrupadas por los aspectos fundamentales que definen todo el abanico de soluciones al problema planteado.

### Alternativas según el número de EDAR:

Se considera que hay que estudiar:

- La renovación de las tres plantas,
- La eliminación la EDAR de La China y concentrar todo la depuración en las otras dos.
- Conservar solo la EDAR Sur y concentrar en ella las aguas residuales a depurar

### Alternativas según la tecnología de depuración:

Existen varios tipos de procesos de depuración que pueden ser adecuados en este caso. Para su estudio están clasificados como:

- Tratamientos abiertos con reactores al aire libre.
- Tratamientos cerrados con toda la planta en espacios confinados.

### Alternativas según el emplazamiento de la línea de fangos:

De acuerdo a los puntos de implantación de las líneas de fangos tenemos:

- 1 línea de fangos en Butarque y otra en Sur (que trata los fangos de Sur y La China)
- 1 línea de fangos en Sur (que trata los fangos de La China, Butarque y Sur)

### Listado de alternativas de depuración

En la tabla siguiente figuran las alternativas que surgen de combinar los criterios enunciados.

ALTERNATIVAS		EDAR		
		LA CHINA	BUTARQUE	SUR
NÚMERO DE PLANTAS	3	SE RENUEVA	SE RENUEVA	SE RENUEVA
	2	SE ELIMINA	SE RENUEVA	SE RENUEVA
	1	SE ELIMINA	SE ELIMINA	SE RENUEVA
TECNOLOGÍAS DE DEPURACIÓN		SISTEMAS ABIERTOS	SISTEMAS ABIERTOS	SISTEMAS ABIERTOS
		SISTEMAS CERRADOS	SISTEMAS CERRADOS	
DISPOSICIÓN DE LAS LÍNEAS DE FANGOS (LF)		SIN LF. SE BOMBEAN A SUR	CON LF	CON LF
			SIN LF. SE BOMBEAN A SUR	

Tabla 4. Tabla de alternativas en función del número de plantas, de la tipología y del tratamiento de la línea de fangos



### **3.- JUSTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA**

En el Estudio de Impacto Ambiental que acompaña a este documento se realiza una valoración conjunta de todas las alternativas para diferentes EDAR aquí planteadas.

Esta valoración es triple;

- En primer lugar se realiza una valoración previa de las 13 alternativas propuestas (combinando las alternativas en los tres bloques indicados para cada una de las 3 plantas), de esta valoración, obtenida mediante diferentes criterios (técnicos, ambientales, sociales y económicos) se obtienen 4 alternativas como mejor valoradas, de las cuales, la que obtiene una mayor puntuación es la Alternativa 4, que consiste en renovar las 3 plantas en su ubicación actual, con tratamientos cerrados en China y el Butarque y concentrado todas las líneas de fangos en la EDAR Sur.
- De estas 4 alternativas se realiza una valoración de los efectos ambientales con detalle, obteniéndose de nuevo que la alternativa mejor valorada en este caso (la que menor impacto sobre el medio tiene) es la Alternativa 4.
- Finalmente, se vuelve a realizar una valoración de estas 4 alternativas incluyendo los resultados de la valoración ambiental en detalle junto con los criterios técnicos, sociales y económicos de la primera valoración. De nuevo en este caso se obtiene que la alternativa mejor valorada es la Alternativa 4.

**Por ello queda justificada que la alternativa finalmente seleccionada y desarrollada en los diferentes proyectos informativos es aquella en la que se realiza una renovación completa de las plantas de China, Butarque y Sur, manteniendo sus ubicaciones actuales (en el caso de Sur es necesario ampliar levemente su ocupación), mediante tratamientos cerrados en las EDAR de La China y Butarque y abiertos en Sur, y concentrando las líneas de fangos de La China y Butarque en la EDAR Sur.**



## ANEJO Nº10. DIMENSIONAMIENTO DEL PROCESOS DE DEPURACIÓN

### ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	2
1.1.- OBJETO.....	2
1.2.- PROBLEMÁTICA.....	2
1.3.- SOLUCIÓN PLANTEADA. ....	2
2.- JUSTIFICACIÓN DE LOS PARAMETROS DE VERTIDO DE LA PLANTA.....	3
3.- DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	4
3.1.- LÍNEA DE AGUA.....	4
3.1.1.- Pretratamiento .....	4
3.1.2.- Decantación lamelar. ....	6
3.1.3.- Biofiltro .....	6
3.1.4.- Descripción de la Biofiltración.....	7
3.1.5.- Tratamiento terciario .....	10
3.2.- LÍNEA DE FANGOS.....	11
3.3.- DESODORIZACIÓN.....	13
3.4.- DEPÓSITO DE AGUA REGENERADA.....	13
3.5.- DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	14
3.5.1.- Potencia .....	14
3.5.2.- Acometida eléctrica .....	17
3.6.- INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN.....	17
4.- BASES DE CÁLCULO.....	19
5.- PRETRATAMIENTO.....	21
6.- TRATAMIENTO PRIMARIO .....	25
7.- TRATAMIENTO BIOLÓGICO .....	30
8.- TRATAMIENTO TERCIARIO.....	37
9.- IMPULSIÓN DE FANGOS.....	42



## **1.- INTRODUCCIÓN**

### **1.1.- OBJETO**

En los anejos anteriores se ha realizado el diagnóstico general del sistema de saneamiento objeto de estudio. Se han calculado las cargas contaminantes y caudales que hay que tratar y se han definido los parámetros de vertido que sirven de base al dimensionamiento de una planta depuradora.

### **1.2.- PROBLEMÁTICA**

Se describe detalladamente en los anteriores. Del estudio de alternativas realizado se ha determinado que en la parcela en la que actualmente está situada la EDAR se debe situar una nueva planta que cumpla las siguientes características:

- Se tratará de un proceso de depuración que esté totalmente contenido dentro de edificios aislados perfectamente para evitar la propagación de olores y ruidos.
- Su implantación debe tener en cuenta que no se puede detener la depuración de las aguas residuales influentes durante el proceso de construcción.
- Los residuos extraídos en el pretratamiento se recogen en contenedores situados dentro de los edificios no exponiendo su contenido al aire libre en ningún momento
- Los fangos líquidos extraídos de las aguas residuales durante el proceso de depuración se trasladan para su tratamiento mediante una impulsión para su tratamiento en la nueva instalación que se plantea en la parcela de la EDAR SUR. De esa forma se elimina de la parcela la línea de fangos y la posibilidad de la producción de olores y se reduce al mínimo la superficie necesaria.
- En La China existe una planta de regeneración de agua que partiendo del agua depurada en la EDAR obtiene agua regenerada válida para el riego de zonas verdes públicas y su utilización como agua de limpieza de saneamiento y baldeo. Esta característica se debe mantener por lo que el nivel de los parámetros a cumplir por el agua de salida debe ser el de agua regenerada

### **1.3.- SOLUCIÓN PLANTEADA.**

En estos momentos existen varias tecnologías ampliamente desarrolladas que permiten que la nueva EDAR cumpla las especificaciones que se han planteado. Para la realización de este proyecto informativo se considera la denominada BIOFILTRACIÓN complementada con un TRATAMIENTO TERCIARIO que permita alcanzar los parámetros de vertido especificados

## 2.- JUSTIFICACIÓN DE LOS PARAMETROS DE VERTIDO DE LA PLANTA

Los parámetros de vertido con los que se van a diseñar la planta y la justificación de los mismos se encuentran recogidos en el Estudio de Impacto Ambiental en el Apéndice del Modelo de calidad.

En dicho documento se concluye con lo siguiente:

- Desde el punto de vista del estado del cauce el principal problema de la situación actual en tiempo seco es el Nitrógeno (en forma de amonio).
- Dimensionando las EDAR únicamente para cumplir con las autorizaciones de vertido (incluyendo tratamientos terciarios) no se alcanzará el Buen Estado Ecológico del cauce aguas abajo de Madrid.
- Estos tratamientos terciarios son necesarios para cumplir al menos con los Objetivos Menos Rigurosos.
- Dimensionado las plantas para alcanzar este Buen Estado se producirá una reducción del 98 % del Amonio y del 77 % del Nitrógeno total del cauce. En el caso del Fósforo esta reducción es del 50 %.
- Los valores límite de vertido de las plantas para alcanzar el buen estado ecológico de la masa de agua receptora, y por lo tanto, los valores límite que deben establecerse para el dimensionamiento de las nuevas estaciones depuradoras son los siguientes:

VALORES DE VERTIDO (mg/L)	
SS	4
DBO <sub>5</sub>	4
DQO	25
NH <sub>4</sub>	0,58
N-NH <sub>4</sub>	0,45
NO <sub>3</sub>	27,9
N-NO <sub>3</sub>	6,30
N <sub>t</sub>	7,95
P <sub>t</sub>	0,24
PO <sub>4</sub>	0,25
P-PO <sub>4</sub>	0,08

Estás agua cumplen los parámetros físico-químicos del agua regenerada y además se deben cumplir los límites bacteriológicos fijados en la normativa para el tipo de uso fijado en Madrid.(CALIDAD TIPO 1.2 del RD1260/2007)

Turbidez:	NTU	< 2
E Coli:	NMP/100ml	< 2,2
Nematodos intestinales:	huevo/100ml	< 1
Reducción contaminación orgánica persistente media >95%		



### 3.- DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

A continuación se describe el proceso de la nueva EDAR a situar en La China. Se señala que el dimensionamiento se hace de forma que pueda tratar los caudales en tiempo seco y que adicionalmente trate los caudales almacenados en el tanque de tormentas de La China después de un episodio de lluvias con el mismo grado de calidad sin dejar de tratar el caudal diario que llega por el colector de China.

A esto efectos hemos denominado a estos caudales:

<b>NORMAL</b> , equivalente al caudal medio en tiempo seco:	<b>1,50 m<sup>3</sup>/s</b>
<b>VACIADO</b> : Permite tratar de forma completa las aguas retenidas en el tanque en un plazo máximo de 3 días sin dejar de atender la curva diaria de influente en la EDAR.	<b>2,00 m<sup>3</sup>/s</b>

La EDAR debe poder trabajar a tiempo completo con el caudal VACIADO que resulta superior al caudal punta utilizado en los cálculos habituales de plantas depuradoras.

Para no resultar reiterativos se indica que todas las láminas de agua de todos los elementos se encontraran cubiertas con superficies de PRFV o similar que a su vez se encuentran dentro de edificios cerrados. Este esquema permite optimizar la desodorización al actuar de forma diferenciada en los espacios confinados y en los generales del edificio.

#### 3.1.- LÍNEA DE AGUA

A continuación se describe el proceso de tratamiento del agua.

##### 3.1.1.- Pretratamiento

**CANAL DE DESVIO.** Conduce el agua desde la entrada del colector de China en la parcela hasta el edificio de pretratamiento. De hormigón armado, de 2,5 m de ancho y 3,15 de calado, cubierto y desodorizado.

**BYPASS GENERAL.** Se mantiene el bypass general de la planta actual situado unos metros después del punto de conexión de la entrada en planta con el canal de desvío. Se revisará y se repararán los desperfectos en la obra civil compuertas de cierre. Este bypass se conecta al colector Sur por lo que el agua que se alivie sería tratada en la EDAR SUR

El tramo del canal de entrada que se mantiene estará cubierto y desodorizado

##### 3.1.1.1.- EDIFICIO DE PRETRATAMIENTO

Este edificio contiene los pozos de gruesos, canales de desbaste, desarenadores-desengrasadores, recogida y compactación de residuos, arena y grasa, elevación a primarios, contenedores y espacios para instalar los equipos auxiliares y salas de cuadros eléctricos correspondientes.

Estará totalmente desodorizado. Forma un conjunto con el edificio de primarios que se describe en el próximo apartado





**POZOS DE GRUESOS:** Se tratan de dos pozos de gruesos de 6 x 5,50 m y 3,60 m de altura recta total del agua. Cada uno de ellos dispone de compuertas en entrada y salida de forma que se puede aislar para mantenimiento y limpieza. Dotados de retirada de residuos mediante cuchara bivalva que se recogen en contenedores

**CANALES DE DESBASTE:** Parten de las salidas de los pozos de gruesos. En ellos se implantan las rejas de gruesos y los tamices que se pasan a describir:

Se trata de cuatro canales de 1,10 m de ancho y 15,9 m de largo. Cada uno de ellos dispone de:

- 1 reja automática de 30 mm, ancho de 71 cm, superficie útil de 0,89 m<sup>2</sup> y descarga en tornillo transportador
- 1 tamiz de escalera de 3 mm. ancho útil de 50 cm, superficie útil de 0,50 m<sup>2</sup> y descarga en tornillo transportador
- 2 Tornillos transportadores cerrados (uno por rejillas y otro por tamices)
- 2 prensas de residuos (una para las rejillas y otra para los tamices)

Cada canal y cada equipo se pueden aislar mediante compuertas automáticas. Los residuos se extraen mediante tornillos de transporte perpendiculares a los canales que llevan los residuos a sendas prensas de residuos desde donde se depositan en contenedores cerrados.

**DESARENADO-DESENGRASADO:** Cuatro equipos de desarenado/desengrasado de 22,0 m de ancho y 5,20 m de calado útil. Se conectan mediante compuertas al canal de reparto situado entre los canales de desbaste y los desarenadores. Las dimensiones unitarias son:

Largo:	m	22,00
ancho total:	m	5,00
altura líquida total:	m	5,20
Superficie unitaria:	m <sup>2</sup>	110,00
Superficie de circulación unitaria:	m <sup>2</sup>	17,22
Volumen unitario:	m <sup>3</sup>	378,84

La aireación para desemulsión de grasas y concentración de arenas se efectúa por sendas parrillas de difusores alimentados por 4+1 soplantes de 550 Nm<sup>3</sup>/h

Se aíslan mediante compuertas motorizadas. Las arenas se extraen mediante una bomba de extracción de arena situada en sendos puentes móviles. Las grasas se extraen en cuatro canales de recogida.

Ambos residuos se concentran en sendos equipos y se depositan en contenedores cerrados.

**ELEVACIÓN A DECANTACIÓN LAMELAR:** El agua que ha pasado por los desarenadores se concentra en un canal de concentración y mediante un bombeo formado por (4+1) bombas centrifugas sumergidas de 700 l/s se eleva al canal de reparto de la decantación primaria.



### 3.1.2.- Decantación lamelar.

Se encuentra en un edificio unido al de pretratamiento con el que comparte el sistema de desodorización. La decantación primaria se realiza en 5 equipos de decantación lamelar dotados de recirculación de fangos y dosificación de coagulantes y floculantes.

El caudal punta conjunto es de 7.200 m<sup>3</sup>/h y el medio de 5.400 m<sup>3</sup>/h

Cada decantador está formado por un conjunto de:

1 Cámara de coagulación de 3,00x5,20 m de base y 6,60 m de altura útil con un agitador vertical de 5,5 kW. Se dosifica policloruro de aluminio

1 Cámara de floculación de 4,90x5,50 m<sup>2</sup> de base y 6,60 m de altura útil con un agitador vertical de 1,5 kW. Se dosifica polielectrolito aniónico

1 Decantador lamelar de forma cuadrada y lamelas tubulares hexagonales de 12x12 m y 5,40 m de altura útil. Disponen de sistema de purga de fango y recirculación de los mismos a la cámara de coagulación. Los fangos purgados se recogen en una arqueta para su bombeo al depósito de regulación de fangos primarios

El policloruro de aluminio se almacena en 4 depósitos de 26.500 l. El polielectrolito aniónico se almacena en palés dentro del edificio para su preparación y dosificación en dos equipos de preparación de polielectrolito

El agua pretratada se eleva al Biofiltro mediante un bombeo de (4+1) bombas de 700 l/s situadas en un pozo de bombeo conectado con el canal de salida de los decantadores

Entre el bloque de decantadores y la cámara de bombeo hay una arqueta conectada a los canales de entrada y salida de los decantadores parte un bypass formado por un tubo Ø1.200 de acero de 82 m de longitud que vierte al colector Sur

### 3.1.3.- Biofiltro

El proceso biológico de depuración mediante biofiltros está contenido en un edificio. El proceso comienza a partir de una cámara de mantenimiento de presión alimentada por la impulsión proveniente del edificio de decantación primaria. A partir de ese punto el proceso se desarrolla por gravedad.

El Biofiltro está formado por las siguientes partes:

#### 3.1.3.1.- Etapa 1: Biofiltración con predesnitrificación (PreDN)

Formado por 14 celdas de 16,7x10,34 m con un volumen unitario de 604 m<sup>3</sup> y una superficie total de 2.417 m<sup>2</sup> con una altura de material filtrante de 3,50 m. El material filtrante son esferas de poliestireno de 5 mm de tamaño medio

Se realiza un lavado diario de 15 minutos por celda requiriendo un caudal de 6.044 m<sup>3</sup>/h

#### 3.1.3.2.- Etapa 2: Biofiltración con nitrificación (N) en celdas aerobias.

Formada por 20 celdas de 17,30 x 12,46 m con un volumen unitario de 754 m<sup>3</sup> y una superficie total de 4.306m<sup>2</sup> con una altura de material filtrante de 3,50 m. El material filtrante son esferas de poliestireno de 4 mm de tamaño medio



Se realiza un lavado diario de 15 minutos por celda requiriendo un caudal de 7.536 m<sup>3</sup>/h

Se implanta una recirculación entre las zonas N y PreDN formada por 5+1 bombas sumergibles de 2.309 m<sup>3</sup>/h

### 3.1.3.3.- Etapa 3: Biofiltración con postdesnitrificación (PostDN) en celdas anóxicas con dosificación de metanol.

Formada por 4 celdas de 10,67 x 10,34 m. con un volumen unitario de 548 m<sup>3</sup> y una superficie total de 691 m<sup>2</sup> con una altura de material filtrante de 3,00 m. El material filtrante son esferas de poliestireno de 4,5 mm de tamaño medio

Se realiza un lavado diario de 15 minutos por celda requiriendo un caudal de 5.180 m<sup>3</sup>/h

Para permitir una correcta desnitrificación se dosifica metanol como fuente de materia carbonosa. Se prevé un consumo diario medio de 9.591 kg/día. Para ello se instalan 6 depósitos de 26.500 litros y los equipos auxiliares de carga de depósitos y dosificación

### 3.1.3.4.- Depósito de agua de lavado

El agua de los lavados de las tres zonas se concentra en depósito situado en la zona central bajo los biofiltros de 5.372 m<sup>3</sup>. En él está situado el bombeo de fangos en exceso mediante el que se transportan los fangos que constituyen las aguas de lavado al depósito de regulación de fangos biológicos para su impulsión hasta la EDAR SUR.

El caudal medio diario es de 3.719 m<sup>3</sup>/d

### 3.1.3.5.- Bombeo de fangos en exceso

El fango procedente de los lavados de las celdas acumulado en el depósito de aguas en exceso se bomba al depósito regulador de fangos biológicos para su impulsión a la EDAR Sur para su tratamiento.

### 3.1.4.- Descripción de la Biofiltración

A continuación se describe el proceso de tratamiento biológico mediante Biofiltros. Un Biofiltro se compone de un lecho de pequeñas bolas flotantes de poliestireno, retenido por un falso techo y aireado por una parrilla situada en el fondo de las celdas.

#### 3.1.4.1.- Celdas del Biofiltro PreDN

El agua procedente de la decantación primaria se distribuye a las celdas filtrantes a través del canal de entrada. El agua bruta se distribuye a las celdas a través de las tuberías de entrada por gravedad desde la cámara de mantenimiento de presión

Cada tubería está equipada con válvula de control y caudalímetro para asegurar un buen reparto del agua entre las celdas. En el canal de entrada, el agua bruta se mezclará con el efluente recirculado desde la etapa N, bombeado desde las celdas de nitrificación. Estas celdas carecen de aireación para que en el ambiente anóxico se produzca la desnitrificación

Desde la tubería de entrada a cada filtro el agua entra por la parte inferior a través de un tubo de distribución con orificios. Desde aquí, se distribuirá por gravedad en flujo ascendente y se filtrará a través del medio filtrante situado en la parte superior. La masa



filtrante está retenida por un techo dotado de boquillas para el paso del agua filtrada que se acumula en la parte superior. Esta disposición ejerce de tapón al paso de olores de la zona de filtración al exterior.

Para completar la eliminación de nitrógeno, los nitratos producidos en el Biofiltro N deben convertirse en nitrógeno libre. Este proceso se llama desnitrificación y es llevado a cabo por bacterias que utilizan el carbono fácilmente degradable como fuente de energía y carbono. El Biofiltro PreDN utiliza el carbón fácilmente degradable del agua influente.

El agua procedente del tratamiento primario y del efluente del tratamiento de agua de lavado del Biofiltro, junto con el efluente rico en nitratos que se recircula desde el Biofiltro N, entra en las celdas PreDN. Aquí, las bacterias unidas al medio forman un biofilm que cubre la superficie del medio con una capa de un grosor aproximado de 100  $\mu\text{m}$ , y es donde el nitrato se convierte en nitrógeno libre.

#### 3.1.4.2.- Celdas del Biofiltro N

El agua procedente de las celdas PreDN, será distribuida a las celdas denominadas N a través del canal de entrada. El agua bruta se distribuye a las celdas a través de las tuberías de entrada. Cada tubería está equipada con válvula de control y caudalímetro para asegurar un buen reparto del agua entre las celdas.

Desde la tubería de entrada, el agua entra en el filtro por la parte inferior a través de un canal de distribución con orificios. Desde aquí, se distribuirá por gravedad en flujo ascendente y se filtrará a través del medio filtrante al igual que en las celdas PreDN

El efluente del Biofiltro PreDN entra en las celdas N. Aquí, las bacterias unidas al medio forman un biofilm que cubre la superficie del medio con una capa de un grosor aproximado de 100  $\mu\text{m}$ . Aquí, tiene lugar la eliminación de compuestos orgánicos y nitrógeno. Es necesaria la toma de oxígeno para que este proceso tenga lugar.

El oxígeno se introduce con el aire proveniente de una parrilla de aireación situada en el fondo del filtro. La parrilla consiste en un conjunto de tuberías en acero inoxidable con orificios (agujeros de 3 mm) distribuidas sobre la superficie del filtro. El aire que sale de los orificios lleva oxígeno a las bacterias situadas en el biofilm. En esta zona aerobia, diferentes grupos de bacterias utilizan el oxígeno y la materia orgánica para formar biomasa (fango) y utilizan el amonio ( $\text{NH}_4$ ) junto con carbono inorgánico ( $\text{HCO}_3$ ) y oxígeno para formar biomasa y nitratos ( $\text{NO}_3$ ). El agua tratada, que aún contiene algo de nitrato, abandona la celda a través del falso techo. Para eliminar parte de este nitrato, una cantidad de agua de hasta dos veces el caudal de entrada, se recircula al canal de entrada de la etapa 1.

#### 3.1.4.3.- Celdas Biofiltro PostDN

Parte del agua procedente de las celdas Biofiltro N pasará al canal de entrada de las celdas Biofiltro PostDN desde donde se distribuirá en las celdas a través de las tuberías de entrada. Las tuberías de entrada están equipadas con válvula de control y caudalímetro. Esto garantizará una distribución uniforme del agua entre las celdas y asegurará una entrada baja de oxígeno, lo que reducirá al mínimo el consumo de metanol.



Desde la tubería de entrada, el agua entra en el filtro por la parte inferior a través de un canal de distribución con orificios. Desde aquí, circulará por gravedad en flujo ascendente y se filtrará a través del medio filtrante. Otra parte del agua procedente del Biofiltro N puede by-pasear las celdas PostDN. Esto se controla automáticamente con mediciones de nitrógeno y con control de caudal del agua a las celdas.

Para completar la eliminación de nitrógeno al nivel fijado en las especificaciones el nitrato restante que sale del Biofiltro N tiene que convertirse en nitrógeno libre mediante el mismo proceso de desnitrificación que se produce en las celdas PreDN. En estas celdas es necesario aportar una fuente de carbono de origen orgánico (metanol) para mantener la adecuada proporción entre materia carbonosa y nitrógeno a eliminar.

#### 3.1.4.4.- Dosificación de metanol

Como se ha descrito anteriormente la post-desnitrificación necesitará una dosificación de una fuente externa de carbono. En este caso hemos considerado la utilización de METANOL. La dosificación necesaria será 3,0/3,5 kg de metanol por kilo de nitrógeno en forma de nitrato ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) eliminado.

Para asegurarnos una dosificación óptima y una calidad en la salida, el metanol se dosificará según la señal de sendos medidores de nitrato situados en la entrada y la salida de las celdas Biofiltro PostDN.

#### 3.1.4.5.- Medio filtrante

El medio está compuesto por esferas de poliestireno de peso específico de 50 kg/m<sup>3</sup>. Este medio ha sido especialmente diseñado para agua residual con alto contenido de DQO soluble.

#### 3.1.4.6.- Boquillas – Falso techo

El agua limpia saldrá de la celda a través del falso techo que mantiene el medio filtrante en su sitio. Este falso techo está compuesto por un número de placas prefabricadas con boquillas, realizadas en hormigón armado. Estas boquillas se enroscan en los insertos embebidos en el hormigón. Las boquillas están hechas de polipropileno y se enroscan en los orificios desde la parte superior de la placa. De este modo, cada boquilla puede cambiarse sin necesidad de vaciar el medio de las celdas. .

#### 3.1.4.7.- Almacenamiento del agua de contralavado

El agua limpia necesaria para el contralavado se almacenará sobre el falso techo. Con el fin de tener suficiente agua para el contralavado, todas las celdas están conectadas hidráulicamente a través del canal de agua filtrada, donde el agua limpia fluye a través de aberturas en la pared de celdas. La salida de este canal se realiza por vertedero, que alimenta a la tubería de salida.

#### 3.1.4.8.- Contralavado

Como las celdas filtrantes se van ensuciando gradualmente, unas válvulas de apertura automática situadas en la base del filtro garantizan el contralavado del filtro mediante enjuagues por gravedad.



Existen válvulas manuales y automáticas situadas en las tuberías comunes de agua de lavado, una de cada tipo por cada tren de celdas, que fijarán la velocidad del agua de contralavado. Estas tuberías conducen el agua de lavado hasta el tanque de almacenamiento de agua de lavado común.

El agua de este tanque será bombeada a una planta de tratamiento con dosificación de químicos y decantación lamelar, dispuesta para este propósito. Un ciclo de contralavado consiste en un contralavado completo con fases sucesivas de agua y de aire, así como simples mini lavados (fase de agua solo)

#### 3.1.4.9.- Estudio de olores

Se trata de una instalación limpia, sin malos olores debido a que el agua tratada se almacena en la superficie del filtro creando un tapón sobre la zona de reacción que evita el escape de olores Además todos los espacios confinados y generales del sistema están cerrados y sometidos a un sistema de desodorización

#### 3.1.5.- Tratamiento terciario

Esta fase del proceso tiene dos cometidos:

- Eliminar el fósforo del efluente hasta el límite especificado en los parámetros de salida
- Filtrar y desinfectar el agua tratada hasta alcanzar el nivel de agua regenerada para riego de parques que se ha determinado (Calidad 1.2 del RD 1620/2007)

La instalación se ha situado en paralelo al emisario que conecta el Biofiltro con el río de forma que se puede tratar el 100% del caudal y a su vez utilizar el emisario como aliviadero si resultase necesario.

Todo el proceso está contenido en un edificio. Consta de los siguientes equipamientos:

**BOMBEO DE ELEVACIÓN.** Desde la arqueta de entrada al terciario situada en el emisario hasta el canal de reparto de los decantadores lamelares: 2+1 bombas de 3.600 m<sup>3</sup>/h

**TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO.** Se realiza en 2 equipos de decantación lamelar lastrada dotados de recirculación de micro sílice de fangos y dosificación de coagulantes y floculantes situados en paralelo alimentados por un canal al que vierte el bombeo de elevación desde la arqueta de entrada.

Se ha incluido en los decantadores la posibilidad de utilizar microsilíce como material de lastrado y reforzar la capacidad de los decantadores si hiciese falta. La utilización de microsilíce para reforzar la decantación se considera como un elemento auxiliar de seguridad. El equipo está dimensionado para trabajar sin requerir de la aportación de la microsilíce

Cada equipo está formado por:

- 1 Cámara de coagulación de 3,90x5,20 m<sup>2</sup> de base y 6,60 m de altura útil con 1 agitador de 5,5 kW con dosificación de Policloruro de Aluminio (PAC)



- 1 Cámara de floculación de 5,50x5,50 m<sup>2</sup> de base y 6,60 m de altura útil con 1 agitador de 1,5 kW con dosificación de Polielectrolito aniónico
- 1 Decantador lamelar de forma cuadrada y lamelas tubulares hexagonales de 9,50x9,50 m y 5,40 m de altura útil
- 1 equipo de separación de arena de las purgas mediante hidrociclones para su reutilización

El PAC se almacena en 4 depósitos de 26.500 l. El polielectrolito aniónico y la microsilíce se almacena en palés en el interior edificio para su preparación y dosificación

La salida de la línea de decantación está conectada a la línea de filtración mediante un canal de reparto que une los decantadores lamelares

**FILTRACIÓN.** Se realiza en 6 equipos de filtración textil por discos rotativos. Se trata de un proceso continuo que se debe parar en los intervalos definidos por el fabricante para su limpieza. Cada filtro está contenido en un tanque que se puede aislar mediante compuertas para los trabajos de mantenimiento y limpiezas periódicas

Las purgas de los filtros textiles se unen a las de los decantadores lamelares en una arqueta para su impulsión al depósito de regulación de fangos primarios

Cada filtro tiene una capacidad de 1440 m<sup>3</sup>/h. Está formado por 32 discos de 2,075 m de diámetro y un área de filtrado efectiva por filtro de 150 m<sup>2</sup>.

El grado de filtración es de 10 micras

**DESINFECCIÓN AVANZADA.** Consta de dos fases

- **DOSIFICACIÓN DE PERÓXIDO DE HIDROGENO.** Se adiciona en la salida de la filtración textil mediante 3 bombas dosificadoras de membrana de 15 l/h. El reactivo se almacena en un depósito de 26.500 l. Se prevé un consumo de peróxido diario de 523 l/día
- **DESINFECCIÓN MEDIANTE ULTRAVIOLETA.** El sistema UV se instalará en 2 canales abiertos de 9.3 m de largo, 1,7 de ancho y 2,4 de profundidad
- Estarán situados a continuación de la filtración textil con capacidad para tratar un caudal punta 7.200 m<sup>3</sup>/h y mínimo de 2 500 m<sup>3</sup>/h. La cantidad máxima admisible de sólidos totales en suspensión resulta 5 mg/l

Cada canal está dotado de 3 bancadas de 24 lámparas. La transmitancia ultravioleta @ 253,7 nm lámparas en total

Los fangos generados en los decantadores lamelares y en la limpieza de los filtros textiles se acumulan en una arqueta desde donde se impulsan al depósito de fangos primarios para su transporte mediante tubería hasta la EDAR SUR

### 3.2.- LÍNEA DE FANGOS

La EDAR carece de línea de fangos. La solución planteada es la de bombear los fangos generados a la EDAR Sur situada aguas abajo mediante una impulsión para su tratamiento conjunto con los de las otras dos plantas. Para ello los fangos se almacenan y bombean de forma diferenciada mediante una instalación formada por



## DEPÓSITOS DE REGULACIÓN.

Se trata de un depósito de hormigón arado enterrado y desodorizado compuesto por dos cuerpos independientes y sin conexión entre ellos.

- Los fangos primarios producidos en la decantación lamelar y en el tratamiento terciario se transportan a uno de los cuerpos de 792 m<sup>3</sup>.
- Los fangos biológicos producidos en el Biofiltro se transportan al otro cuerpo de 1.246 m<sup>3</sup> contiguo al anterior.

## BOMBEOS

En cada depósito hay un bombeo para impulsar sus respectivos fangos. Las cámaras de bombas se encuentran en una sala cerrada y desodorizada anexa a los depósitos. Forma un conjunto totalmente cerrado para evitar olores al exterior. Las características de los bombeos son:

- Bombeo de fangos primarios y terciarios: 1+1 bombas de 4 kW y una impulsión de Ø400PEAD16 y 4.420 m.
- Bombeo de fangos biológicos: 1+1 bombas de 4 kW y una impulsión de Ø400PEAD16 y 4.420 m.

Además en paralelo con los otros dos tubos habrá un tubo de reserva para averías y mantenimientos de Ø500PEAD16 de 4.420 m. Este tubo está conectado a los otros dos en la salida y en la llegada de la impulsión mediante sendos juegos de válvulas de forma que se puede enviar cualquiera de los dos tipos de fangos por cualquier de los tubos e incluso enviar los dos fangos mezclados por el tubo de reserva si hiciese falta

Los tres tubos discurrirán en paralelo y en zanja a una profundidad mínima en la clave del tubo de mayor diámetro de 1 m. En el primer tramo de la impulsión las tres conducciones deben cruzar mediante sendas hincas tres ramales del nudo de carreteras de la intersección de la M30 con la M40 y la N-IV. Las hincas tienen una longitud de 40, 140 y 50 m respectivamente con un total de 690 m

El destino de los fangos es la EDAR SUR situada a unos 9.000 m aguas abajo. El transporte se hace en dos tramos. En el primero mediante las impulsiones descritas se transportan a una instalación similar situada en la EDAR Butarque y desde allí se impulsan a Sur mezclados con los producidos en la EDAR Butarque. De esta forma se evita cualquier manipulación de los fangos líquidos y se evitan cualquier emisión de olor,

Se señala que la cota del punto de llegada en Butarque está 16 m más baja que el punto de salida por lo que no hay desniveles que salvar. Las conducciones a lo largo de su trazado tendrán ventosas en los puntos alto y puntos de conexión a equipos de succión y limpieza en los puntos bajos para poder proceder a limpiezas y mantenimientos. La impulsión no tiene puntos de descarga en su trazado por la naturaleza del material que transporta



### 3.3.- DESODORIZACIÓN

El diseño de la desodorización consiste en el confinamiento de las distintas unidades de proceso que se encuentran dentro de los edificios de pretratamiento, primario, biofiltro, terciario y bombo de fangos mediante cubiertas localizadas.

Así mismo todos los edificios también disponen de extracción y tratamiento del volumen total de aire alojado para evitar la dispersión de posibles fugas. Se incluyen los canales de entrada y los depósitos de fangos en la desodorización.

Con este planteamiento conseguimos optimizar el caudal de aire a tratar y se consigue la máxima eficiencia de todas las unidades de desodorización. Como ventajas adicionales de este diseño tenemos la gran reducción de las emisiones de olor en los distintos ambientes de trabajo dentro de los edificios, mejorando sustancialmente las condiciones de trabajo del personal de explotación en cuanto a seguridad, salubridad y confort.

El sistema de desodorización está formado por una serie de equipos de desodorización por vía biológica o BIOTRICKLING DE 100.000 m<sup>3</sup>/h cada uno de ellos formado por:

- Dos (2) torres de contacto.
- Un (1) ventilador centrífugo de caudal total de tratamiento 100.000 m<sup>3</sup>/h, con una presión de 225 mm.c.a. y 65 kW de potencia.
- Dos (2) bombas de recirculación de 100,00 m<sup>3</sup>/h de caudal unitario
- Almacenamiento en dos depósitos de 1.000 litros de nutrientes, con sus correspondientes bombas de dosificación

La distribución de equipos resulta como sigue:

EDIFICIO	Nº EQUIPOS
OBRA DE ENTRADA	
EDIFICIO DE PRETRATAMIENTO	2
EDIFICIO DE LAMELARES	
EDIFICIO DE BIOFILTROS	4
TERCIARIO	
DEPÓSITO Y BOMBEO DE FANGOS	1

### 3.4.- DEPÓSITO DE AGUA REGENERADA

A la salida del tratamiento terciario se implanta un nuevo depósito de almacenamiento de agua regenerada en sustitución del actual de 10.000 m<sup>3</sup>. Se trata de un depósito enterrado de hormigón armado con entrada desde el emisario de salida de la planta.

Está situado a la salida del Edificio del Terciario. Se vacía y alivia en el emisario de salida de la EDAR mediante un bombeo y un aliviadero de labio fijo.

A partir de este depósito se puede realizar una conexión a la red de agua regenerada del Ayuntamiento de Madrid donde se determine. Así se mantiene el suministro de agua regenerada a la red que tiene en la La China uno de sus nodos,

### 3.5.- DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Se considera que las acometidas y centros de transformación actuales que suministran a la EDAR de La China disponen de margen sobrado de potencia para la nueva planta. No necesitan más cambios que la renovación de equipos que se necesite en el momento de acometer las obras. Se dispondrá de una línea principal desde el CT que conecte los CCM en donde se conectarán los cuadros de todo el equipamiento, el suministro de los edificios y la red de alumbrado

CT	ACTUAL
CCM1	PRETRATAMIENTO
CCM2	BIOFILTRO
CCM <sup>3</sup>	TERCIARIO
CCM4	BOMBEO DE FANGOS

#### 3.5.1.- Potencia

La potencia absorbida Por la planta de acuerdo al proceso descrito resulta:

EDAR LA CHINA					
<b>2. PRETRATAMIENTO</b>					
<b>2.2.1 OBRA DE LLEGADA</b>					
Compuertas		2	2	0,5 kW	1,0 kW
<b>pozos de gruesos</b>					
compuertas		4	4	0,5 kW	2,0 kW
Cuchara bivalva		1	1	0,3 kW	0,3 kW
Puente grúa		1	1	6,0 kW	6,0 kW
<b>2.2.2 PREDESBASTE</b>					
<b>2.2.3 SEPARACIÓN DE GRUESOS</b>					
Tipo de reja:	Automática	4	4	2,5 kW	10,0 kW
compuertas		8	8	0,5 kW	4,0 kW
Sistema de evacuación de residuos:	Tornillo transportador	2	2	3,0 kW	6,0 kW
Descarga de sólidos:	prensa de residuos	2	2	5,5 kW	11,0 kW
<b>2.2.4 SEPARACIÓN DE FINOS</b>					
Tipo de reja:	Tamiz autolimpiable	4	4	3,0 kW	12,0 kW
Compuerta motorizada		8	8	0,5 kW	4,0 kW
Sistema de evacuación de residuos:	Tornillo transportador	2	2	3,0 kW	6,0 kW
Sistema de prensado de residuos:	Prensa de residuos	2	2	5,5 kW	11,0 kW
<b>2.2.5 DESARENADO-DESENGRASADO</b>					
<b>Nuevo diseño desarenado-desengrasado</b>					
Tipo desarenador-desengrasador:	Rectangular aireado	4	4	2,5 kW	10,0 kW
Sistema de elevación :	Puente grúa.	2	2	5,0 kW	10,0 kW
Compuerta motorizada		8	8	0,5 kW	4,0 kW
<b>2.2.6 DESEMULSIÓN DE GRASAS</b>					
Sistema aportación aire:	Motosoplantes	5	4	100,0 kW	400,0 kW
<b>2.2.6 EXTRACCIÓN Y BOMBEO DE ARENAS</b>					
Sistema de extracción:	Bombas de arenas	4	4	2,0 kW	8,0 kW
<b>2.2.7 LAVADO DE ARENAS</b>					
Nº de clasificadores:		1	1	0,8 kW	0,8 kW
<b>2.2.8 EXTRACCIÓN Y SEPARACIÓN DE GRASAS</b>					



EDAR LA CHINA					
<b>Extracción y separación de grasas existente</b>					
Nº de concentradores:	Concentrador de grasas	1	1	5,0 kW	5,0 kW
<b>2.2.9 ELEVACIÓN AGUA PRETRATADA</b>					
Tipo de bombas instaladas:	Bombas centrífugas sumergibles	5	4	35,0 kW	140,0 kW
Compuertas motorizadas		4	4	0,5 kW	2,0 kW
Sistema de elevación de bombas:	Puente grúa.	2	2	5,0 kW	10,0 kW
<b>3 TRATAMIENTO PRIMARIO</b>					
<b>3.1 NUEVO DISEÑO TRATAMIENTO PRIMARIO</b>					
	Compuertas motorizadas	18	18	0,5 kW	9,0 kW
<b>3.2 CÁMARAS DE MEZCLA</b>					
	agitadores	5	5	5,5 kW	27,5 kW
<b>3.3 CÁMARAS DE FLOCULACIÓN</b>					
	agitadores	5	5	1,5 kW	7,5 kW
<b>3.4 DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS PAC (17% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b>					
	Nº bombas dosificadoras instaladas:	12	12	0,2 kW	2,4 kW
<b>ALMACENAMIENTO DE PAC</b>					
	Nº depósitos de almacenamiento:			0,5 kW	
<b>POLIELECTROLITO ANIÓNICO</b>					
	Nº bombas dosificadoras instaladas:	2	2	1,0 kW	2,0 kW
<b>3.5. DECANTADORES LAMELARES</b>					
	Nº de decantadores instalados:	3	3	15,0 kW	45,0 kW
	lamelar con recirculación de fangos				
<b>Recirculación de fangos primarios</b>					
	Nº de bombas	4	3	5,2 kW	15,6 kW
<b>Bombeo de fangos primarios</b>					
	Nº de bombas	4	3	11,4 kW	34,2 kW
<b>3.8. ELEVACIÓN AGUA PRETRATADA</b>					
	Nº de bombas instaladas:	5	4	35,0 kW	140,0 kW
	Bombas centrífugas sumergibles				
<b>4. TRATAMIENTO BIOLÓGICO</b>					
<b>4.1. REACTOR BIOLÓGICO</b>					
<b>4.4. FILTROS BIOLÓGICOS PRE-DN</b>					
	Bombas de lavado	3	2	10,0 kW	20,0 kW
<b>4.6. FILTROS BIOLÓGICOS N</b>					
	bombas de lavado	3	2	10,0 kW	20,0 kW
<b>4.7. RECIRCULACIÓN DE AGUA TRATADA</b>					
	Nº de bombas en servicio:	6	5	10,0 kW	50,0 kW
<b>4.9. FILTROS BIOLÓGICOS POST DN</b>					
	Nº de bombas en servicio:	3	2	20,0 kW	40,0 kW
<b>AIREACIÓN DE FILTROS N</b>					
	Soplantes	4	3	200,0 kW	600,0 kW
<b>Dosificación de metanol</b>					
	Dosificadores	4	3	0,3 kW	0,9 kW



EDAR LA CHINA				
Trasiego	2	2	0,4 kW	0,8 kW
<b>4.14 BOMBEO FANGOS EN EXCESO</b>				
Nº unidades instaladas:	5	4	5,0 kW	20,0 kW
<b>2.7 TRATAMIENTO TERCIARIO</b>				
<b>2.7.2 IMPULSIÓN A TRATAMIENTO TERCIARIO</b>				
Nº de bombas instaladas:	3	2	86,4 kW	172,8 kW
<b>2.7.3 TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO</b>				
<b>2.7.3.2 CÁMARAS DE MEZCLA</b>				
Nº de agitadores por línea:	1	1	5,5 kW	5,5 kW
<b>2.7.3.3 CÁMARAS DE FLOCULACIÓN</b>				
Nº de agitadores por línea:	1	1	1,5 kW	1,5 kW
<b>5.3.4. DECANTADORES LAMELARES</b>				
Potencia absorbida	2	2	10,0 kW	20,0 kW
<b>2.7.3.4 DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS</b>				
Nº bombas dosificadoras instaladas:	12	10	0,3 kW	3,3 kW
<b>ALMACENAMIENTO DE PAC</b>				
Nº depósitos de almacenamiento:	4	4	0,2 kW	0,8 kW
<b>POLIELECTROLITO ANIÓNICO</b>				
Nº de equipos de preparación:	2	2	2,0 kW	4,0 kW
<b>2.7.4 FILTRACIÓN</b>				
Nº de filtros a instalar:	6	5	5,0 kW	25,0 kW
<b>2.7.6. DOSIFICACIÓN DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO</b>				
Nº de bombas dosificadoras:	3	3	0,3 kW	1,0 kW
<b>Almacenamiento</b>				
Nº de depósitos:	1	1	0,2 kW	0,2 kW
<b>5.6 DESINFECCIÓN MEDIANTE ULTRAVIOLETA</b>				
Nº total de lámparas:	144	144	0,3 kW	36,0 kW
<b>5.7 DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO DE AGUA REGENERADA</b>				
Bombeo de vaciado	2	2	5,0 kW	10,0 kW
<b>Iluminación y servicios</b>				
	1	1	400,0 kW	400,0 kW
<b>Desodorización</b>				
PRETRATAMIENTO+LAMELARES	2	2	30,0 kW	60,0 kW
TERCIARIO	1	1	30,0 kW	30,0 kW
BIOFILTRO	4	4	30,0 kW	120,0 kW
				2.588 kW
<b>COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD</b>		<b>0,85</b>	<b>2.200 kW</b>	

Así pues, la potencia absorbida resulta de 2.200 kW



### 3.5.2.- Acometida eléctrica

La empresa distribuidora es UNIÓN FENOSA DISTRIBUCIÓN. La acometida es de su hasta los polos del seccionador general de la subestación de la EDAR. El último tramo de la acometida es aéreo, pero la mayor parte de la acometida fue soterrada con motivo de las obras de la “Caja Mágica”.

Los derechos de acometida reconocidos actualmente por la distribuidora son de 3.200 kW. La subestación tiene una potencia instalada de 12.000 kVA

Así pues, No se necesita modificar la acometida actual ni realizar otra nueva.

### 3.6.- INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN

La instalación de control será Sistema de Control Distribuido (DCS), basado en controladores lógicos. Por ello, toda la señalización eléctrica concurrirá en cuadros donde se puedan centralizar todas las señales necesarias para arrancar dicho sistema.

Existirá una red de fibra óptica que unirá todos los autómatas en un anillo redundante. La instalación de control tendrá esta estructura:

#### NIVEL DE SUPERVISIÓN - OPERACIÓN:

- Una estación de operación para supervisión y operación de toda la planta. Contará con su impresora de inyección para informes, y su impresora matricial para alarmas.
- Un Sistema de Alimentación Ininterrumpida para emergencias en caso de caída de la tensión.
- El bus de comunicaciones entre estos puestos será del tipo Ethernet Ofimática.
- Un sistema videowall para visualización de la planta a gran escala situado en la sala de control

#### NIVEL DEL PROCESO

- Un controlador lógico (PLC), asociado a cada Centro de Control de Motores, para gestión de los equipos asociados a él.

PLC 00	SALA DE CONTROL
PLC 01	PRETRATAMIENTO
PLC 02	BIOFILTRO
PLC 03	TERCIARIO
PLC 04	BOMBEO DE FANGOS

- El bus de comunicación entre los procesadores y el nivel de supervisión será de tipo Ethernet Industrial y se ejecutará en fibra óptica.
- Los controladores lógicos estarán sobredimensionados para que sigan siendo válidos en ampliaciones o cambios de equipamiento futuros



## NIVEL DE CAMPO

Cada PLC tendrá asociadas tantas estaciones remotas como sean necesarias. Cada estación remota se encargará de la adquisición de las señales de entrada y salida correspondientes.

- El bus de comunicación entre los PLC y las estaciones remotas será de tipo Profibus, sobre fibra óptica, y totalmente redundante. Todas las estaciones remotas estarán sobredimensionadas con un 25 % más de las señales necesarias y con los bastidores de capacidad suficiente para asimilar las tarjetas a instalar en un futuro

En la definición de las señales digitales y analógicas de los equipos, se seguirán los criterios siguientes:

- Motores con un solo sentido de giro
  - Dos entradas digitales para confirmación de marcha y aviso de desactivación del relé de vigilancia activa (disparo de protecciones).
  - Una salida digital para orden de marcha.
  - Tantas entradas digitales como sondas de protección incorporen el equipo.
- Motores con doble sentido de giro para válvulas o compuertas: dos entradas digitales para indicación de abierta o cerrada.
  - Dos entradas digitales para confirmación de abriendo o cerrando.
  - Una entrada digital para aviso de desactivación del relé de vigilancia activa (disparo de protecciones).
  - Si el motor, además del mando manual local, admite otra modalidad de funcionamiento, una entrada digital para indicación de activación de la misma.
  - Dos salidas digitales para órdenes de abrir y cerrar.
  - Tantas entradas digitales como sondas de protección incorporen el equipo.
- Motores regulados por variadores de frecuencia
  - Dos entradas digitales para confirmación de marcha y aviso de desactivación del relé de vigilancia activa (disparo de protecciones).
  - Si el motor, además del mando manual local, admite otra modalidad de funcionamiento, una entrada digital para indicación de activación de la misma.
  - Una salida digital para orden de marcha.
  - Tantas entradas digitales como sondas de protección incorporen el equipo.
  - Una salida analógica para orden desde el variador de frecuencia.
- Electroválvulas
  - Una salida digital para orden de activación.
  - Una entrada digital para indicación de estado.
- Instrumentación
  - Una entrada digital para indicación de estado.
  - Una entrada analógica para recepción del valor medido.
- Equipos compactos con cuadro propio
  - Tantas entradas digitales como procedan en cada caso; pero, como mínimo, una para confirmación de funcionamiento, más una de aviso de anomalía.



El sistema de control, así como la gestión general de las instalaciones, se realizará mediante esquemas realizados en una programación gráfica y orientada a objetos.

### **INSTRUMENTACIÓN.**

Asociado a la red de control se implantará un conjunto de elementos de medida que cubran todos los parámetros necesarios para controlar la EDAR.

- Estaciones automática de entrada y salida con medida en línea de DBO5, DQO, SS, N y P
- Caudalímetros electromagnéticos.
- Caudalímetros por correlación ultrasónica para canales abiertos o tuberías semillenas:
- Caudalímetros ultrasónicos sobre vertedero
- Medidores de caudal de tipo másico en conducciones de aire
- Medidores de presión
- Medidores de pH
- Medidores de temperatura
- Medidores de oxígeno disuelto
- Medidores de potencial Redox
- Medidores de nitrógeno, nitratos y amonio
- Medidores de fósforo y fosfatos
- Medidores másicos de fangos
- Medidores de nivel tipo radar en depósitos de reactivos, arquetas y canales

### **4.- BASES DE CÁLCULO**

A continuación figuran las bases de cálculo especificadas para el dimensionamiento de la EDAR La China. Se señala que el dimensionamiento se hace de forma que pueda tratar los caudales en tiempo seco y que adicionalmente trate los caudales almacenados en el tanque de tormentas de La China después de un episodio de lluvias con el mismo grado de calidad sin dejar de tratar el caudal diario que llega por el colector de China.

A esto efectos hemos denominado a estos caudales:

- NORMALES, equivalente al caudal medio en tiempo seco
- VACIADO: Permite tratar de forma completa las aguas retenidas en el tanque en un plazo máximo de 3 días sin dejar de atender la curva diaria de influente en la EDAR

La EDAR debe poder trabajar a tiempo completo con el caudal VACIADO que resulta superior al caudal punta utilizado en los cálculos habituales de plantas depuradoras.

Así pues tenemos:



1. BASES DE PARTIDA		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
<b>1.1 CAUDALES DE LLEGADA COLECTORES</b>			
Caudal medio diario:	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	1,5	2,0
	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	5.400	7.200
	<i>m<sup>3</sup>/día</i>	129.600	172.800
Caudal punta. vaciado tanques:	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	2,0	2,0
	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	7.200	7.200
	<i>m<sup>3</sup>/día</i>	172.800	172.800
Caudal máximo a pretratamiento:	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	2,0	2,0
	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	7.200	7.200
Caudal máximo a tratamiento primario:	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	2,0	2,0
	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	7.200	7.200
<b>1.2 CONCENTRACIONES Y CARGAS CONTAMINANTES DE ENTRADA EN PLANTA</b>			
<b>Concentraciones</b>			
DBO5	<i>mg/l</i>	450	450
DQO	<i>mg/l</i>	780	780
SS	<i>mg/l</i>	384	384
Nt	<i>mg/l</i>	76,6	76,6
Pt	<i>mg/l</i>	9,5	9,5
<b>Cargas medias</b>			
DBO5	<i>kg/día</i>	58.320	77.760
DQO	<i>kg/día</i>	101.088	134.784
SS	<i>kg/día</i>	49.766	66.355
Nt	<i>kg/día</i>	9.927	13.236
Pt	<i>kg/día</i>	1.231	1.642
<b>1.3 CALIDAD DEL VERTIDO</b>			
<b>1.3.1. CALIDAD DEL VERTIDO DESPUES DE TERCARIO</b>			
DBO5	<i>mg/l</i>	4	4
DQO	<i>mg/l</i>	25	25
SS	<i>mg/l</i>	4	4
Nt	<i>mg/l</i>	7,95	7,95
Pt	<i>mg/l</i>	0,24	0,24
Amonio equivalente a N-NH4+:	<i>mg/l</i>	0,58	0,58
Nitratos equivalente a N-NO3-:	<i>mg/l</i>	0,45	0,45
Fosfatos	<i>mg/l</i>	27,9	27,9
equivalente a P-PO4:	<i>mg/l</i>	5,6	5,6
Fosfatos	<i>mg/l</i>	0,25	0,25
equivalente a P-PO4:	<i>mg/l</i>	0,08	0,08
Temperatura mínima de diseño:	°C	12	12
Temperatura máxima de diseño:	°C	25	25
<b>1.3.4. CALIDAD MICROBIOLOGIA DESPUES DEL TERCARIO</b>			
DBO5:	<i>mg/l</i>	4	4
SST:	<i>mg/l</i>	4	4
Turbidez:	<i>NTU</i>	2	2
E Coli:	<i>NMP/100ml</i>	2,2	2,2
E Coli:	<i>huevo/100ml</i>	1	1
Nematodos intestinales:		1	1
Reducción contaminación orgánica persistente media>		95%	95%





1. BASES DE PARTIDA		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN DE CARGAS CON RETORNOS</b>			
<b>1.4.1 CARGAS DE ENTRADA</b>			
Caudal agua entrada:	<i>m³/día</i>	129.600	172.800
DBO5	<i>mg/l</i>	450	450
	<i>kg/día</i>	58.320	77.760
SS	<i>mg/l</i>	384	384
	<i>kg/día</i>	49.766	66.355
N-NTK	<i>mg/l</i>	76,6	76,6
	<i>kg/día</i>	9.927	13.236
P	<i>mg/l</i>	9,5	9,5
	<i>kg/día</i>	1.231	1.642
<b>1.4.2 CAUDALES DE RETORNOS</b>			
Dado que los fangos de La China se llevan a la EDAR Sur, no se contemplan caudales de retornos de la línea de fangos.			
Caudal total entrada colectores:	<i>m³/día</i>	129.600	172.800
Caudal sobrenadantes:	<i>m³/día</i>	0	0
Porcentaje sobre el caudal de entrada:		0,0%	0
Caudal total agua bruta + retornos:	<i>m³/día</i>	129.600	172.800
<b>1.4.3 CARGAS CONTAMINANTES DE RETORNOS</b>			
DBO5	<i>mg/l</i>	0	0
	<i>kg/día</i>	0	0
SS	<i>mg/l</i>	0	0
	<i>kg/día</i>	0	0
N-NTK	<i>mg/l</i>	0	0
	<i>kg/día</i>	0	0
P	<i>mg/l</i>	0	0
	<i>kg/día</i>	0	0
<b>1.4.4 CONTAMINACIÓN TOTAL CON RETORNOS</b>			
Caudal con retornos:	<i>m³/día</i>	129.600	172.800
DBO5	<i>mg/l</i>	450	450
	<i>kg/día</i>	58.320	77.760
SS	<i>mg/l</i>	384	384
	<i>kg/día</i>	49.766	66.355
N-NTK	<i>mg/l</i>	77	77
	<i>kg/día</i>	9.927	13.236
P	<i>mg/l</i>	9,5	9,5
	<i>kg/día</i>	1.231	1.642

## 5.- PRETRATAMIENTO

2. PRETRATAMIENTO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
<b>2.1 CAUDALES</b>			
Caudal medio incluso retornos:	<i>m³/h</i>	5.400	7.200
Caudal punta incluso retornos:	<i>m³/h</i>	7.200	7.200
Caudal máximo a pretratamiento incluso retornos:	<i>m³/h</i>	7.200	7.200
Caudal máximo a tratamiento primario:	<i>m³/h</i>	7.200	7.200



2. PRETRATAMIENTO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
<b>2.2 PRETRATAMIENTO</b>			
Caudal máximo diseño pretratamiento actual:	$m^3/h$	17.280	17.280
Caudal máximo a pretratamiento:	$m^3/h$	7.200	7.200
<b>2.2.1 OBRA DE LLEGADA</b>			
Caudal medio horario:	$m^3/h$	5.400	7.200
Caudal punta:	$m^3/h$	7.200	7.200
Caudal máximo:	$m^3/h$	7.200	7.200
Número de pozos:	<i>ud</i>	2	2
Dimensiones unitarias del pozo			
Longitud:	<i>m</i>	6,00	6,00
Ancho:	<i>m</i>	5,50	5,50
Superficie:	$m^2$	33,00	33,00
Altura trapecial:	<i>m</i>	0,50	0,50
Pendiente zona trapecial:	$^{\circ}$	45	45
Longitud base menor:	<i>m</i>	5,00	5,00
Ancho base menor:	<i>m</i>	4,50	4,50
Volumen parte trapecial:	$m^3$	13,79	13,79
Altura recta de agua a Qmax:	<i>m</i>	3,60	3,60
Calado total:	<i>m</i>	5,40	5,40
Volumen total de agua a Qmax:	$m^3$	126,58	126,58
Tiempo de retención a Qmax:	<i>min</i>	1,1	1,1
Carga superficial a Qmax:	$m^3/m^2.h$	109	109
Altura recta de agua a Qmed:	<i>m</i>	2,00	2,00
Volumen total de agua a Qmed:	$m^3$	110,08	110,08
Tiempo de retención a Qmed:	<i>min</i>	1,2	0,9
Carga superficial a Qmed:	$m^3/m^2.h$	81,82	109,09
Sistema de extracción de residuos:		Cuchara bivalva	
Sistema de manipulación:		Puente grúa	
<b>2.2.2 PREDESBASTE</b>			
<b>Nuevo diseño predesbaste</b>			
Dado que no existe bombeo de cabecera, no se precisa reja de protección de bombas.			
<b>2.2.3 SEPARACIÓN DE GRUESOS</b>			
Caudal medio horario:	$m^3/h$	5.400	7.200
Caudal máximo diseño:	$m^3/h$	7.200	7.200
Tipo de reja:		Automática	
Nº de canales de desbaste:	<i>ud</i>	4	4
Nº de canales en servicio a Q máx.:	<i>ud</i>	4	4
Nº de canales en servicio a Q med:	<i>ud</i>	4	4
Número de rejillas instaladas:	<i>ud</i>	4	4
Número de rejillas en servicio:	<i>ud</i>	4	4
Caudal máximo por línea:	$m^3/h$	1.800	1.800
Luz libre entre pletinas:	<i>mm</i>	30	30
Ancho pletinas:	<i>mm</i>	12	12
Ancho canal:	<i>m</i>	1,10	1,10
Ancho útil unitario:	<i>m</i>	0,71	0,71
Calado útil a Q máx.	<i>m</i>	1,90	1,90
Calado útil a Q med:	<i>m</i>	0,85	0,85
Angulo de instalación:	$^{\circ}$	85	85



2. PRETRATAMIENTO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
Sección útil de paso por línea a Q máx:	$m^2$	0,89	0,89
Velocidad de aproximación a Q máximo:	$m/s$	0,40	0,40
Velocidad de aproximación a Q med:	$m/s$	0,44	0,59
Velocidad de paso a :			
.Q máximo:	$m/s$	0,56	0,56
.Q máximo con 30%:	$m/s$	0,81	0,81
Sistema de control:			
Sistema de evacuación de residuos:		Tornillo transportador	
Descarga de sólidos:		A prensa de residuos	
<b>2.2.4 SEPARACIÓN DE FINOS</b>			
Caudal medio horario:	$m^3/h$	5.400	7.200
Caudal máximo diseño:	$m^3/h$	7.200	7.200
Tipo de reja:		Tamiz autolimpiable	
Nº de canales de desbaste:	$ud$	4	4
Nº de canales en servicio a Q máx.:	$ud$	4	4
Nº de canales en servicio a Q med:	$ud$	4	4
Nº de tamices instalados:	$ud$	4	4
Caudal máximo por línea:	$m^3/h$	1.800	1.800
Tamaño de rendija:	$mm$	3	3
Espesor lámina:	$mm$	3	3
Ancho canal:	$m$	1,10	1,00
Ancho útil unitario:	$m$	0,50	0,50
Calado útil a Q máximo:	$m$	1,90	1,90
Calado útil a Q med:	$m$	0,85	0,85
Ángulo de instalación:	$^\circ$	50	50
Sección útil de paso por línea a Q máx:	$m^2$	0,50	0,50
Velocidad de aproximación a Q máx:	$m/s$	0,50	0,50
Velocidad de aproximación a Q med:	$m/s$	0,44	0,59
Velocidad de paso a :			
.Q máximo:	$m/s$	1,0	1,0
.Q máximo con 30%:	$m/s$	1,4	1,4
Sistema de aislamiento:		Compuerta motorizada	
Sistema de vaciado del canal:		Válvula de compuerta manual	
Sistema de limpieza:		Automático	
Sistema de control: ,		Por diferencia de nivel y temporizado	
Sistema de evacuación de residuos:		Tornillo transportador	
Sistema de prensado de residuos:		Prensa de residuos	
Destino residuos:		Contenedor	
<b>2.2.5 DESARENADO-DESENGRASADO</b>			
Caudal medio horario:	$m^3/h$	5.400	7.200
	$m^3/s$	1,500	2,000
Caudal máximo:	$m^3/h$	7.200	7.200
	$m^3/s$	2,000	2,000
Tipo desarenador-desengrasador:		Rectangular aireado	
Nº de desarenadores instalados:	$ud$	4	4
Nº desarenadores en servicio Qmax:	$ud$	4	4
Nº desarenadores en servicio Qmed:	$ud$	4	4



2. PRETRATAMIENTO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
Dimensiones unitarias:			
.Largo:	<i>m</i>	22,00	22,00
.ancho total:	<i>m</i>	5,00	5,00
.altura liquida total:	<i>m</i>	5,20	5,20
Superficie unitaria:	<i>m<sup>2</sup></i>	110,00	110,00
Superficie de circulación unitaria:	<i>m<sup>2</sup></i>	17,22	17,22
Volumen unitario:	<i>m<sup>3</sup></i>	378,84	378,84
Carga superficial a:			
.Q medio:	<i>m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h</i>	12,27	16,36
.Q máximo:	<i>m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h</i>	16,36	16,36
Tiempo de retención a :			
.Q medio:	<i>min</i>	16,84	12,63
.Q máximo:	<i>min</i>	12,63	12,63
Aislamiento:		Compuertas motorizadas.	
Sistema de control de nivel:		Vertedero metálico en salida.	
Sistema de vaciado:		Válvulas de compuerta manuales.	
Garantía de eliminación:		95% de las partículas de tamaño superior a 0,2 mm	
<b>2.2.6 DESEMULSIÓN DE GRASAS</b>			
Sistema aportación aire:		Motosoplantes	
Nº de líneas en funcionamiento a			
Qmax:	<i>ud</i>	4	4
Nº de soplantes instaladas:	<i>ud</i>	5	5
Nº de soplantes en funcionamiento:	<i>ud</i>	4	4
Caudal unitario:	<i>Nm<sup>3</sup>/h</i>	550	550
Caudal total:	<i>Nm<sup>3</sup>/h</i>	2.200	2.200
Aporte de aire por m <sup>2</sup> de desarenado-desengrasado:	<i>Nm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h</i>	5,0	5,0
<b>2.2.6 EXTRACCIÓN Y BOMBEO DE ARENAS</b>			
Caudal diario de agua a tratar:	<i>m<sup>3</sup>/d</i>	129.600	172.800
Caudal de diseño de agua+arena por m <sup>3</sup> de agua residual:	<i>l/m<sup>3</sup></i>	35	35
Caudal diario agua+arena a retirar:	<i>m<sup>3</sup>/d</i>	4.536	6.048
Sistema de extracción:		Bombas de arenas	
Nº de bombas instaladas:	<i>ud</i>	4	4
Nº de bombas en funcionamiento:	<i>ud</i>	4	4
Período teórico de bombeo:	<i>h</i>	12,0	16,0
Caudal unitario necesario:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	95	95
Caudal unitario:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	95	95
Altura manométrica:	<i>mca</i>	2	2
Funcionamiento:		Automático	
<b>2.2.7 LAVADO DE ARENAS</b>			
Caudal diario de agua a tratar:	<i>m<sup>3</sup>/día</i>	129.600	172.800
Caudal de agua+arena por m <sup>3</sup> de agua residual tratado en el desarenado:	<i>l/m<sup>3</sup></i>	35	35
Caudal diario agua+arena a retirar:	<i>m<sup>3</sup>/d</i>	4.536	6.048
Horas de funcionamiento de diseño:	<i>h/día</i>	12	16
Caudal agua-arena necesario:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	378	378
Nº de clasificadores:	<i>ud</i>	1	1



2. PRETRATAMIENTO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
Capacidad unitaria necesaria clasificador:	$m^3/h$	378	378
Destino final arena:		Contenedor	
<b>2.2.8 EXTRACCIÓN Y SEPARACIÓN DE GRASAS</b>			
Producción teórica de grasa:	$gr/m^3$	30	30
Caudal diario de agua a tratar:	$m^3/d$	129.600	172.800
Contenido de grasas en el agua bruta:	$kg/día$	3.888	5.184
Eliminación prevista:	%	80	80
Concentración de salida prevista:	$gr/l$	9	9
Volumen a retirar al cabo del día:	$m^3/d$	346	461
Tiempo de funcionamiento:	$h$	24	24
Caudal horario:	$m^3/h$	14,4	19,2
Evacuación:		Por gravedad	
Destino:		Concentrador de grasas	
Nº de concentradores:	$ud$	1	1
Capacidad unitaria necesaria:	$m^3/h$	14,4	19,2
Capacidad unitaria dispuesta:	$m^3/h$	20	20
Evacuación final:		Contenedor	
<b>2.2.9 ELEVACIÓN AGUA PRETRATADA</b>			
Tipo de bombas instaladas:		Bombas centrífugas sumergibles	
Caudal máximo:	$m^3/s$	2,0	2,0
Caudal medio:	$m^3/s$	1,50	2,00
Nº de bombas instaladas:	$ud$	5	5
Número de bombas en servicio a caudal máximo:	$ud$	4	4
Número de bombas en servicio a caudal medio:	$ud$	3	3
Caudal unitario bomba necesario:	$m^3/s$	0,50	0,67
	$m^3/h$	1.800	2.400
Caudal unitario bomba adoptado:	$m^3/s$	0,70	0,70
Diámetro tubería de impulsión de cada bomba:	$mm$	600	600
Velocidad en impulsión de cada bomba:	$m/s$	1,77	2,36
Medida de nivel:		Redundante, boyas de nivel y medidor ultrasónico.	
Sistema de elevación de bombas:		Puente grúa.	

## 6.- TRATAMIENTO PRIMARIO

3 TRATAMIENTO PRIMARIO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
Caudal diario:	$m^3/día$	129.600	172.800
Caudal medio:	$m^3/h$	5.400	7.200
	$l/s$	1.500	2.000
Caudal punta:	$m^3/h$	7.200	7.200
	$l/s$	2.000	2.000

3 TRATAMIENTO PRIMARIO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
<b>3.1 NUEVO DISEÑO TRATAMIENTO PRIMARIO</b>			
Caudal diario i/retornos:	<i>m<sup>3</sup>/día</i>	129.600	172.800
Caudal medio i/retornos:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	5.400	7.200
	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	1,50	2,00
Caudal punta i/retornos:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	7.200	7.200
	<i>l/s</i>	2,00	2,00
<b>3.2 CÁMARAS DE MEZCLA</b>			
Caudal máx.:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	7.200	7.200
Nº de líneas:	<i>ud</i>	5	5
Dimensiones de la cámara:			
.Largo:	<i>m</i>	3,00	3,00
.Ancho:	<i>m</i>	5,20	5,20
.Altura útil:	<i>m</i>	6,60	6,60
Volumen unitario:	<i>m<sup>3</sup></i>	102,96	102,96
Volumen total:	<i>m<sup>3</sup></i>	514,8	514,8
Tiempo de retención a Qmáx.	<i>min</i>	13,4	13,4
Nº de agitadores por línea:	<i>ud</i>	1	1
Potencia agitador:	<i>kW</i>	5,5	5,5
<b>3.3 CÁMARAS DE FLOCULACIÓN</b>			
Caudal máx.	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	7.200	7.200
Caudal medio:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	5.400	7.200
Nº de líneas:	<i>ud</i>	5	5
Nº de cámaras por línea:	<i>ud</i>	1	1
Dimensiones de la cámara:			
.Largo:	<i>m</i>	4,90	4,90
.Ancho:	<i>m</i>	5,50	5,50
.Altura útil:	<i>m</i>	6,60	6,60
Volumen unitario:	<i>m<sup>3</sup></i>	177,9	177,9
Volumen total:	<i>m<sup>3</sup></i>	889,4	889,4
Tiempo de retención a Qmáx.	<i>min</i>	7,4	7,4
Tiempo de retención a Qmed:	<i>min</i>	9,9	7,4
Nº de agitadores por línea:	<i>ud</i>	1	1
Potencia agitador:	<i>kW</i>	1,5	1,5
<b>3.4 DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS PAC (17% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b>			
Caudal máx. de diseño:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	7.200	7.200
Caudal medio de diseño:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	5.400	7.200
Punto de dosificación:		Cámara de mezcla	
Rango de dosis:	<i>mg Al/l</i>	5-12,5	5-12,5
mgAl/mgAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,52	0,52
Dosis máxima:	<i>mg Al/l</i> <i>mgAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/l</i>	12,5	12,5
	<i>l</i>	24,0	24,0
Dosis media:	<i>mg Al/l</i> <i>mgAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/l</i>	8,75	8,75
	<i>l</i>	16,80	16,80
Consumo de reactivo máx.:	<i>kg/h</i>	172,8	172,8
Consumo de reactivo medio:	<i>kg/h</i>	90,7	121,0
Riqueza producto comercial:		17%	0,17

3 TRATAMIENTO PRIMARIO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
Densidad producto comercial:	kg/l	1,36	1,36
Caudal máx. necesario a dosificar:	l/h	747,40	747,40
Caudal medio necesario a dosificar:	l/h	392,39	523,18
Caudal diario a dosificar:	l/h	9.417	12.556
Sistema de dosificación:		Bomba dosificadora	
Nº bombas dosificadoras instaladas:	ud	12	12
Nº bombas dosificadoras en funcionam:	ud	10	10
Caudal unitario necesario:	l/h	74,7	74,7
Caudal unitario bomba:	l/h	500,0	500,0
<b>ALMACENAMIENTO DE PAC</b>			
Nº depósitos de almacenamiento:	ud	4	2
Capacidad unitaria depósitos:	litros	26.500	100.000
Período de almacenamiento:	días	11,3	15,9
<b>POLIELECTROLITO ANIÓNICO</b>			
Caudal de diseño:	m <sup>3</sup> /h	7.200	7.200
Tipo de polímero:		Poliectrolito aniónico en polvo	
Punto de dosificación:		Cámara de floculación	
Dosis de diseño	mg/l	1,0	1,0
Consumo de reactivo:	kg/h	7,20	7,20
Consumo diario de reactivo:	kg/día	172,80	172,80
Concentración solución madre:	kg/m <sup>3</sup>	2,5	2,5
Caudal necesario a dosificar:	l/h	2.880	2.880
Nº de equipos de preparación:	ud	2	2
Capacidad unitaria necesaria:	l/h	1.440	1.440
Capacidad unitaria adoptada:	l/h	2.200	2.200
Volumen adoptado:	l	3.300	3.300
Tiempo de maduración:	min	45-60	45-60
Sistema de dosificación:		Bombas dosificadoras de tornillo helicoidal	
Nº bombas dosificadoras instaladas:	ud	6	6
Nº bombas dosificadoras en funcionam:	ud	5	5
Caudal unitario necesario:	l/h	576	576
Caudal unitario bomba:	l/h	700	700
<b>Dilución secundaria (en línea)</b>			
Dilución en línea:	kg/m <sup>3</sup>	0,5	0,5
Necesidad de agua para dilución en línea (total):	m <sup>3</sup> /h	14,4	14,4
Necesidad de agua para dilución en línea (por línea):	m <sup>3</sup> /h	2,88	2,88
Número de rotámetros:	ud	5	5
<b>3.5. DECANTADORES LAMELARES</b>			
Tipo de decantador:		lamelar con recirculación de fangos cuadrada	
Forma:			
Nº de decantadores instalados:	ud	5	5
Nº de decantadores en funcionamiento:	ud	5	5
Tipo de lamelas:		Tubulares hexagonales	
Altura de los bloques:	m	1,00	1,00
Inclinación:	°	60	60
Longitud de placas:	m	1,15	1,15
Separación entre lamelas:	mm	80	80

3 TRATAMIENTO PRIMARIO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
Radio hidráulico:	cm	2,0	2,0
Superficie útil real por m <sup>3</sup> :	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	6	6
Dimensiones decantador			
. Ancho:	m	12,00	12,00
.Largo:	m	12,00	12,00
.Altura útil:	m	5,40	5,40
Superficie decantación unitaria:	m <sup>2</sup>	144	144
Superficie decantación total:	m <sup>2</sup>	720	720
Volumen útil unitario:	m <sup>3</sup>	720	720
Superficie ocupada por lamelas por decantador:	m <sup>2</sup>	144,00	144,00
Superficie proyectada de lamelas dispuesta por decantador:	m <sup>2</sup>	864	864
Superficie proyectada de lamelas dispuesta total:	m <sup>2</sup>	4.320	4.320
Carga superficial sobre superficie proyectada a caudal medio:	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h	1,25	1,67
Carga superficial sobre superficie proyectada a caudal punta:	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h	1,67	1,67
Carga superficial a Qmedio	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h	7,50	10,00
Carga superficial a Q punta	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h	10,00	10,00
Tiempo de retención a:			
Q medio:	h	0,67	0,50
Q punta:	h	0,50	0,50
<b>3.6. RENDIMIENTOS</b>			
<b>Rendimientos actuales promedios</b>			
<b>Actual</b>			
Rendimiento en DBO5:		40%	40%
Rendimiento en DQO:		45%	45%
Rendimiento en SS:		64%	64%
Rendimiento en NTK:		1%	1%
Rendimiento en P:		13%	13%
DBO5 entrada:	mg/l	450	450
DQO entrada:	mg/l	780	780
SS entrada:	mg/l	384	384
N-NTK entrada:	mg/l	77	77
P entrada:	mg/l	9,5	9,5
DBO5 salida:	mg/l	270	270
DQO salida:	mg/l	429	429
SS salida:	mg/l	138	138
N-NTK salida:	mg/l	76	76
P salida:	mg/l	8,3	8,3
<b>3.7. PRODUCCIÓN DE FANGOS PRIMARIOS</b>			
Producción de fangos primarios:	kg/día	31.850	42.467
Producción extra fangos 1 <sup>os</sup> por dosificación de reactivos:	kg/día	0	0
Porcentaje de volátiles supuesto:		75%	75%
Fangos primarios volátiles retenidos:	kg/día	23.888	31.850
Fangos primarios minerales retenidos:	kg/día	7.963	10.617
Producción de fangos primarios total:	kg/día	31.850	42.467



3 TRATAMIENTO PRIMARIO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
Concentración de la purga:	<i>g/l</i>	10	10
Volumen de fangos:	<i>m³/día</i>	3.185	4.247
<b>Bombeo de fangos primarios existente</b>			
Peso diario de fangos primarios:	<i>kg/día</i>	31.850	42.467
Concentración a la entrada:	<i>kg/m³</i>	10,00	10,00
Caudal de entrada diario:	<i>m³/día</i>	3.185	4.247
Nº de bombas de purga existentes:	<i>ud</i>	4	4
Nº de bombas de purga en servicio:	<i>ud</i>	3	3
Caudal unitario bombas:	<i>m³/h</i>	150	150
Potencia unitaria bombas:	<i>kW</i>	11,4	11,4
Caudal total en servicio:	<i>m³/h</i>	450	450
Nº de horas de bombeo teóricas necesarias al día:	<i>h/día</i>	7	9
<b>3.8. ELEVACIÓN AGUA PRETRATADA</b>			
Tipo de bombas instaladas:		Bombas centrífugas sumergibles	
Caudal máximo:	<i>m³/s</i>	2,00	2,00
Caudal medio:	<i>m³/s</i>	1,50	2,00
Nº de bombas instaladas:	<i>ud</i>	5	5
Número de bombas en servicio a caudal máximo:	<i>ud</i>	4	4
Número de bombas en servicio a caudal medio:	<i>ud</i>	3	3
Caudal unitario bomba necesario:	<i>m³/s</i>	0,50	0,67
	<i>m³/h</i>	1.800	2.400
Caudal unitario bomba adoptado:	<i>m³/s</i>	0,70	0,70
Diámetro tubería de impulsión de cada bomba:	<i>mm</i>	600	600
Velocidad en impulsión de cada bomba:	<i>m/s</i>	1,77	2,36
<b>Dimensionamiento del nuevo pozo de bombeo</b>			
Nº bombas instaladas:	<i>ud</i>	5	5
Nº bombas activas:	<i>ud</i>	4	4
Caudal bomba seleccionado:	<i>m³/h</i>	1.800	2.400
Ancho pozo:	<i>m</i>	12,60	12,60
Largo pozo:	<i>m</i>	7,30	7,30
Área pozo:	<i>m²</i>	92,0	92,0
Arranques por hora:	<i>ud/h</i>	15	20
Duración ciclo:	<i>s</i>	245	184
Volumen ciclo:	<i>m³</i>	367,92	367,92
Altura deposito ciclo:	<i>m</i>	4,00	4,00
Altura muerta:	<i>m</i>	1,00	1,00
Separación mín. señales:	<i>m</i>	0,20	0,20
Volumen del pozo de bombeo necesario:	<i>m³</i>	460	460
<b>3.9. CAUDALES A TRATAMIENTO BIOLÓGICO</b>			
Caudal de agua decantada a biológico:	<i>m³/día</i>	126.415	168.553
Caudal medio agua decantada a biológico:	<i>m³/h</i>	5.267	7.023
Caudal punta agua decantada a biológico:	<i>m³/h</i>	7.200	7.200

## 7.- TRATAMIENTO BIOLÓGICO

4. TRATAMIENTO BIOLÓGICO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
<b>4.1. REACTOR BIOLÓGICO</b>			
<b>Caudales y contaminación de entrada</b>			
Caudal punta:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	7.200	7.200
Caudal medio:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	5.267	7.023
Caudal medio diario:	<i>m<sup>3</sup>/día</i>	126.415	168.553
Concentración DBO5 entrada a biológico:	<i>ppm</i>	270	270
Concentración DQO entrada a biológico:	<i>ppm</i>	429	429
Concentración SS entrada biológico:	<i>ppm</i>	138	138
Concentración NTK entrada biológico:	<i>ppm</i>	76	76
Relación DQO/TKN:	-	5,7	5,7
La relación DQO/TKN del agua residual es baja (< 8), por altas concentraciones de nitrógeno. Es necesario un aporte externo de carbono con la adición de metanol.			
Concentración Ptotal entrada biológico:	<i>ppm</i>	8,30	8,30
Factor B1=SS/DBO:		0,50	0,50
<b>Contaminación de salida</b>			
Concentración DBO5 salida biológico:	<i>ppm</i>	25,00	25,00
Concentración SS salida biológico:	<i>ppm</i>	35,00	35,00
Concentración N-NH4 salida biológico:	<i>ppm</i>	0,45	0,45
Concentración N-NO3- salida biológico:	<i>ppm</i>	5,60	5,60
Concentración Nt salida biológico:	<i>ppm</i>	7,95	7,95
Concentración Pt salida biológico:	<i>ppm</i>	1,00	1,00
Concentración P-PO4 salida biológico:	<i>ppm</i>	0,16	0,16
<b>4.2. TRATAMIENTO BIOLÓGICO MEDIANTE BIOFILTROS</b>			
El proceso de biofiltración trata la mezcla de caudales procedentes de:			
- Salida de tratamiento primario (decantación primaria sin químicos)			
- Efluente del tratamiento de decantación lamelar con químicos de los fangos biológicos (pre-espesamiento del agua de lavado)			
<b>4.3. CARACTERÍSTICAS DEL INFLUENTE</b>			
<b>Agua de salida de decantación primaria</b>			
Caudal diario:	<i>m<sup>3</sup>/día</i>	126.415	168.553
DQO salida tratamiento:	<i>kg/día</i>	54.232	72.309
DQO salida tratamiento:	<i>mg/l</i>	429	429
DBO5 salida tratamiento:	<i>kg/día</i>	34.132	45.509
DBO5 salida tratamiento:	<i>mg/l</i>	270	270
SST salida tratamiento:	<i>kg/día</i>	17.476	23.301
SST salida tratamiento:	<i>mg/l</i>	138	138
N-NTK salida tratamiento:	<i>kg/día</i>	9.587	12.782
N-NTK salida tratamiento:	<i>mg/l</i>	76	76
N-NO3 salida tratamiento:	<i>kg/día</i>	0	0
N-NO3 salida tratamiento:	<i>mg/l</i>	0	0
P-PO4 salida tratamiento:	<i>kg/día</i>	619	826
P-PO4 salida tratamiento:	<i>mg/l</i>	5	5

4. TRATAMIENTO BIOLÓGICO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
P-Ptotal salida tratamiento:	kg/día	1.045	1.393
P-Ptotal salida tratamiento:	mg/l	8	8
<b>Agua de salida del físico-químico</b>			
Caudal diario:	m <sup>3</sup> /día	58.320	77.760
DQO salida tratamiento:	kg/día	6.707	8.942
DQO salida tratamiento:	mg/l	115	115
DBO5 salida tratamiento:	kg/día	2.041	2.722
DBO5 salida tratamiento:	mg/l	35	35
SST salida tratamiento:	kg/día	2.333	3.110
SST salida tratamiento:	mg/l	40	40
N-NTK salida tratamiento:	kg/día	525	700
N-NTK salida tratamiento:	mg/l	9	9
N-NO3 salida tratamiento:	kg/día	117	156
N-NO3 salida tratamiento:	mg/l	2	2
P-PO4 salida tratamiento:	kg/día	0	0
P-PO4 salida tratamiento:	mg/l	0	0
P-Ptotal salida tratamiento:	kg/día	233	311
P-Ptotal salida tratamiento:	mg/l	4	4
<b>Influyente de entrada al tratamiento biológico antes de la recirculación</b>			
Caudal diario:	m <sup>3</sup> /día	184.735	246.313
Caudal medio horario:	m <sup>3</sup> /h	7.697	10.263
Caudal medio horario:	m <sup>3</sup> /s	2,14	2,85
Caudal máximo total de entrada a tratamiento biológico:	m <sup>3</sup> /h	10.800	10.800
Caudal máximo total de entrada a tratamiento biológico:	m <sup>3</sup> /s	3	3
DQO influente al biológico:	kg/día	60.939	81.252
DQO influente al biológico:	mg/l	330	330
DBO5 influente al biológico:	kg/día	36.173	48.231
DBO5 influente al biológico:	mg/l	196	196
SST influente al biológico:	kg/día	19.808	26.411
SST influente al biológico:	mg/l	107	107
N-NTK influente al biológico:	kg/día	10.111	13.482
N-NTK influente al biológico:	mg/l	55	55
N-NO3 influente al biológico:	mg/l	117	156
N-NO3 influente al biológico:	mg/l	0,6	0,6
P-PO4 influente al biológico:	kg/día	619	826
P-PO4 influente al biológico:	mg/l	3	3
P-Ptotal influente al biológico:	kg/día	1.278	1.704
P-Ptotal influente al biológico:	mg/l	7	7
Este influente se junta con la recirculación de agua tratada de 2ª etapa y la mezcla constituye el influente de la 1ª etapa.			
<b>Recirculación de agua tratada de 2ª etapa</b>			
Caudal medio horario de recirculación:	m <sup>3</sup> /h	4.541	6.774
Caudal diario de recirculación:	m <sup>3</sup> /día	108.994	162.567
DQO recirculación de agua tratada de 2ª etapa:	kg/día	4.883	7.429
DQO recirculación de agua tratada de 2ª etapa:	mg/l	44,8	45,7
DBO5 recirculación de agua tratada de 2ª etapa:	kg/día	991	1.543
DBO5 recirculación de agua tratada de 2ª etapa:	mg/l	9,09	9,49



4. TRATAMIENTO BIOLÓGICO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
SST recirculación de agua tratada de 2ª etapa:	mg/l	699	1.133
SST recirculación de agua tratada de 2ª etapa:	mg/l	6,41	6,97
N-NTK recirculación de agua tratada de 2ª etapa:	kg/día	432	499
N-NTK recirculación de agua tratada de 2ª etapa:	mg/l	3,96	3,07
N-NO3 recirculación de agua tratada de 2ª etapa:	kg/día	1.951	2.942
N-NO3 recirculación de agua tratada de 2ª etapa:	mg/l	17,9	18,1
P-PO4 recirculación de agua tratada de 2ª etapa:	kg/día	629	945
P-PO4 recirculación de agua tratada de 2ª etapa:	mg/l	5,77	5,81
P-Ptotal recirculación de agua tratada de 2ª etapa:	kg/día	635	958
P-Ptotal recirculación de agua tratada de 2ª etapa:	mg/l	5,83	5,89
<b>Influente de entrada al tratamiento biológico incluyendo la recirculación</b>			
Caudal influente de entrada al tratamiento biológico antes de la recirculación:	m3/h	7.697	10.263
Caudal medio horario de recirculación:	m3/h	11.546	15.395
Caudal medio horario total con recirculación:	m3/h	19.243	25.658
Caudal diario total con recirculación:	m3/día	461.837	615.783
Caudal máximo total de entrada a tratamiento biológico antes de recirculación:	m3/h	10.800	10.800
Caudal horario de recirculación:	m3/h	11.546	15.395
Caudal máximo total de entrada a tratamiento biológico con recirculación:	m3/h	22.346	26.195
DQO influente al biológico:	kg/día	65.822	88.681
DQO influente al biológico:	mg/l	143	144
DBO5 influente al biológico:	kg/día	37.164	49.774
DBO5 influente al biológico:	mg/l	80	81
SST influente al biológico:	kg/día	20.507	27.544
SST influente al biológico:	mg/l	44	45
N-NTK influente al biológico:	kg/día	10.543	13.981
N-NTK influente al biológico:	mg/l	23	23
N-NO3 influente al biológico:	kg/día	2.068	3.098
N-NO3 influente al biológico:	mg/l	4	5
P-PO4 influente al biológico:	kg/día	1.248	1.770
P-PO4 influente al biológico:	mg/l	3	3
P-Ptotal influente al biológico:	kg/día	1.914	2.662
P-Ptotal influente al biológico:	mg/l	4	4
<b>4.4. FILTROS BIOLÓGICOS PRE-DN</b>			
<b>Definición de los filtros</b>			
Nº de celdas en servicio:	ud	14	14
Longitud unitaria:	m	16,7	16,7
Anchura unitaria:	m	10,34	10,34
Superficie unitaria:	m2	173	173
Superficie total:	m2	2.417	2.417
Altura del material filtrante:	m	3,5	3,5
Volumen unitario del espacio ocupado por material filtrante:	m3	604	604
Tipo de material filtrante:		Polietileno granular	
Tamaño del medio:	mm	5	5

4. TRATAMIENTO BIOLÓGICO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
<b>4.5. EFLUENTE DE SALIDA DE LOS FILTROS PRE-DN INCLUYENDO LA RECIRCULACIÓN</b>			
Caudal influente de entrada al tratamiento biológico antes de la recirculación:	<i>m3/día</i>	184.735	246.313
Caudal medio diario de recirculación:	<i>m3/día</i>	108.994	162.567
A deducir caudal medio diario de aguas de lavado de filtros de 1ª etapa:	<i>m3/día</i>	-21.153	-21.153
Caudal medio diario de entrada a 2ª etapa:	<i>m3/día</i>	272.576	387.727
Caudal máximo total de entrada a tratamiento biológico 2ª etapa:	<i>m3/h</i>	22.346	26.195
DQO influente al biológico 2ª etapa:	<i>kg/día</i>	23.605	30.437
DQO influente al biológico 2ª etapa:	<i>mg/l</i>	86,6	78,5
DBO5 influente al biológico 2ª etapa:	<i>kg/día</i>	9.540	11.554
DBO5 influente al biológico 2ª etapa:	<i>mg/l</i>	35	29,8
SST influente al biológico 2ª etapa:	<i>kg/día</i>	5.152	7.134
SST influente al biológico 2ª etapa:	<i>mg/l</i>	18,9	18,4
N-NTK influente al biológico 2ª etapa:	<i>kg/día</i>	9.240	12.368
N-NTK influente al biológico 2ª etapa:	<i>mg/l</i>	33,9	31,9
N-NO3 influente al biológico 2ª etapa:	<i>kg/día</i>	403	613
N-NO3 influente al biológico 2ª etapa:	<i>mg/l</i>	1,5	1,6
P-PO4 influente al biológico 2ª etapa:	<i>kg/día</i>	1.469	2.086
P-PO4 influente al biológico 2ª etapa:	<i>mg/l</i>	5,39	5,38
P-Ptotal influente al biológico 2ª etapa:	<i>kg/día</i>	1.521	2.160
P-Ptotal influente al biológico 2ª etapa:	<i>mg/l</i>	5,58	5,57
<b>4.6. FILTROS BIOLÓGICOS N</b>			
<b>Definición de los filtros</b>			
Nº de celdas en servicio:	<i>ud</i>	20	20
Longitud unitaria:	<i>m</i>	17,28	17,28
Anchura unitaria:	<i>m</i>	12,46	12,46
Superficie unitaria:	<i>m2</i>	215	215
Superficie total:	<i>m2</i>	4.306	4.306
Altura del material filtrante:	<i>m</i>	3,5	3,5
Volumen unitario del espacio ocupado por material filtrante:	<i>m3</i>	754	754
Tipo de material filtrante:		Polietileno granular	
Tamaño del medio:	<i>mm</i>	4	4
<b>4.7. RECIRCULACIÓN DE AGUA TRATADA</b>			
<b>Recirculación máxima</b>			
Caudal diario influente:	<i>m3/día</i>	184.735	246.313
Porcentaje máximo de recirculación sobre el caudal influente:		150%	150%
Caudal máximo diario necesario:	<i>m3/día</i>	277.102	369.470
Caudal máximo horario necesario:	<i>m3/h</i>	11.546	15.395
Nº de bombas en servicio:	<i>ud</i>	5	6
Nº de bombas en reserva:	<i>ud</i>	1	1
Caudal unitario necesario: Tipo de bomba:	<i>m3/h</i>	2.309	2.566
		Sumergible	



4. TRATAMIENTO BIOLÓGICO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
Caudal unitario adoptado:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	3.000	3.000
Altura manométrica de elevación:	<i>m</i>	7	7
Diámetro de la conducción individual:	<i>m</i>	0,8	0,8
Velocidad en la conducción:	<i>m/s</i>	1,7	1,7
<b>Recirculación media utilizada en las simulaciones y en cálculos</b>			
Caudal diario influente:	<i>m<sup>3</sup>/día</i>	184.735	246.313
Porcentaje medio de recirculación sobre el caudal influente:		59%	66%
Caudal medio diario de recirculación:	<i>m<sup>3</sup>/día</i>	108.994	162.567
Caudal medio horario de recirculación:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	4.541	6.774
Nº de bombas en servicio:	<i>ud</i>	2	3
Caudal unitario necesario: Tipo de bomba:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	2.271	2.258
		Sumergible	
Caudal unitario adoptado:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	3.000	3.000
Altura manométrica de elevación:	<i>m</i>	7	7
Diámetro de la conducción individual:	<i>m</i>	0,8	0,8
Velocidad en la conducción:	<i>m/s</i>	1,7	1,7
Nº de horas media de funcionamiento de las bombas en servicio:	<i>h/día</i>	18,2	18,1
<b>4.8. CALIDAD DEL AGUA TRATADA EN LA ETAPA N</b>			
Caudal influente de entrada a 2ª etapa con recirculación:	<i>m<sup>3</sup>/día</i>	272.576	387.727
A deducir caudal medio diario de recirculación:	<i>m<sup>3</sup>/día</i>	-108.994	-162.567
A deducir caudal medio diario de aguas de lavado de filtros de 2ª etapa:	<i>m<sup>3</sup>/día</i>	-37.679	-37.679
Caudal medio diario de salida de 2ª etapa:	<i>m<sup>3</sup>/día</i>	125.903	187.481
Caudal máximo a 2ª etapa con recirculación:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	22.346	26.195
A deducir caudal medio diario de recirculación:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	-4.541	-6.774
Caudal máximo salida 2ª etapa:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	17.805	19.421
DQO salida 2ª etapa:	<i>kg/día</i>	5.640	8.568
DQO salida 2ª etapa:	<i>mg/l</i>	44,8	45,7
DBO5 salida 2ª etapa:	<i>kg/día</i>	1.144	1.779
DBO5 salida 2ª etapa:	<i>mg/l</i>	9,1	9,5
SST salida 2ª etapa:	<i>kg/día</i>	807	1.307
SST salida 2ª etapa:	<i>mg/l</i>	6,4	7
N-NTK salida 2ª etapa:	<i>kg/día</i>	499	576
N-NTK salida 2ª etapa:	<i>mg/l</i>	4	3,1
N-NO3 salida 2ª etapa:	<i>kg/día</i>	2.254	3.393
N-NO3 salida 2ª etapa:	<i>mg/l</i>	17,9	18,1
P-PO4 salida 2ª etapa:	<i>kg/día</i>	726	1.089
P-PO4 salida 2ª etapa:	<i>mg/l</i>	5,8	5,8
P-Ptotal salida 2ª etapa:	<i>kg/día</i>	734	1.104
P-Ptotal salida 2ª etapa:	<i>mg/l</i>	5,83	5,89
<b>4.9. FILTROS BIOLÓGICOS POST DN</b>			
<b>Definición de los filtros</b>			
Nº de celdas en servicio:	<i>ud</i>	4	4
Longitud unitaria:	<i>m</i>	16,7	16,7



4. TRATAMIENTO BIOLÓGICO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
Anchura unitaria:	<i>m</i>	10,34	10,34
Superficie unitaria:	<i>m<sup>2</sup></i>	173	173
Superficie total:	<i>m<sup>2</sup></i>	691	691
Altura del material filtrante:	<i>m</i>	3	3
Volumen unitario del espacio ocupado por material filtrante:	<i>m<sup>3</sup></i>	518	518
Tipo de material filtrante:		Polietileno granular	
Tamaño del medio:	<i>mm</i>	4,5	4,5
<b>Parámetros de operación filtros post-DN</b>			
Caudal medio diario de salida de 2ª etapa:	<i>m<sup>3</sup>/día</i>	125.903	187.481
Porcentaje de caudal bypass filtros post-DN:		12,70%	13,40%
Caudal medio horario a filtros post-DN:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	4.580	6.765
Caudal máximo de salida 2ª etapa:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	17.805	19.421
Caudal máximo de entrada a filtros post-DN:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	15.543	16.819
Velocidad de filtración a caudal medio:	<i>m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h</i>	6,6	9,8
Carga volúmica DQO por m <sup>3</sup> de relleno:	<i>kg/día/m<sup>3</sup></i>	2,7	4,1
Carga volúmica DBO5 por m <sup>3</sup> de relleno:	<i>kg/día/m<sup>3</sup></i>	0,6	0,9
Carga de sólidos por m <sup>3</sup> de relleno:	<i>kg/día/m<sup>3</sup></i>	0,4	0,6
Carga de N-NO <sub>3</sub> por m <sup>3</sup> de relleno:	<i>kg/día/m<sup>3</sup></i>	1,09	1,64
<b>Dosificación de metanol</b>			
Consumo diario de metanol:	<i>kg/día</i>	9.591	12.108
Densidad:	<i>kg/l</i>	0,79	0,79
Volumen diario dosificado de metanol:	<i>l/día</i>	12.141	15.327
nº depósitos		6	6
Depósitos de metanol/ unitario	<i>l</i>	26.500	26.500
días de reserva	<i>días</i>	13,10	10,37
<b>4.10. CALIDAD DEL AGUA TRATADA EN LA ETAPA POST-DN</b>			
Caudal diario influente de entrada a 3ª etapa:	<i>m<sup>3</sup>/día</i>	109.913	162.359
A deducir caudal medio diario de aguas de lavado de filtros de 3ª etapa:	<i>m<sup>3</sup>/día</i>	-5.180	-5.180
Caudal medio diario de salida de 3ª etapa:	<i>m<sup>3</sup>/día</i>	104.733	157.178
Caudal máximo a 3ª etapa:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	15.543	16.819
DQO salida 3ª etapa:	<i>kg/día</i>	4.257	6.436
DQO salida 3ª etapa:	<i>mg/l</i>	40,7	40,9
DBO5 salida 3ª etapa:	<i>kg/día</i>	829	1.255
DBO5 salida 3ª etapa:	<i>mg/l</i>	7,9	8
SST salida 3ª etapa:	<i>kg/día</i>	312	543
SST salida 3ª etapa:	<i>mg/l</i>	3	3,5
N-NTK salida 3ª etapa:	<i>kg/día</i>	336	481
N-NTK salida 3ª etapa:	<i>mg/l</i>	3,2	3,1
N-NO <sub>3</sub> salida 3ª etapa:	<i>kg/día</i>	340	537
N-NO <sub>3</sub> salida 3ª etapa:	<i>mg/l</i>	3,2	3,4
P-PO <sub>4</sub> salida 3ª etapa:	<i>kg/día</i>	459	704
P-PO <sub>4</sub> salida 3ª etapa:	<i>mg/l</i>	4,4	4,5
P-Ptotal salida 3ª etapa:	<i>kg/día</i>	463	709
P-Ptotal salida 3ª etapa:	<i>mg/l</i>	4,4	4,5



4. TRATAMIENTO BIOLÓGICO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
<b>4.11. CALIDAD DEL AGUA TRATADA EN EL BLENDING</b>			
<b>Calidad de agua tratada en el bypass</b>			
Caudal diario bypass:	<i>m3/día</i>	15.990	25.122
Caudal máximo bypass:	<i>m3/h</i>	1.974	2.254
DQO bypass 3ª etapa:	<i>kg/día</i>	716	1.148
DQO bypass 3ª etapa:	<i>mg/l</i>	44,8	45,7
DBO5 bypass 3ª etapa:	<i>kg/día</i>	145	238
DBO5 bypass 3ª etapa:	<i>mg/l</i>	9,09	9,49
SST bypass 3ª etapa:	<i>kg/día</i>	102	175
SST bypass 3ª etapa:	<i>mg/l</i>	6,41	6,97
N-NTK bypass 3ª etapa:	<i>kg/día</i>	63	77
N-NTK bypass 3ª etapa:	<i>mg/l</i>	4	3,1
N-NO3 bypass 3ª etapa:	<i>kg/día</i>	286	455
N-NO3 bypass 3ª etapa:	<i>mg/l</i>	17,9	18,1
P-PO4 bypass 3ª etapa:	<i>kg/día</i>	92	146
P-PO4 bypass 3ª etapa:	<i>mg/l</i>	5,8	5,8
P-Ptotal bypass 3ª etapa:	<i>kg/día</i>	93	148
P-Ptotal bypass 3ª etapa:	<i>mg/l</i>	5,83	5,89
<b>Calidad de agua tratada en el blending</b>			
Caudal medio diario de salida de 3ª etapa:	<i>m3/día</i>	104.733	157.178
Caudal diario bypass:	<i>m3/día</i>	15.990	25.122
Caudal diario agua tratada blending:	<i>m3/día</i>	120.723	182.301
Caudal máximo a 3ª etapa:	<i>m3/h</i>	15.543	16.819
Caudal máximo bypass:	<i>m3/h</i>	1.974	2.254
Caudal máximo agua tratada blending:	<i>m3/h</i>	17.517	19.072
DQO agua tratada blending:	<i>kg/día</i>	4.974	7.584
DQO agua tratada blending:	<i>mg/l</i>	41,2	41,6
DBO5 agua tratada blending:	<i>kg/día</i>	974	1.493
DBO5 agua tratada blending:	<i>mg/l</i>	8,07	8,19
SST agua tratada blending:	<i>kg/día</i>	414	718
SST agua tratada blending:	<i>mg/l</i>	3,43	3,94
N-NTK agua tratada blending:	<i>kg/día</i>	400	558
N-NTK agua tratada blending:	<i>mg/l</i>	3,3	3,1
N-NO3 agua tratada blending:	<i>kg/día</i>	627	992
N-NO3 agua tratada blending:	<i>mg/l</i>	5,2	5,4
P-PO4 agua tratada blending:	<i>kg/día</i>	552	850
P-PO4 agua tratada blending:	<i>mg/l</i>	4,6	4,7
P-Ptotal agua tratada blending:	<i>kg/día</i>	557	857
P-Ptotal agua tratada blending:	<i>mg/l</i>	4,61	4,7
<b>4.12. DEPÓSITO DE AGUA DE LAVADO</b>			
A este depósito se envían las aguas de lavado de filtros.			
El fango terciario se enviará junto con el fango primario a la EDAR Sur.			
<b>Caudales de agua de lavado de filtros</b>			
Caudal medio de aguas de lavado 1ª etapa:	<i>m3/día</i>	21.153	21.153



4. TRATAMIENTO BIOLÓGICO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
Caudal medio de aguas de lavado 2ª etapa:	<i>m3/día</i>	37.679	37.679
Caudal medio de aguas de lavado 3ª etapa:	<i>m3/día</i>	5.180	5.180
Caudal medio de aguas de lavado 1ª+2ª+3ª etapa:	<i>m3/día</i>	64.012	64.012
Fango en exceso:	<i>kg/día</i>	37.120	49.934
Caudal medio de agua de lavado de filtros:	<i>m3/h</i>	2.667	2.667
Caudal de bombeo a DEPOSITO DE FANGOS:	<i>m3/h</i>	3.719	3.719
Concentración:	<i>g/l</i>	0,42	0,56
<b>Depósito de agua de lavado</b>			
Volumen adoptado:	<i>m3</i>	5.372	5.372
<b>4.13. CAUDALES AGUA TRATADA A TERCIARIO</b>			
Caudal diario de agua tratada en biofiltros:	<i>m3/día</i>	120.723	182.301

## 8.- TRATAMIENTO TERCIARIO

2.7 TRATAMIENTO TERCIARIO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
<b>2.7.1 DATOS DE PARTIDA</b>			
Objetivos del tratamiento terciario:			
- Tratar la totalidad del caudal de salida del tratamiento secundario.			
- Eliminar fósforo hasta los límites exigidos. Reducción de fósforo total hasta 1 mg/l y fosfatos hasta 0,5 mg/l.			
- Dar calidad de agua exigida en el río Manzanares y para riego.			
Línea de tratamiento prevista:			
- Tratamiento físico-químico con coagulación-floculación (decantación lamelar opcional).			
- Filtración mediante textiles en profundidad.			
- Sistema de oxidación avanzada mediante: ozono, peróxido de hidrógeno y UV.			
<b>Caudal a tratamiento terciario</b>			
Caudal total a terciario:	<i>m³/día</i>	120.723	182.301
<b>Características del influente</b>			
Caudal punta de diseño:	<i>m³/h</i>	7.200	7.200
Caudal punta de diseño:	<i>m³/s</i>	2,000	2,000
Caudal medio de diseño:	<i>m³/h</i>	5.207	6.942
Caudal medio de diseño:	<i>m³/s</i>	1,446	1,928
DBO5 <	<i>mg/l</i>	25	25
SST <	<i>mg/l</i>	35	35
<b>Características del agua tratada</b>			
DBO5:	<i>mg/l</i>	5,0	5,0
SST:	<i>mg/l</i>	5,0	5,0
Turbidez:	<i>NTU</i>	2,0	2,0
E Coli:	<i>NMP/100ml</i>	2,2	2,2
E Coli:	<i>huevo/100 ml</i>	1,0	1,0
Nematodos intestinales:	<i>ml</i>	1,0	1,0
Reducción contaminación orgánica persistente media>		95%	95%

2.7 TRATAMIENTO TERCIARIO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
<b>2.7.2 IMPULSIÓN A TRATAMIENTO TERCIARIO</b>			
Tipo de bombas instaladas:		Bombas centrífugas sumergibles	
Caudal punta:	$m^3/h$	7.200	7.200
Caudal medio:	$m^3/h$	5.207	6.942
Nº de bombas instaladas:	<i>ud</i>	3	3
EN OPERACIÓN	<i>ud</i>	2	2
Caudal unitario:	$m^3/h$	3.600	3.600
Total caudal disponible de bombeo:	$m^3/h$	7.200	7.200
Las bombas estarán equipadas con variadores electrónicos de velocidad.			
<b>Dimensionamiento del pozo de bombeo</b>			
Nº bombas activas:	<i>ud</i>	2	2
Nº bombas reserva:	<i>ud</i>	1	1
Nº bombas instaladas:	<i>ud</i>	3	3
Caudal bomba seleccionado:	$m^3/h$	3.600	3.600
Ancho pozo	<i>m</i>	9,30	9,30
Largo pozo:	<i>m</i>	12,00	12,00
Área pozo	$m^2$	111,6	111,6
Volumen ciclo:	$m^3$	279,00	279,00
Altura ciclo:	<i>m</i>	2,50	2,50
Altura muerta:	<i>m</i>	2,50	2,50
Volumen del pozo de bombeo necesario:	$m^3$	279	279
Volumen útil de regulación necesario:	$m^3$	279	279
Medida de nivel:		Redundante, mediante boyas de nivel y medidor ultrasónico.	
Altura manométrica:		ver cálculos hidráulicos m.c.a.	
Sistema de elevación de bombas:		Puente grúa.	
<b>2.7.3 TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO</b>			
<b>2.7.3.1 OBJETIVOS DEL TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO</b>			
- Eliminar fósforo hasta los límites exigidos. Reducción de fósforo total hasta 1 mg/l y fosfatos hasta 0,5 mg/l.			
. Pretratamiento de una instalación de filtración, oxidación avanzada y desinfección para dar la calidad de agua exigida en el río Manzanares y para riego.			
<b>2.7.3.2 CÁMARAS DE MEZCLA</b>			
Caudal máx.:	$m^3/h$	7.200	7.200
Nº de líneas:	<i>ud</i>	2	2
Dimensiones de la cámara:			
.Largo:	<i>m</i>	3,90	3,90
.Ancho:	<i>m</i>	5,20	5,20
.Altura útil:	<i>m</i>	6,60	6,60
Volumen unitario:	$m^3$	133,85	133,85
Volumen total:	$m^3$	267,7	267,7
Tiempo de retención a Qmáx.	<i>min</i>	2,2	2,2
Nº de agitadores por línea:	<i>ud</i>	1	1
Potencia agitador:	<i>kW</i>	5,5	5,5
<b>2.7.3.3 CÁMARAS DE FLOCULACIÓN</b>			
Caudal máx.	$m^3/h$	7.200	7.200
Caudal medio:	$m^3/h$	5.207	6.942

2.7 TRATAMIENTO TERCIARIO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
Nº de líneas:	<i>ud</i>	2	2
Nº de cámaras por línea:	<i>ud</i>	1	1
Dimensiones de la cámara:			
.Largo:	<i>m</i>	5,50	5,50
.Ancho:	<i>m</i>	7,30	7,30
.Altura útil:	<i>m</i>	6,80	6,80
Volumen unitario:	<i>m<sup>3</sup></i>	273,02	273,02
Volumen total:	<i>m<sup>3</sup></i>	546,0	546,0
Tiempo de retención a Q <sub>máx.</sub> :	<i>min</i>	4,6	4,6
Tiempo de retención a Q <sub>med.</sub> :	<i>min</i>	6,3	4,7
Nº de agitadores por línea:	<i>ud</i>	1	1
Potencia agitador:	<i>kW</i>	1,5	1,5
<b>5.3.4. DECANTADORES LAMELARES</b>			
Tipo de decantador:		lamelar con recirculación de fangos cuadrada	
Forma:			
Nº de decantadores instalados:	<i>ud</i>	2	2
Nº de decantadores en funcionamiento:	<i>ud</i>	2	2
Tipo de lamelas:		Tubulares hexagonales	
Altura de los bloques:	<i>m</i>	1,00	1,00
Inclinación:	<i>°</i>	60	60
Longitud de placas:	<i>m</i>	1,15	1,15
Separación entre lamelas:	<i>mm</i>	80	80
Radio hidráulico:	<i>cm</i>	2,0	2,0
Superficie útil real por m <sup>3</sup> :	<i>m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup></i>	6	6
Dimensiones decantador			
. Ancho:	<i>m</i>	9,50	9,50
.Largo:	<i>m</i>	9,50	9,50
.Altura útil:	<i>m</i>	5,40	5,40
Superficie decantación unitaria:	<i>m<sup>2</sup></i>	90,25	90,25
Superficie decantación total:	<i>m<sup>2</sup></i>	181	181
Volumen útil unitario:	<i>m<sup>3</sup></i>	487	487
Superficie ocupada por lamelas por decantador:	<i>m<sup>2</sup></i>	90,25	90,25
Superficie proyectada de lamelas dispuesta por decantador:	<i>m<sup>2</sup></i>	541,50	541,50
Superficie proyectada de lamelas dispuesta total:	<i>m<sup>2</sup></i>	1.083	1.083
Carga superficial sobre superficie proyectada a caudal medio:	<i>m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h</i>	4,81	6,41
Carga superficial sobre superficie proyectada a caudal punta:	<i>m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h</i>	6,65	6,65
Carga superficial a Q <sub>medio</sub> :	<i>m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h</i>	28,85	38,46
Carga superficial a Q <sub>punta</sub> :	<i>m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h</i>	39,89	39,89
Tiempo de retención a:			
Q medio:	<i>h</i>	0,19	0,14
Q punta:	<i>h</i>	0,05	0,05
<b>2.7.3.4 DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS</b>			
Se usa sulfato de alúmina o policloruro de aluminio, pues las sales de hierro (como el cloruro férrico) afectan negativamente a la desinfección UV posterior.			
<b>PAC (17% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b>			



2.7 TRATAMIENTO TERCIARIO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
Caudal máx. de diseño:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	7.200	7.200
Caudal medio de diseño:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	5.207	6.942
Punto de dosificación:		Cámara de mezcla	
Rango de dosis:	<i>mg Al/l</i>	5-12,5	5-12,5
mgAl/mgAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,52	0,52
Dosis máxima:	<i>mg Al/l</i>	12,5	12,5
	<i>mgAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/l</i>	24,0	24,0
Dosis media:	<i>mg Al/l</i>	8,75	8,75
	<i>mgAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/l</i>	16,80	16,80
Consumo de reactivo máx.:	<i>kg/h</i>	172,8	172,8
Consumo de reactivo medio:	<i>kg/h</i>	87,5	116,6
Riqueza producto comercial:		17%	0,17
Densidad producto comercial:	<i>kg/l</i>	1,36	1,36
Caudal máx. necesario a dosificar:	<i>l/h</i>	747,40	747,40
Caudal medio necesario a dosificar:	<i>l/h</i>	378,36	504,44
Caudal diario a dosificar:	<i>l/h</i>	9.081	12.106
Sistema de dosificación:		Bomba dosificadora	
Nº bombas dosificadoras instaladas:	<i>ud</i>	12	12
Nº bombas dosificadoras en funcionam:	<i>ud</i>	11	11
Caudal unitario necesario:	<i>l/h</i>	67,9	67,9
Caudal unitario bomba:	<i>l/h</i>	500,0	500,0
<b>ALMACENAMIENTO DE PAC</b>			
Nº depósitos de almacenamiento:	<i>ud</i>	4	4
Capacidad unitaria depósitos:	<i>litros</i>	26.500	26.500
Período de almacenamiento:	<i>días</i>	11,7	8,8
<b>POLIELECTROLITO ANIÓNICO</b>			
Caudal de diseño:	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	7.200	7.200
Tipo de polímero:		Poliectrolito aniónico en polvo	
Punto de dosificación:		Cámara de floculación	
Dosis de diseño	<i>mg/l</i>	1,2	1,2
Consumo de reactivo:	<i>kg/h</i>	8,64	8,64
Consumo diario de reactivo:	<i>kg/día</i>	207,36	207,36
Concentración solución madre:	<i>kg/m<sup>3</sup></i>	2,5	2,5
Caudal necesario a dosificar:	<i>l/h</i>	3.456	3.456
Nº de equipos de preparación:	<i>ud</i>	2	2
Capacidad unitaria necesaria:	<i>l/h</i>	1.728	1.728
dotados de 3 bancas	<i>l/h</i>	2.200	2.200
Volumen adoptado:	<i>l</i>	3.300	3.300
Tiempo de maduración:	<i>min</i>	45-60	45-60
Sistema de dosificación:		Bombas dosificadoras de tornillo helicoidal	
Nº bombas dosificadoras instaladas:	<i>ud</i>	6	6
Nº bombas dosificadoras en funcionam:	<i>ud</i>	5	5
Caudal unitario necesario:	<i>l/h</i>	691	691
Caudal unitario bomba:	<i>l/h</i>	700	700
<b>Dilución secundaria (en línea)</b>			
Dilución en línea:	<i>kg/m<sup>3</sup></i>	0,5	0,5

2.7 TRATAMIENTO TERCIARIO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
Necesidad de agua para dilución en línea (total):	$m^3/h$	17,3	17,3
Necesidad de agua para dilución en línea (por línea):	$m^3/h$	8,64	8,64
Número de rotámetros:	$ud$	3	3
Capacidad unitaria necesaria rotámetros:	$m^3/h$	2,88	2,88
<b>2.7.4 FILTRACIÓN</b>			
Caudal máximo de tratamiento:	$m^3/h$	7.200	7.200
Caudal nominal de tratamiento:	$m^3/h$	5.207	6.942
Sistema de filtración:		Filtración continua en filtros textiles de discos rotativos	
Grado de filtración:	$micras$	10	10
Nº de filtros a instalar:	$ud$	6	6
Nº de tanques a construir:	$ud$	6	6
Nº de filtros por tanque:	$ud$	1	1
Caudal máx. por filtro:	$m^3/h$	1440	1440
Caudal total a filtrar:	$m^3$	7.200	7.200
Nº discos por filtro:	$ud$	32	32
Diámetro del disco:	$m$	2,075	2,075
Área efectiva por disco:	$m^2$	5,00	5,00
Área efectiva total por filtro:	$m^2$	150,00	150,00
Superficie filtrante unitaria total:	$m^2$	900	900
Velocidad media de paso por filtro:	$m/h$	5,8	7,7
Velocidad máx. de paso por filtro:	$m/h$	8,0	8,0
<b>2.7.5 DESINFECCIÓN.OXIDACIÓN AVANZADA</b>			
Sistema de oxidación avanzada, con peróxido de hidrógeno: H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .			
Caudal diario a DESINFECCIÓN	$m^3/día$	124.965	166.603
Caudal medio a DESINFECCIÓN:	$m^3/h$	5.207	6.942
Caudal medio a DESINFECCIÓN:	$m^3/s$	1,4	1,9
Caudal punta a DESINFECCIÓN:	$m^3/s$	2,0	2,0
<b>2.7.6. DOSIFICACIÓN DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO</b>			
<b>Dosificación</b>			
Dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> por ppm de O <sub>3</sub> dosificado:	$ppm/ppm$	0,5	0,5
Dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> :	$mg/l$	2,5	2,5
Caudal medio tratado:	$m^3/s$	1,4	1,9
Consumo horario medio de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> :	$kg/h$	13,0	17,4
Riqueza producto comercial:		0,5	0,5
Densidad:	$kg/l$	1,195	1,195
Consumo horario medio de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> comercial:	$l/h$	21,8	29,0
Consumo diario de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> comercial:	$l/día$	523	697
Consumo diario de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> comercial:	$kg/día$	625	833
Tipo:		Bombas dosificadoras de membrana	
Nº de bombas dosificadoras:	$ud$	3	3
Caudal unitario:	$l/h$	15	15
<b>Almacenamiento</b>			
Nº de depósitos:	$ud$	1	1
Capacidad unitaria:	$ud$	26.500	26.500
<b>5.6 DESINFECCIÓN MEDIANTE</b>			



2.7 TRATAMIENTO TERCIARIO		Biofiltros normal	Biofiltros vaciado
<b>ULTRAVIOLETA</b>			
Caudal máximo:	$m^3/s$	2,00	2,00
Caudal medio:	$m^3/s$	1,45	1,93
<b>Características del agua de entrada:</b>			
Agua procedente de tratamiento terciario físico-químico y filtración.			
SS salida tratamiento terciario:	$mg/l$	5	5
Garantías de desinfección:			
E Coli <	$UFC/100 ml$	2,2	2,2
Sistema adoptado:		UVC En canal abierto	
Nº de canales:	$ud$	2	2
longitud canal	$m$	9,3	9,3
Ancho pozo		1,7	1,7
altura canal		2,4	2,4
Nº de bancadas por canal:	$ud$	3	3
Nº de lámparas por bancada	$ud$	24	24
Nº total de lámparas:	$ud$	144	144
<b>5.7 DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO DE AGUA REGENERADA</b>			
Agua procedente de tratamiento terciario físico-químico, filtración y desinfección			
Deposito enterrado de hormigón armado conectado al emisario de salida			
Volumen del vaso	$m^3$	10.000	10.000
longitud		50,0	50,0
anchura		50,0	50,0
calado		4,0	4,0
altura total		5,0	5,0

## 9.- IMPULSIÓN DE FANGOS

A partir de los volúmenes de fangos generados se determina el volumen de regulación necesario y la impulsión.

Se considera una impulsión para fangos primarios, otra para los secundarios y un tubo de reserva que pueda transportar el 100% de cada flujo e incluso los dos caudales unidos si la situación así lo requiriese-

PREDIMENSIONAMIENTO DE LA IMPULSIÓN DE FANGOS EN EXCESO A LA EDAR SUR	
Fangos generados	China Butarque Sur
Punto de tratamiento	SUR



PREDIMENSIONAMIENTO DE LA IMPULSIÓN DE FANGOS EN EXCESO A LA EDAR SUR			
FANGOS PRIMARIOS	CHINA	<i>m<sup>3</sup>/d</i>	3.185
	<b>TOTALES</b>	<i>m<sup>3</sup>/d</i>	<b>15.277</b>
FANGOS EN EXCESO	CHINA	<i>m<sup>3</sup>/d</i>	4.970
	<b>TOTALES</b>	<i>m<sup>3</sup>/d</i>	<b>17.768</b>
<b>IMPULSIONES</b>			
TRAMO	FANGOS		
CHINA-BUTARQUE	PRIMARIOS	<i>m<sup>3</sup>/d</i>	3.185
	EN EXCESO	<i>m<sup>3</sup>/d</i>	4.970
	RESERVA	<i>m<sup>3</sup>/d</i>	8.155
TRAMO	FANGOS		
CHINA-BUTARQUE	PRIMARIOS	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	132,7
	EN EXCESO	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	207,1
	RESERVA	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	339,8
<b>DEPÓSITOS DE REGULACIÓN</b>			
EDAR	FANGOS		
Horas de almacenamiento			<b>6</b>
<b>CHINA</b>	PRIMARIOS	<i>m<sup>3</sup></i>	796
	EN EXCESO	<i>m<sup>3</sup></i>	1.242
	<b>TOTAL</b>	<i>m<sup>3</sup></i>	<b>2.039</b>
dimensiones			
resguardo		<i>m</i>	1,0
calado		<i>m</i>	5,5
a. cantara		<i>m</i>	0,0
a. deposito		<i>m</i>	20,0
b. largo	PRIMARIOS	<i>m</i>	7,2
	EN EXCESO	<i>m</i>	11,3
	<b>TOTAL</b>	<i>m</i>	<b>19</b>



Las características de la impulsión son:

PREDIMENSIONAMIENTO DE LA IMPULSIÓN DE FANGOS EN EXCESO A LA EDAR SUR													
COLECTOR	nº de bombas				IMPULSIÓN							Ø NOM.	POT. SELECC. kW
	Qteor	Vteor	oper.	reserva	L	COTAS			Material: PEAD16				
	m³/h	m/s				inicio	fin	Hg	(ka) mm	PN			
1.1_CHINA-BUTARQUE_PRIMARIOS	132,7	0,33	1	1	4.420	571	555	-16	0,007	PN16	400	4,00	
1.2_CHINA-BUTARQUE_EN EXCESO	207,1	0,51	1	1	4.420	571	555	-16	0,007	PN16	400	5,00	
1.3_CHINA-BUTARQUE_RESERVA	339,8	0,54	1	1	4.420	571	555	-16	0,007	PN16	500		





## **ANEJO N°11. MEDIDAS CORRECTORAS CONTENIDAS EN EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

Las medidas correctoras se encuentran definidas y detalladas en el Estudio de Impacto Ambiental. Se indica a continuación un cuadro resumen de las mismas con su valoración que se incluirá en el presupuesto del Proyecto Informativo.

Ud	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO €/Ud	IMPORTE €
m	<b>Vallado perimetral de la zona de obras</b> que evite la ocupación de más superficie de la estrictamente necesaria	<b>750,00</b>	<b>14,00</b>	<b>10.500,00</b>
	EDAR La China	750,00		
m	<b>Jalonamiento temporal de obra mediante malla de señalización</b> que evite la ocupación de más superficie de la estrictamente necesaria	<b>9.750,00</b>	<b>1,00</b>	<b>9.750,00</b>
	EDAR La China	750,00		
	Impulsión de fangos	9.000,00		
ud	<b>Poda de arbolado para facilitar obras.</b> Señalamiento de pies, corta de ramas, recogida de restos. Incluye aplicación de limpieza de heridas y aplicación de fungicidas en las heridas. No incluye transporte ni gestión de residuos	<b>125,00</b>	<b>15,00</b>	<b>1.875,00</b>
	EDAR La China	75,00		
	Impulsión de fangos	50,00		
jor	<b>Prospección botánica</b> para localización de ejemplares de flora protegida y para localización de ejemplares de especies exóticas y/o invasoras	<b>2,50</b>	<b>800,00</b>	<b>2.000,00</b>
	Impulsión de fangos	2,50		
m2	<b>Desbroce de superficies con presencia de especies exóticas y/o invasoras.</b> Selección de individuos, tala, destococonado	<b>45.000,00</b>	<b>0,30</b>	<b>13.500,00</b>
	Impulsión de fangos	45.000,00		
m3	<b>Excavación y acopio de tierra vegetal.</b> Incluye el tratamiento especial de las tierras con raíces de regalíz (Glycyrrhiza glabra)	<b>14.850,00</b>	<b>1,00</b>	<b>14.850,00</b>
	Impulsión de fangos	14.850,00		
m3	<b>Extendido de tierra vegetal</b> para aprovechar el banco de semillas	<b>14.850,00</b>	<b>1,00</b>	<b>14.850,00</b>
	Impulsión de fangos	14.850,00		
m2	<b>Descompactación de superficies de obra</b> para favorecer la formación de suelo y la instalación de cobertura vegetal	<b>55.000,00</b>	<b>0,30</b>	<b>16.500,00</b>
	EDAR La China	10.000,00		
	Impulsión de fangos	45.000,00		
m2	<b>Reperfilado y adecuación topográfica de los rellenos</b> para evitar favorecer procesos de erosión y escorrentía	<b>55.000,00</b>	<b>1,00</b>	<b>55.000,00</b>
	EDAR La China	10.000,00		
	Impulsión de fangos	45.000,00		
m2	<b>Siembra manual.</b> En las zonas inaccesibles a la maquinaria y que queden fuera del ámbito del ajardinamiento	<b>10.000,00</b>	<b>1,00</b>	<b>10.000,00</b>
	EDAR La China	10.000,00		
m2	<b>Siembra mecánica.</b> En las zonas accesibles a la maquinaria y que queden fuera del ámbito del ajardinamiento	<b>45.000,00</b>	<b>0,01</b>	<b>450,00</b>
	Impulsión de fangos	45.000,00		

Ud	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO €/Ud	IMPORTE €
m2	<b>Integración paisajística de las infraestructuras.</b> Incluye las actuaciones de jardinería de las instalaciones de la EDAR o del tanque de tormentas, así como las actuaciones de restauración de los márgenes del río Manzanares en los puntos de vertido del efluente. Movimiento de tierras, construcción de jardín, pavimentación, red de pluviales y riego, alumbrado, ajardinamiento, equipo y mobiliario	126.500,00	40,00	5.060.000,00
	EDAR La China	9.000,00		
	Parte liberada de La China	117.500,00		
km	<b>Riego de caminos de obra</b> para reducir emisiones de polvo durante las obras	198,00	4,00	792,00
	Impulsión de fangos	198,00		
jor	<b>Realización de inventario de arbolado urbano</b> para identificar los árboles o grupos de árboles en suelo urbano potencialmente afectados por la ejecución de las obras	2,50	665,00	1.662,50
	Impulsión de fangos	2,50		
ud	<b>Reposición de arbolado urbano conforme a la Ley del Arbolado Urbano de la CAM.</b> Incluye preparación del terreno, suministro de la planta, plantación, instalación o reposición de riego, aporte de abono, y primer riego de plantación. Incluye tutores y materiales necesarios	25,00	25,00	625,00
	Impulsión de fangos	25,00		
ud	<b>Tratamientos frente a la galeruca del olmo (Galeruca luteola) para la mejora del hábitat del Milano negro.</b> Combinación de tratamientos de control biológico (Bacillus thuringiensis), captura mecánica (trampas de captura) y endoterapia	15,00	60,00	900,00
	EDAR La China	15,00		
ud	<b>Retirada de nido de Cigüeña común (Ciconia ciconia)</b> existente dentro de las instalaciones de la EDAR. Incluye aseguramiento con cesta, descuelgue con grúa	10,00	50,00	500,00
	EDAR La China	10,00		
ud	<b>Montaje de estructura para favorecer nidificación de Cigüeña común (Ciconia ciconia)</b> dentro de las instalaciones de la EDAR	10,00	40,00	400,00
	EDAR La China	10,00		
ud	<b>Trampas y operativo de vigilancia epidemiológica.</b> Instalación durante las obras en la parte de las EDAR que sigan en funcionamiento de trampas y operativos de vigilancia epidemiológica sobre el vector de la leishmaniasis (phlebotomos -Phlebotomus perniciosus-)	1,00	8.000,00	8.000,00
	EDAR La China	1,00		
ud	<b>Cajas-nido para favorecer la población de quirópteros y avifauna frente a mosquitos y otros vectores</b>	25,00	35,00	875,00
	EDAR La China	25,00		
km	<b>Actuación sobre población de espiga de agua (Potamogeton pectinatus)</b> para reducir hábitat de mosca negra y con ello su presencia	48,00	80,00	3.840,00
	EDAR La China EDAR Butarque	48,00		

Ud	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO €/Ud	IMPORTE €
km	<b>Actuación sobre población de mosca negra con tratamientos con insecticida biológico <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>israelensis</i> serotipo H-14 (Bti).</b> Dos tratamientos en primavera y dos tratamientos en verano mientras duren las obras	<b>48,00</b>	<b>90,00</b>	<b>4.320,00</b>
	EDAR La China EDAR Butarque	48,00		
ud	<b>Ahuyentador de gaviotas por sonidos.</b> Con cambios constantes de frecuencia, duración y el patrón de los sonidos que emiten	<b>0,00</b>	<b>400,00</b>	<b>0,00</b>
	EDAR La China	0,00		
m	<b>Barrera de retención de sedimentos</b> para evitar el arrastre de sólidos derivados de la obra al Manzanares u otros cauces próximos	<b>11,00</b>	<b>2,00</b>	<b>22,00</b>
	EDAR La China	1,00		
	Impulsión de fangos	10,00		
ud	<b>Redacción de Proyecto de ejecución de "Aprovechamiento de fuentes de energía renovables"</b> en los edificios e instalaciones de la EDAR. Incluye Memoria, Planos, Pliegos de Prescripciones Técnicas, Presupuesto y Estudio de Seguridad y Salud Laboral	<b>1,00</b>	<b>15.000,00</b>	<b>15.000,00</b>
	EDAR La China	1,00		
ud	<b>Instalación paneles solares de varias unidades cada uno y los inversores correspondientes y otros equipos necesarios.</b> Incluye porcentaje de tecnología a base de ventanas fotovoltaicas	<b>250,00</b>	<b>2.700,00</b>	<b>675.000,00</b>
	EDAR La China	250,00		
m2	<b>Reposición de daños en vías pecuarias.</b> Incluye equipo básico de limpieza y recogida de basuras en Cañada Real Galiana y retirada de edificaciones abandonadas. No incluye transporte ni gestión de los residuos	<b>1.500,00</b>	<b>0,50</b>	<b>750,00</b>
	Impulsión de fangos	1.500,00		
ha	<b>Prospección arqueológica y/o paleontológica.</b> Incluye documentación administrativa y proyectos vinculados	<b>1,50</b>	<b>1.500,00</b>	<b>2.250,00</b>
	EDAR La China	1,00		
	Impulsión de fangos	0,50		
m3	<b>Excavación arqueológica y/o paleontológica (sondeos, catas, etc).</b> Incluye documentación administrativa y proyectos vinculados	<b>118,00</b>	<b>200,00</b>	<b>23.600,00</b>
	EDAR La China	100,00		
	Impulsión de fangos	18,00		
mes	<b>Seguimiento arqueológico y/o paleontológico.</b> Incluye documentación administrativa y proyectos vinculados	<b>9,00</b>	<b>3.000,00</b>	<b>27.000,00</b>
	EDAR La China	6,00		
	Impulsión de fangos	3,00		
h	<b>Riego a aplicar durante las demoliciones</b> para reducir emisión de polvo que pueda llevar a los barrios colindantes	<b>396,00</b>	<b>1,00</b>	<b>396,00</b>
	EDAR La China	396,00		



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

Ud	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO €/Ud	IMPORTE €
ud	<b>Informe de Situación del Suelo</b> conforme al Real Decreto 9/2005 por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y a la Ley 5/2003, de 20 de marzo, de Residuos de la Comunidad de Madrid. Incluye ejecución de calicatas, ensayos de conductividad e infiltración e instalación de piezómetros	1,00	14.000,00	14.000,00
	EDAR La China	1,00		
m3	<b>Machaqueo a pie de obra de los RCD de naturaleza pétreo</b> , con medios mecánicos, con capacidad para tratar de 100 a 400 t/h, y carga sobre camión, para obtención de árido reciclado procedente de RCD. Incluye zona de clasificación y acopio	20.000,00	1,00	20.000,00
	EDAR La China	20.000,00		
<b>TOTAL CAPÍTULO MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS</b>				<b>6.009.208 €</b>



## ANEJO Nº12. PARCELARIO Y TERRENOS AFECTADOS

### ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	2
2.- PROCEDIMIENTO .....	2
3.- SUPERFICIES AFECTADAS .....	3
4.- RELACIÓN DE PARCELAS AFECTADAS .....	5
5.- PLANOS.....	5
APÉNDICES.....	6
APÉNDICE 1. FICHAS DE LAS PARCELA.....	7
APÉNDICE 2. PLANOS .....	



## **1.- INTRODUCCIÓN**

Para conseguir la definición precisa de los bienes y derechos afectados y poder ocuparlos, se ha desarrollado el presente anejo, en el que se recoge la relación concreta e individualizada de los mencionados bienes y derechos afectados, con la descripción material de los mismos en los planos y cuadros que se adjuntan.

Para la correcta ejecución de las Obras contenidas en el presente proyecto, se definen tres tipos de afección: la ocupación definitiva, la servidumbre y la Ocupación Temporal.

### **Ocupación definitiva**

Se incluyen en este apartado los terrenos ocupados por la nueva parcela de la EDAR, así como aquellos elementos de la impulsión de fangos que coincidan con la rasante del terreno o sobresalgan de él (arquetas y pozos de hinca).

### **Servidumbre**

Se define como imposición de servidumbre, las correspondientes franjas de terrenos sobre los que es imprescindible imponer una serie de gravámenes, al objeto de limitar el ejercicio del pleno dominio del inmueble. En este caso estas zonas se corresponden con el bombeo de fangos.

Estas franjas de terreno adicionales se han considerados con un sobre ancho de 1 m a cada lado de los colectores exteriores que forman la impulsión de fangos o un sobre ancho de 1 m sobre las arquetas o pozos de hinca.

Esta distancia se entiende que es suficiente para permitir las labores de reparación de los elementos en caso necesario sin ningún tipo de impedimentos.

Las mencionadas imposiciones de servidumbre se indican, mediante el oportuno grafiado con la trama correspondiente determinada para este fin, en los respectivos planos parcelarios que forman parte del Anejo.

### **Ocupación temporal**

Se definen de este modo aquellas franjas de terrenos que resultan estrictamente necesarios ocupar, para llevar a cabo la correcta ejecución de las obras contenidas en el proyecto y por un espacio de tiempo determinado, generalmente coincidente con el período de finalización de ejecución de las mismas.

En este caso, de la misma forma que para las servidumbres, estas ocupaciones afectan tan solo a la impulsión de fangos.

Se ha supuesto una franja de 5 m de ancho a cada lado de la zona de servidumbre, suficiente para el paso de maquinaria y acopios durante las obras. Además se han incluido algunas zonas de dimensiones variables con el fin de dotar al constructor de explanadas donde realizar grandes acopios de material.

## **2.- PROCEDIMIENTO**

Definido el trazado de la alternativa a proyectar, se ha volcado dicha información sobre los planos parcelarios.



A partir de este momento se han podido identificar las parcelas afectadas, y así poder recopilar toda la información no protegida obtenida de la SEDE ELECTRÓNICA DEL CATASTRO.

### **3.- SUPERFICIES AFECTADAS**

Se ha determinado que la superficie total afectada corresponde a toda la extensión de la parcela donde se encuentra situada la EDAR La China así como las parcelas que se verán afectadas por la canalización del bombeo de fangos incluida en el proyecto.





PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

Nº ORDEN	AFECCION	Referencia catastral	Localización	Polígono	Parcela	Clase	Uso	Ocupación definitiva (m2)	Servidumbre acueducto (m2)	Ocupación temporal (m2)
1	EDAR CHINA	2294301VK4629E0001XD	CL EMBAJADORES 286, 28053 MADRID [MADRID]			Urbano	Industrial	69	1.321	3.200
2	Fangos China-Butarque	3366601VK4636E0001DS	CM MALECON 15 Suelo 28042 MADRID (MADRID)			Urbano	Suelo sin edificar	102	9.137	22.038
3	Fangos China-Butarque	1306275VK4636F0001IZ	LG PRADO ZURITA 1(S) Suelo 28000 MADRID (MADRID)			Urbano	Suelo sin edificar	60	2.097	4.269
4	Fangos China-Butarque	1306270VK4636F0001OZ	LG PRADO ZURITA Ndup-S Suelo 28000 MADRID (MADRID)			Urbano	Suelo sin edificar	53	2.956	6.947
5	Fangos China-Butarque	3366606VK4636E	CL ALFA 4 Suelo 28042 MADRID (MADRID)			Urbano	Suelo sin edificar	9	220	626
6	Fangos China-Butarque	28900A90409000						343	2.338	5.956
7	Fangos China-Butarque	28900A90509000							175	408
8	Fangos China-Butarque	4050901VK4645A0001BO	AV LOS ROSALES 36 Suelo 0000 28021 MADRID (MADRID)			Urbano	Suelo sin edificar		153	428



#### **4.- RELACIÓN DE PARCELAS AFECTADAS**

En las fichas que se adjunta en el Apéndice nº 1 se recoge toda la información disponible sobre las parcelas, incluyendo:

- Identificación catastral.
- Superficie de ocupación.
- Naturaleza del suelo.
- Uso del suelo.
- Superficie construida

#### **5.- PLANOS**

En el Apéndice nº 2. Se incluyen los planos de las parcelas y las superficies afectadas.



## APÉNDICES



## APÉNDICE 1. FICHAS DE LAS PARCELA



# CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE

**REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE**  
**2294301VK4629E0001XD**

## DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

LOCALIZACIÓN

**CL EMBAJADORES 286**

**28053 MADRID [MADRID]**

USO PRINCIPAL

**Industrial**

AÑO CONSTRUCCIÓN

**1980**

COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN

**100,000000**

SUPERFICIE CONSTRUIDA (m<sup>2</sup>)

**11.439**

## PARCELA CATASTRAL

SITUACIÓN

**CL EMBAJADORES 286**

**MADRID [MADRID]**

SUPERFICIE CONSTRUIDA (m<sup>2</sup>)

**11.439**

SUPERFICIE GRÁFICA PARCELA (m<sup>2</sup>)

**192.642**

TIPO DE FINCA

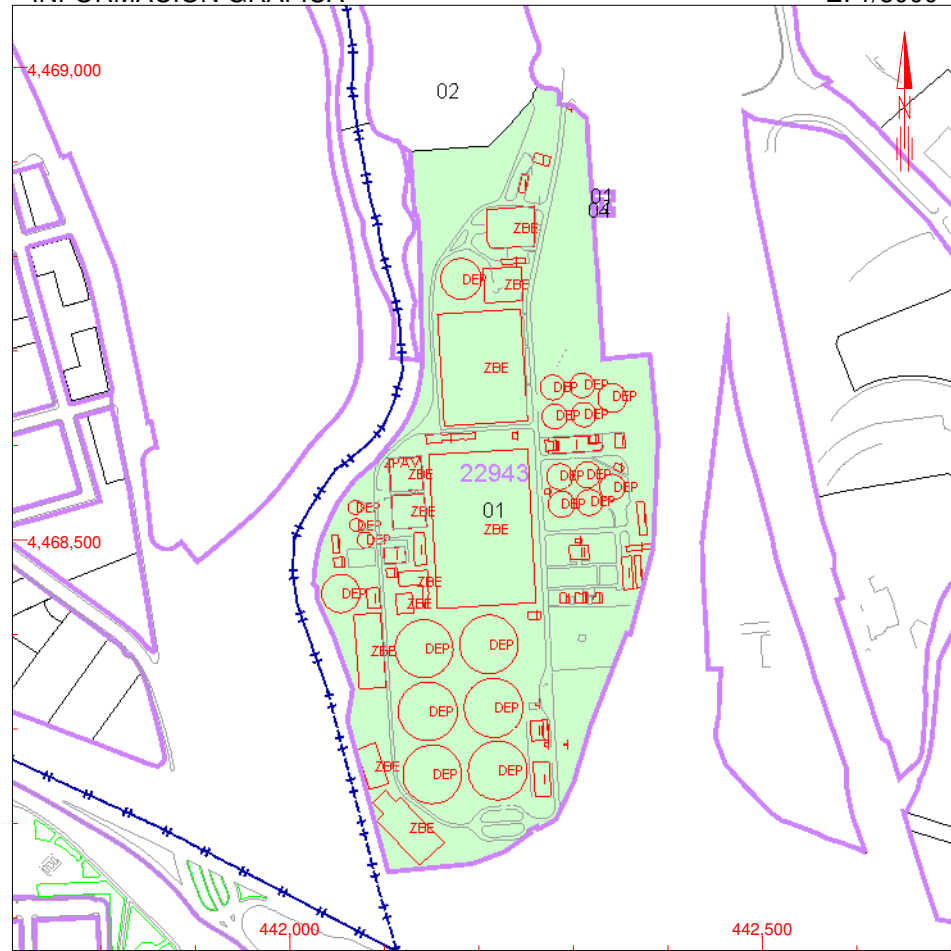
**Parcela construida sin división horizontal**

## CONSTRUCCIÓN

Destino	Escalera	Planta	Puerta	Superficie m <sup>2</sup>	
OFICINA	A	00	01	300	
OFICINA	A	01	01	300	
OFICINA	B	00	02	95	
OFICINA	B	01	02	95	
OFICINA	B	00	03	130	
OFICINA	B	01	03	130	
OFICINA	B	00	04	95	
OFICINA	B	01	04	95	
ALMACEN	C	00	05	790	
ALMACEN	C	01	05	203	
ALMACEN	C	02	05	141	
ALMACEN	D	00	06	382	
ALMACEN	D	01	06	287	
INDUSTRIAL	E	00	07	156	
ALMACEN	F	00	08	33	
ALMACEN	G	00	09	383	Continua en ANEXO I

## INFORMACIÓN GRÁFICA

E: 1/8000



Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del 'Acceso a datos catastrales no protegidos' de la SEC.

442,500 Coordenadas U.T.M. Huso 30 ETRS89

- Límite de Manzana
- Límite de Parcela
- Límite de Construcciones
- Mobiliario y aceras
- Límite zona verde
- Hidrografía

Jueves , 7 de Mayo de 2020



# CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE

**REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE**  
**3366601VK4636E0001DS**

## DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

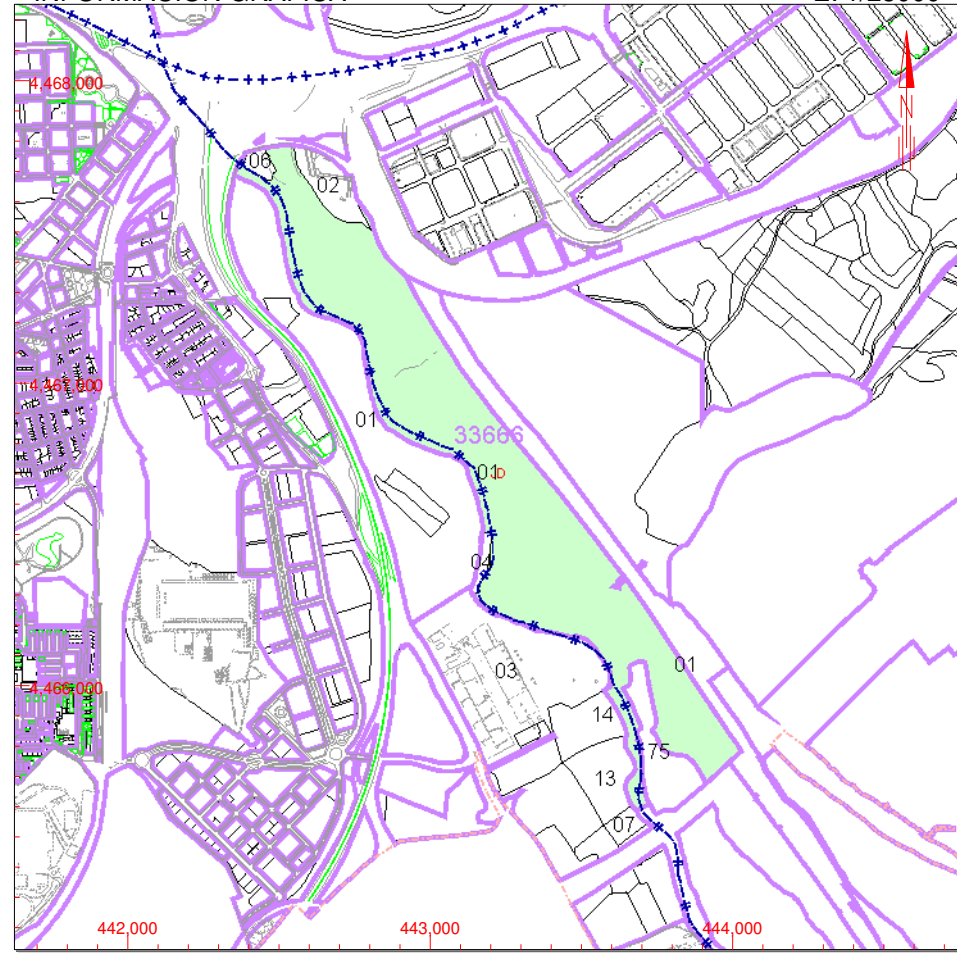
LOCALIZACIÓN	
CM MALECON 15 Suelo	
28042 MADRID [MADRID]	
USO PRINCIPAL	AÑO CONSTRUCCIÓN
Suelo sin edif.	
COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN	SUPERFICIE CONSTRUIDA [m <sup>2</sup> ]
100,000000	--

## PARCELA CATASTRAL

SITUACIÓN		
CM MALECON 15		
MADRID [MADRID]		
SUPERFICIE CONSTRUIDA [m <sup>2</sup> ]	SUPERFICIE GRÁFICA PARCELA [m <sup>2</sup> ]	TIPO DE FINCA
0	641.726	Suelo sin edificar

## INFORMACIÓN GRÁFICA

E: 1/25000



Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del 'Acceso a datos catastrales no protegidos' de la SEC.

- 445,000 Coordenadas U.T.M. Huso 30 ETRS89
- Límite de Manzana
- Límite de Parcela
- Límite de Construcciones
- Mobiliario y aceras
- Límite zona verde
- Hidrografía

Martes , 12 de Mayo de 2020



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE HACIENDA

SECRETARÍA DE ESTADO DE HACIENDA

DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO

# CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE

## REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE

**1306275VK4636F0001IZ**

## DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

LOCALIZACIÓN

**LG PRADO ZURITA 1[S] Suelo**

**28000 MADRID [MADRID]**

USO PRINCIPAL

**Suelo sin edif.**

AÑO CONSTRUCCIÓN

--

COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN

**100,00000**

SUPERFICIE CONSTRUIDA [m<sup>2</sup>]

--

## PARCELA CATASTRAL

SITUACIÓN

**LG PRADO ZURITA 1[S]**

**MADRID [MADRID]**

SUPERFICIE CONSTRUIDA [m<sup>2</sup>]

--

SUPERFICIE GRÁFICA PARCELA [m<sup>2</sup>]

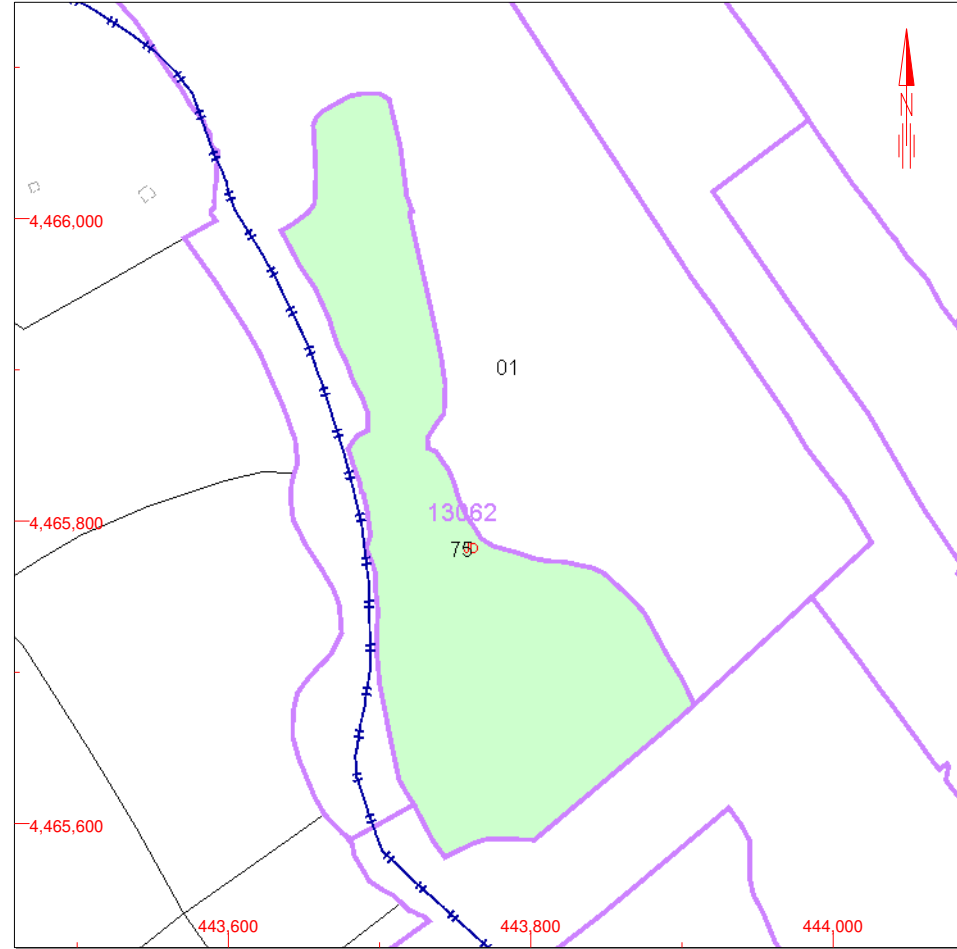
**49.590**

TIPO DE FINCA

**Suelo sin edificar**

## INFORMACIÓN GRÁFICA

E: 1/5000



Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del 'Acceso a datos catastrales no protegidos' de la SEC.

- 444,000 Coordenadas U.T.M. Huso 30 ETRS89
- Límite de Manzana
- Límite de Parcela
- Límite de Construcciones
- Mobiliario y aceras
- Límite zona verde
- Hidrografía

Jueves , 25 de Junio de 2020



# CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE

## REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE

**1306270VK4636F0001OZ**

## DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

### LOCALIZACIÓN

**LG PRADO ZURITA Ndup-S Suelo**

**28000 MADRID [MADRID]**

### USO PRINCIPAL

**Suelo sin edif.**

### AÑO CONSTRUCCIÓN

--

### COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN

**100,00000**

### SUPERFICIE CONSTRUIDA [m<sup>2</sup>]

--

## PARCELA CATASTRAL

### SITUACIÓN

**LG PRADO ZURITA Ndup-S**

**MADRID [MADRID]**

### SUPERFICIE CONSTRUIDA [m<sup>2</sup>]

--

### SUPERFICIE GRÁFICA PARCELA [m<sup>2</sup>]

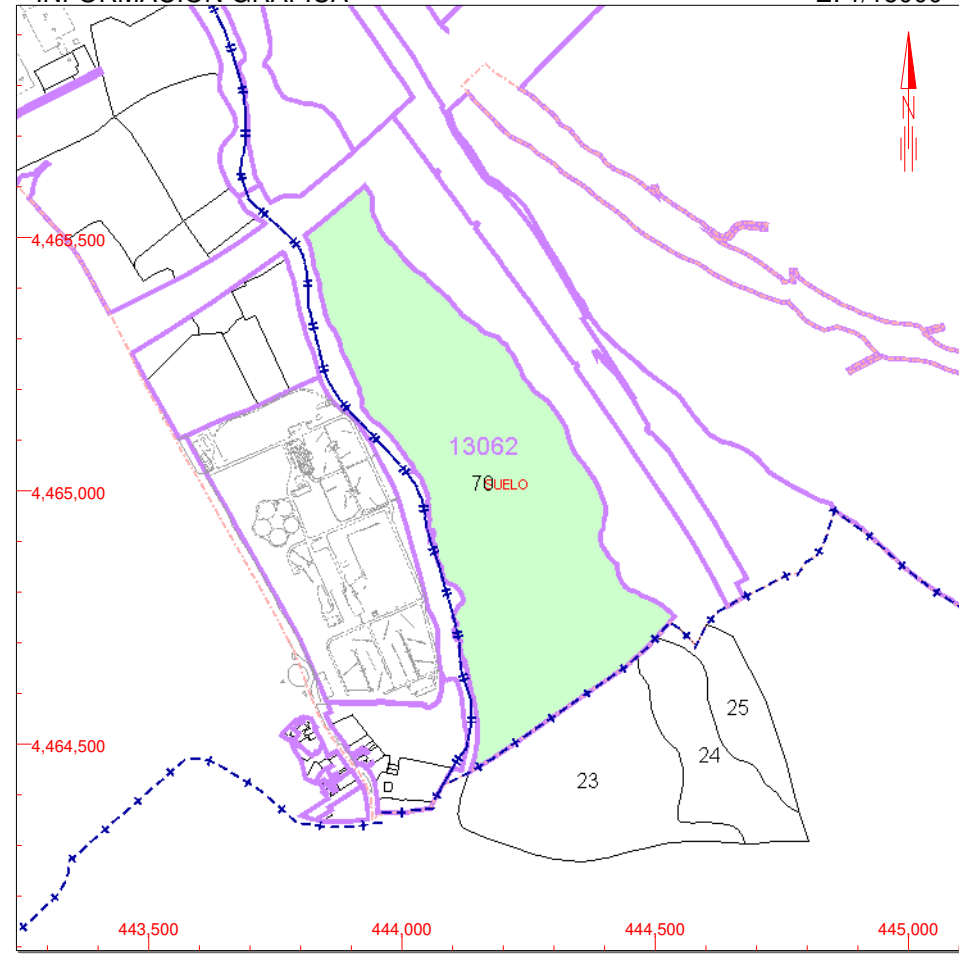
**316.604**

### TIPO DE FINCA

**Suelo sin edificar**

## INFORMACIÓN GRÁFICA

E: 1/15000



Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del 'Acceso a datos catastrales no protegidos' de la SEC.

445,000 Coordenadas U.T.M. Huso 30 ETRS89

- Límite de Manzana
- Límite de Parcela
- Límite de Construcciones
- Mobiliario y aceras
- Límite zona verde
- Hidrografía

Jueves , 25 de Junio de 2020





GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE HACIENDA

SECRETARÍA DE ESTADO DE HACIENDA

DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO

# CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE

## REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE

**3366606VK4636E0000AA**

## DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

LOCALIZACIÓN

**CL ALFA 4 Suelo**

**28042 MADRID [MADRID]**

USO PRINCIPAL

**Suelo sin edif.**

AÑO CONSTRUCCIÓN

--

COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN

**100,00000**

SUPERFICIE CONSTRUIDA [m<sup>2</sup>]

--

## PARCELA CATASTRAL

SITUACIÓN

**CM MALECON 4**

**MADRID [MADRID]**

SUPERFICIE CONSTRUIDA [m<sup>2</sup>]

**0**

SUPERFICIE GRÁFICA PARCELA [m<sup>2</sup>]

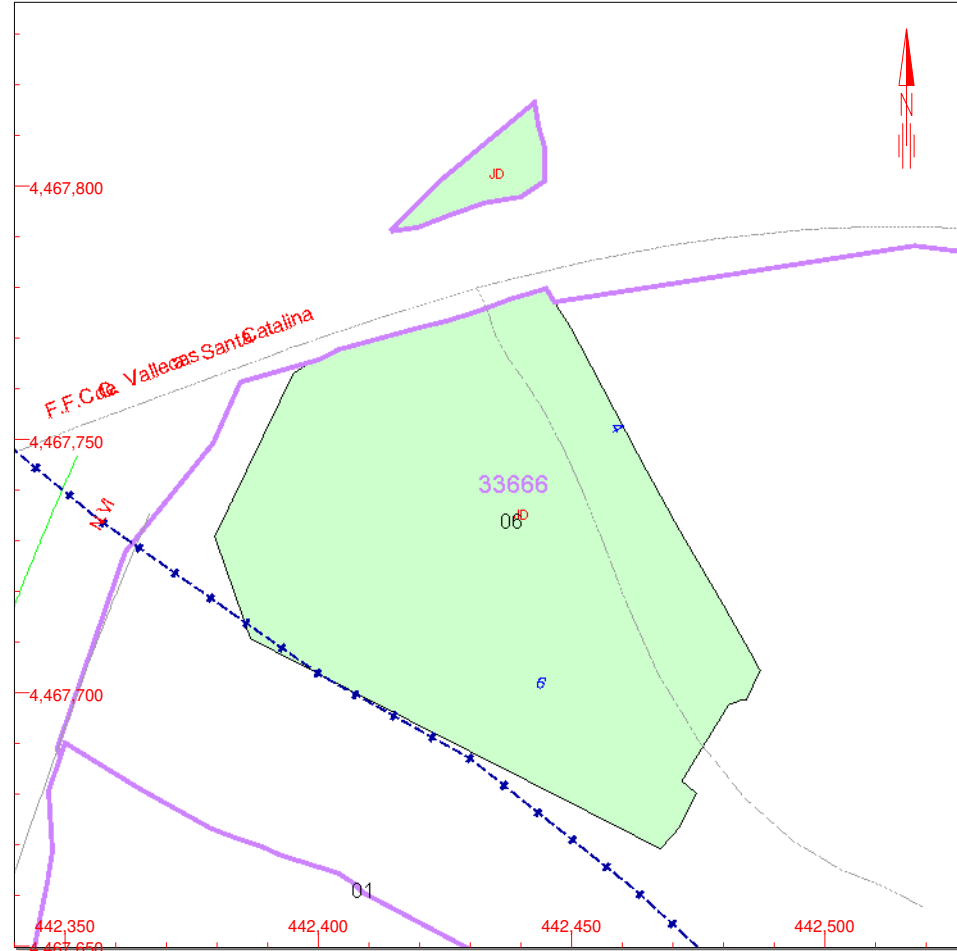
**7.352**

TIPO DE FINCA

**Suelo sin edificar**

## INFORMACIÓN GRÁFICA

E: 1/1500



Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del 'Acceso a datos catastrales no protegidos' de la SEC.

- 442,550 Coordenadas U.T.M. Huso 30 ETRS89
- Límite de Manzana
- Límite de Parcela
- Límite de Construcciones
- Mobiliario y aceras
- Límite zona verde
- Hidrografía

Miércoles , 13 de Mayo de 2020



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE HACIENDA

SECRETARÍA DE ESTADO DE HACIENDA

DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO

# CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE

**REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE**  
4050901VK4645A0001BO

## DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

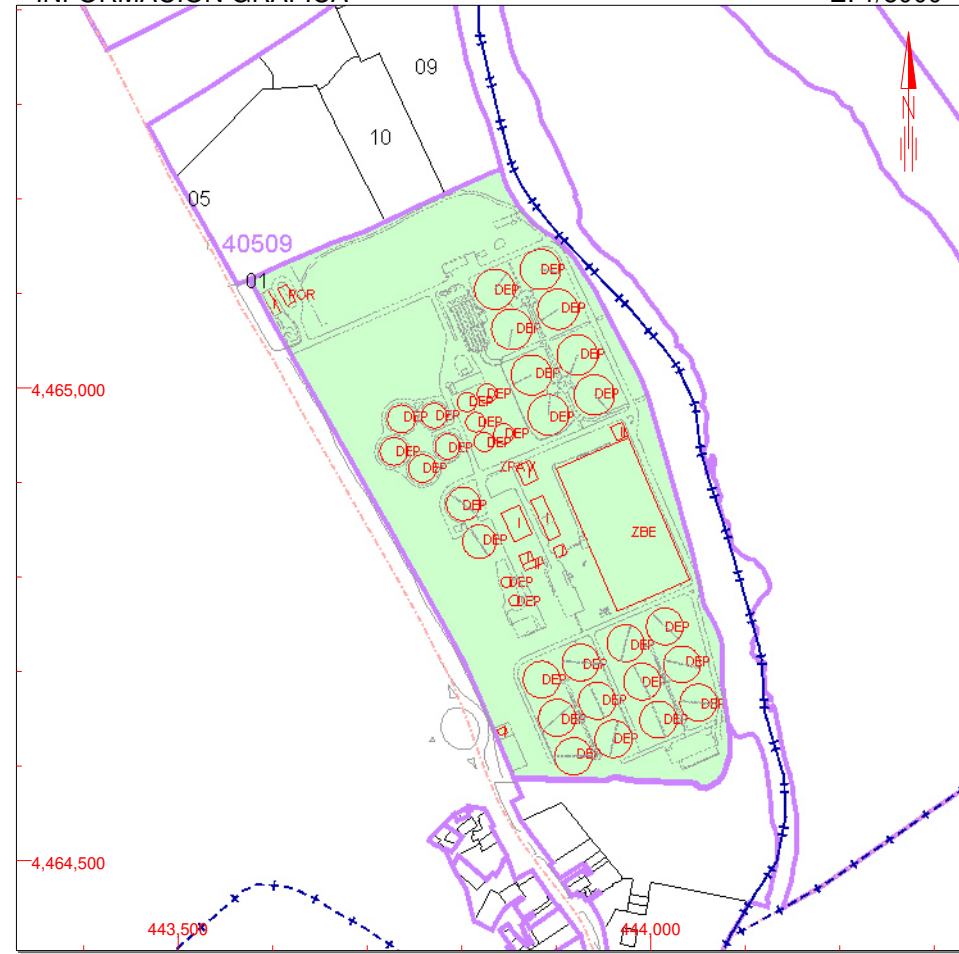
LOCALIZACIÓN	
AV LOS ROSALES 36 Suelo 0000	
28021 MADRID [MADRID]	
USO PRINCIPAL	AÑO CONSTRUCCIÓN
Suelo sin edif.	
COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN	SUPERFICIE CONSTRUIDA [m <sup>2</sup> ]
100,00000	--

## PARCELA CATASTRAL

SITUACIÓN		
AV LOS ROSALES 36		
MADRID [MADRID]		
SUPERFICIE CONSTRUIDA [m <sup>2</sup> ]	SUPERFICIE GRÁFICA PARCELA [m <sup>2</sup> ]	TIPO DE FINCA
--	183.393	Suelo sin edificar

## INFORMACIÓN GRÁFICA

E: 1/8000



Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del 'Acceso a datos catastrales no protegidos' de la SEC.

- 444,500 Coordenadas U.T.M. Huso 30 ETRS89
- Límite de Manzana
- Límite de Parcela
- Límite de Construcciones
- Mobiliario y aceras
- Límite zona verde
- Hidrografía

Jueves , 7 de Mayo de 2020

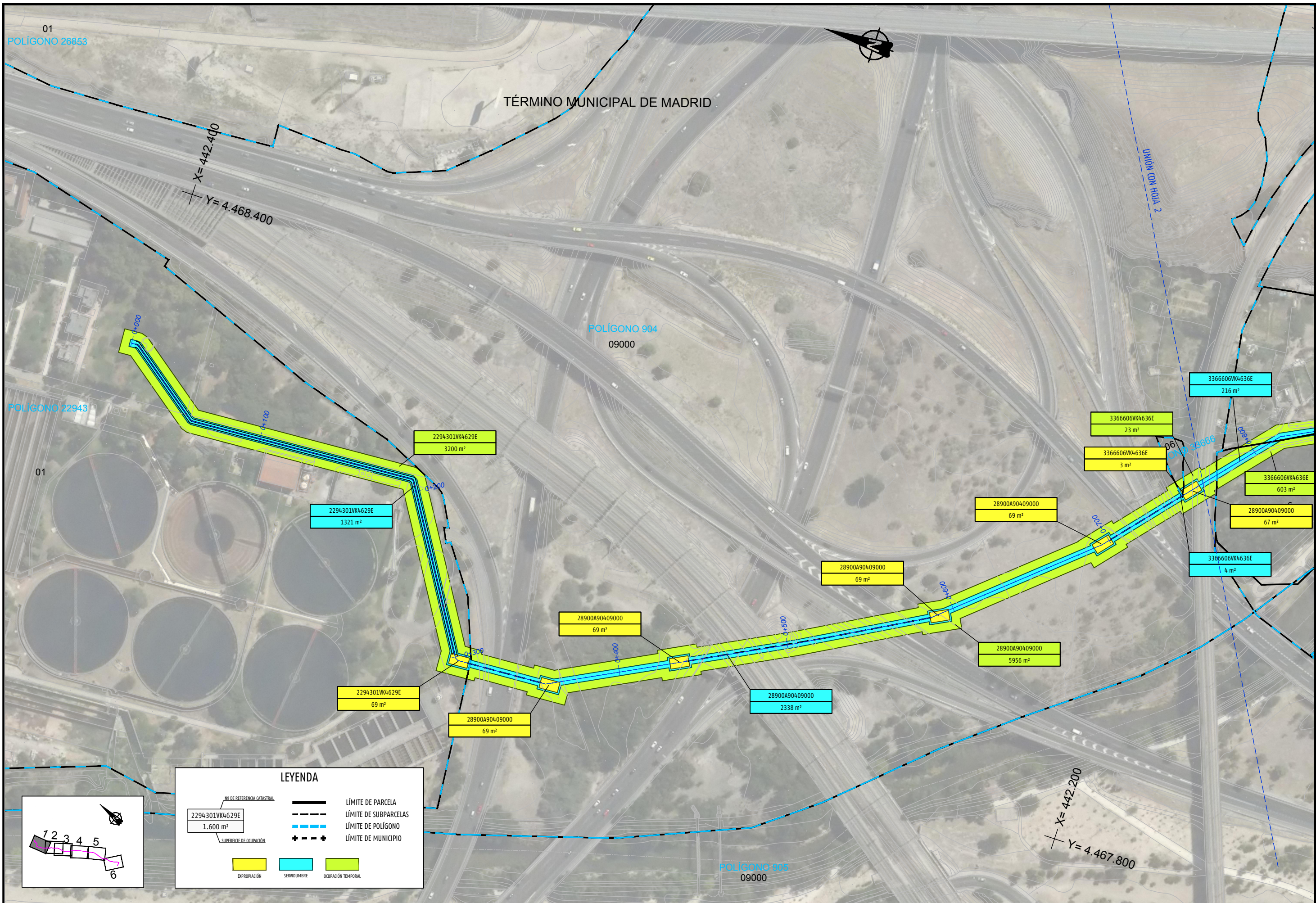
**REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE**  
**2294301VK4629E0001XD**

HOJA 1/1

Destino	Escalera	Planta	Puerta	Superficie. m <sup>2</sup>
ALMACEN	H	00	10	77
ALMACEN	I	00	11	64
ALMACEN	J	00	12	595
ALMACEN	J	00	13	595
ALMACEN	J	00	14	595
ALMACEN	J	00	15	595
ALMACEN	J	00	16	595
ALMACEN	J	00	17	28
ALMACEN	K	00	18	277
ALMACEN	L	00	19	156
ALMACEN	M	00	20	26
ALMACEN	N	00	21	103
ALMACEN	O	00	22	13
ALMACEN	P	00	23	8
ALMACEN	Q	00	24	22
ALMACEN	R	00	25	604
ALMACEN	S	00	26	540
ALMACEN	S	00	27	540
ALMACEN	S	00	28	730
ALMACEN	S	00	29	540
ALMACEN	S	00	30	540
ALMACEN	T	00	31	129
ALMACEN	V	00	32	132
ALMACEN	W	00	33	10
ALMACEN	X	00	34	310

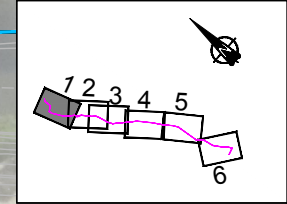


## APÉNDICE 2. PLANOS



**LEYENDA**

<p>NO. DE REFERENCIA CATASTRAL</p> <p>2294301VK4629E</p> <p>1.600 m<sup>2</sup></p> <p>SUPERFICIE DE OCUPACIÓN</p>	<p>—</p> <p>---</p> <p>----</p> <p>+ - + - +</p>	<p>LÍMITE DE PARCELA</p> <p>LÍMITE DE SUBPARCELAS</p> <p>LÍMITE DE POLÍGONO</p> <p>LÍMITE DE MUNICIPIO</p>
<p>EXPROPIACIÓN</p> <p>SERVIDUMBRE</p> <p>OCUPACIÓN TEMPORAL</p>	<p>—</p> <p>---</p> <p>----</p> <p>+ - + - +</p>	<p>LÍMITE DE PARCELA</p> <p>LÍMITE DE SUBPARCELAS</p> <p>LÍMITE DE POLÍGONO</p> <p>LÍMITE DE MUNICIPIO</p>



TÉRMINO MUNICIPAL DE MADRID



$X=442.700$   
 $Y=4467.800$   
POLÍGONO 33666  
02

POLÍGONO 904  
09000

UNIÓN CON HOJA 3

02

3366606VK4636E  
23 m<sup>2</sup>

3366606VK4636E  
216 m<sup>2</sup>

3366601VK4636E  
6 m<sup>2</sup>

3366606VK4636E  
3 m<sup>2</sup>

3366606VK4636E  
603 m<sup>2</sup>

28900A90409000  
67 m<sup>2</sup>

3366606VK4636E  
6 m<sup>2</sup>

3366606VK4636E  
4 m<sup>2</sup>

POLÍGONO 33666

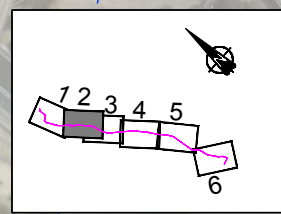
01

3366601VK4636E  
12 m<sup>2</sup>

3366601VK4636E  
12 m<sup>2</sup>

$X=442.600$   
 $Y=4467.300$

29708 01



**LEYENDA**

		LÍMITE DE PARCELA
		LÍMITE DE SUBPARCELAS
		LÍMITE DE POLÍGONO
		LÍMITE DE MUNICIPIO
EXPROPIACIÓN	SERVIDUMBRE	OCCUPACIÓN TEMPORAL

ESCALA  
1:2.000



FECHA  
SEPTIEMBRE - 2020

TÍTULO DEL PLANO  
EXPROPIACIONES

Nº DE PLANO  
A12  
Hoja 2 de 6

TÉRMINO MUNICIPAL DE MADRID



POLÍGONO 904  
09000

POLÍGONO 36721

POLÍGONO 38604  
01

POLÍGONO 33666

3366601VK4636E  
12 m<sup>2</sup>

01

3366601VK4636E  
12 m<sup>2</sup>

3366601VK4636E  
12 m<sup>2</sup>

POLÍGONO 29708

01

UNIÓN CON HOJA 2

UNIÓN CON HOJA 4

X=442.600  
Y=4.467.300

X=443.100  
Y=4.467.200

+200

+300

+400

+500

+600

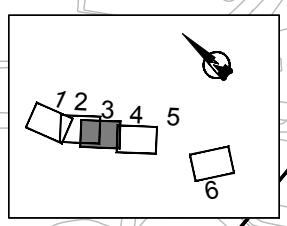
+700

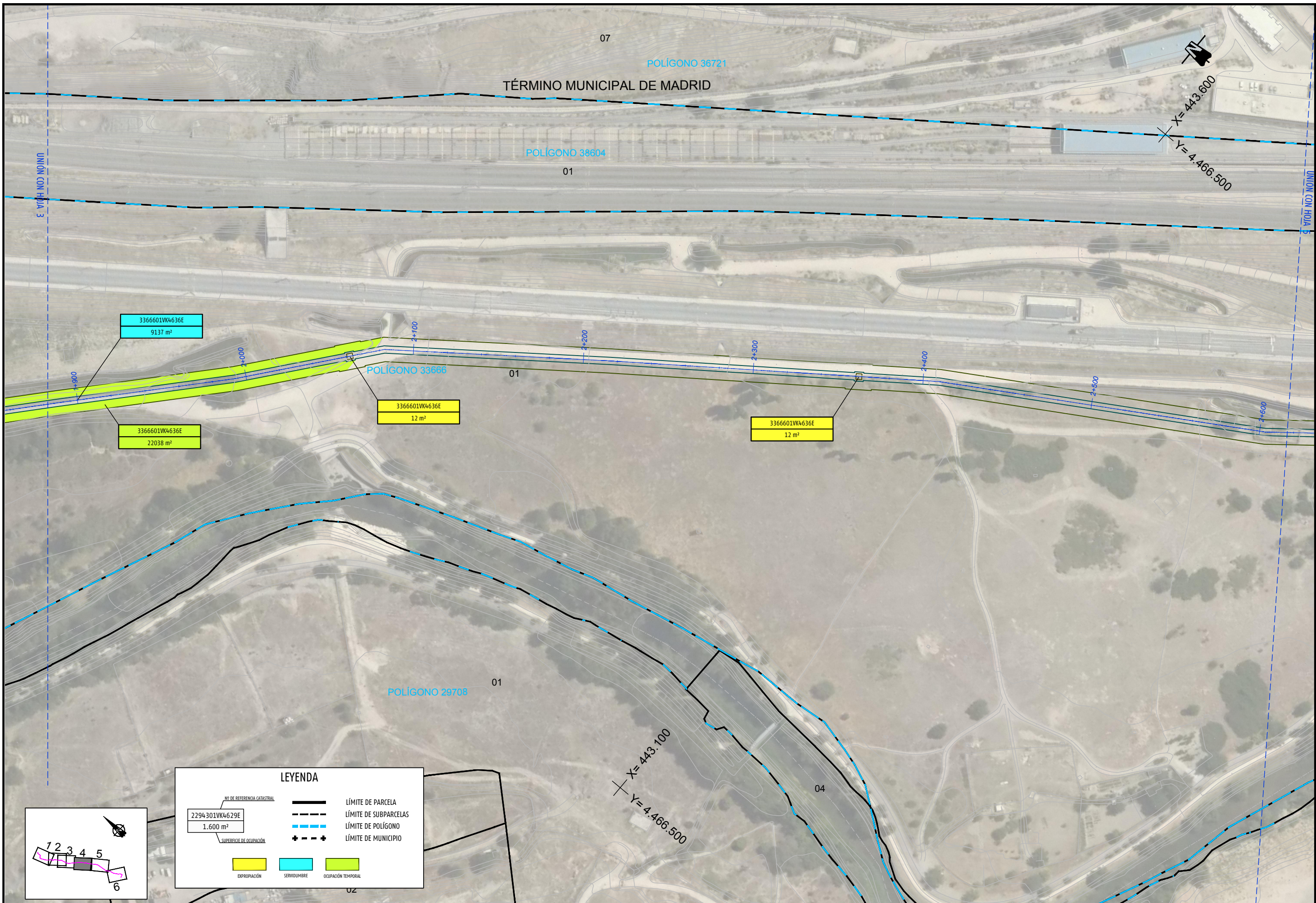
+800

+900

LEYENDA

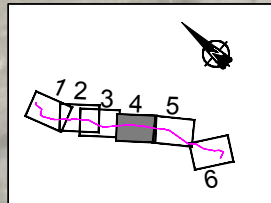
<p>NO. DE REFERENCIA CATASTRAL</p> <p>2294301VK4629E</p> <p>1.600 m<sup>2</sup></p>	<p>—</p> <p>LÍMITE DE PARCELA</p>
<p>SUPERFICIE DE OCUPACIÓN</p> <p>EXPROPIACIÓN</p>	<p>- - -</p> <p>LÍMITE DE SUBPARCELAS</p>
<p>SERVIDUMBRE</p>	<p>— — —</p> <p>LÍMITE DE POLÍGONO</p>
<p>OCUPACIÓN TEMPORAL</p>	<p>+ + +</p> <p>LÍMITE DE MUNICIPIO</p>



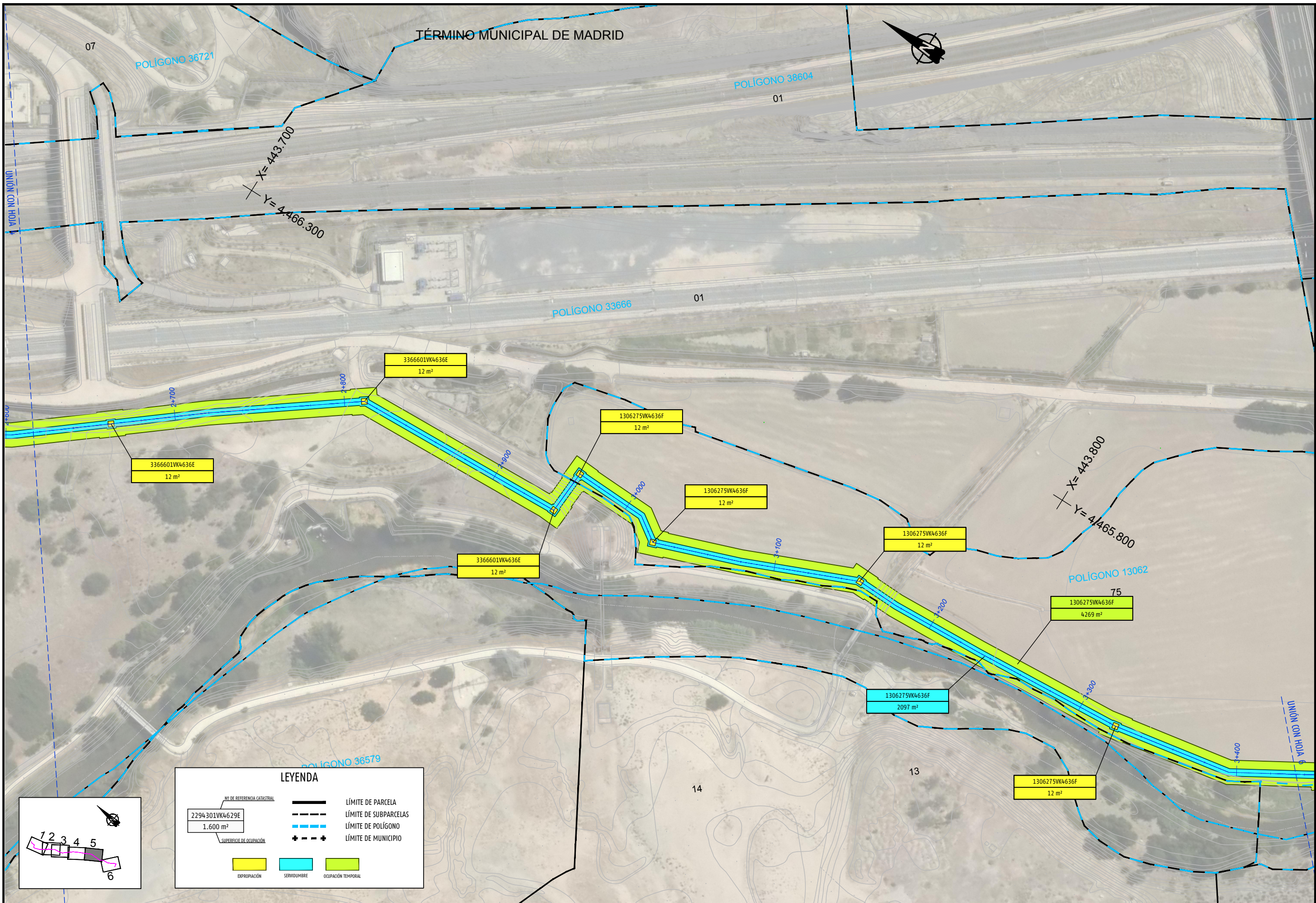


**LEYENDA**

<p>NO. DE REFERENCIA CATASTRAL</p> <p>2294301VK4629E</p> <p>1.600 m²</p>	<p>—</p> <p>---</p> <p>---</p> <p>+ - - +</p>	<p>LÍMITE DE PARCELA</p> <p>LÍMITE DE SUBPARCELAS</p> <p>LÍMITE DE POLÍGONO</p> <p>LÍMITE DE MUNICIPIO</p>
<p>SUPERFICIE DE OCUPACIÓN</p> <p>EXPROPIACIÓN</p> <p>SERVIDUMBRE</p> <p>OCUPACIÓN TEMPORAL</p>	<p>■</p> <p>■</p> <p>■</p>	<p></p> <p></p> <p></p>







TÉRMINO MUNICIPAL DE MADRID



POLIGONO 36721

POLIGONO 38804

POLIGONO 33666

POLIGONO 13062

3366601VK4636E  
12 m²

3366601VK4636E  
12 m²

1306275VK4636F  
12 m²

1306275VK4636F  
12 m²

1306275VK4636F  
12 m²

1306275VK4636F  
4269 m²

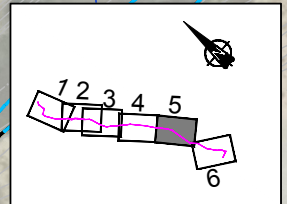
3366601VK4636E  
12 m²

1306275VK4636F  
2097 m²

1306275VK4636F  
12 m²

**LEYENDA**

<p>NO. DE REFERENCIA CATASTRAL</p> <p>2294301VK4629E</p> <p>1.600 m²</p> <p>SUPERFICIE DE OCUPACIÓN</p>	<p>— — — — —</p> <p>LÍMITE DE PARCELA</p>	<p>— — — — —</p> <p>LÍMITE DE SUBPARCELAS</p>
<p>■</p> <p>EXPROPIACIÓN</p>	<p>■</p> <p>SERVIDUMBRE</p>	<p>■</p> <p>OCUPACIÓN TEMPORAL</p>
	<p>— — — — —</p> <p>LÍMITE DE POLÍGONO</p>	<p>— — — — —</p> <p>LÍMITE DE MUNICIPIO</p>



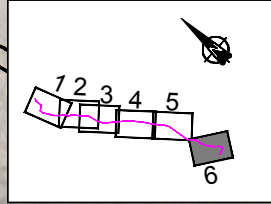
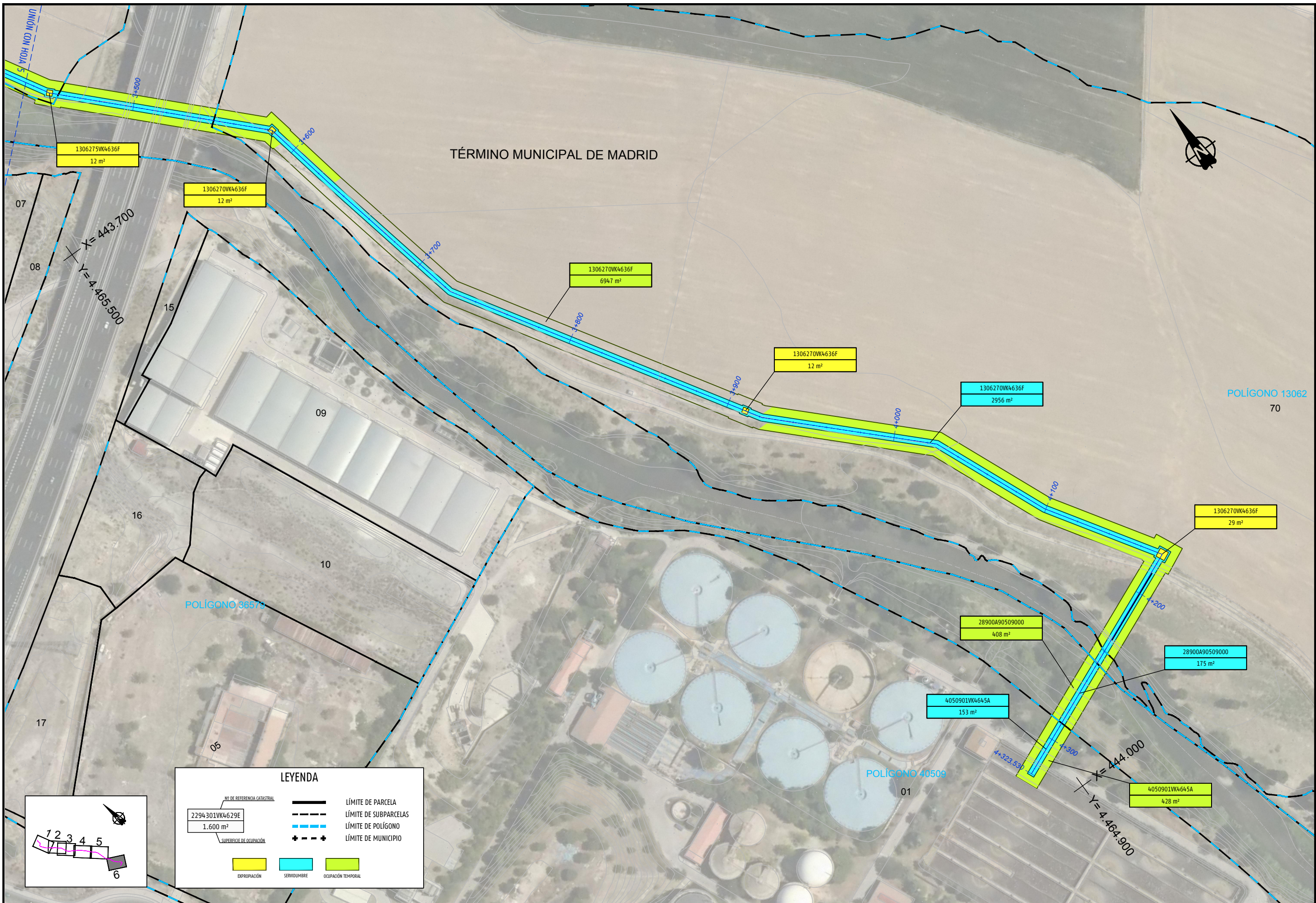
ESCALA  
1:2.000  
Numérica Gráfica



FECHA  
SEPTIEMBRE - 2020

TÍTULO DEL PLANO  
EXPROPIACIONES

Nº DE PLANO  
A12  
Hoja 5 de 6



**LEYENDA**

<p>NO. DE REFERENCIA CATASTRAL</p> <p>2294301VK4629E</p> <p>1.600 m<sup>2</sup></p> <p>SUPERFICIE DE OCUPACIÓN</p>	<p>—</p> <p>---</p> <p>---+---</p>	<p>LÍMITE DE PARCELA</p> <p>LÍMITE DE SUBPARCELAS</p> <p>LÍMITE DE POLÍGONO</p> <p>LÍMITE DE MUNICIPIO</p>
<p>EXPROPIACIÓN</p> <p>SERVIDUMBRE</p> <p>OCCUPACIÓN TEMPORAL</p>		



## ANEJO N°13. SERVICIOS AFECTADOS

### ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO .....	2
2.- AFECCIONES A SERVICIOS.....	3
3.- DATOS DE CONTACTO .....	5
4.- PLANOS.....	6



## **1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO**

En el siguiente anejo se identifican las afecciones a servicios de terceros ocasionadas por las infraestructuras definidas en este estudio informativo.

Los trazados y la información de los servicios se han obtenido a partir de la plataforma Inkolan y de las visitas a campo realizadas.



## **2.- AFECCIONES A SERVICIOS**

Se muestra a continuación un cuadro en el que se identifican los servicios que van a verse afectados por las nuevas infraestructuras.

De cada uno de estos servicios se indica:

- Código identificativo
- Tipo de servicio
- Si se trata de canalización subterránea o aérea
- El propietario del servicio
- La longitud del servicio que se va a ver afectada
- El número de líneas o conducciones que tiene el servicio en la longitud afectada
- Si existe afección real y por lo tanto será necesaria la reposición y/o trabajos de protección y sostenimiento del servicio durante las obras.
- La hoja de los planos adjuntos donde puede verse la afección.



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR LA CHINA.

CÓDIGO	TIPO DE SERVICIO	AÉREO SUBTERRÁNEO	PROPIETARIO	LONGITUD AFECTADA (m)	LÍNEAS	EXISTE AFECCIÓN	PLANO (HOJA)
SA1	ABASTECIMIENTO	SUBTERRÁNEO	CANAL ISABEL II	10	1	SI	1
SA2	ELECTRICIDAD MT	AÉREO	I-DE LIN	10	2	NO	1
SA3	ELECTRICIDAD MT	AÉREO	UFD	10	1	NO	1
SA4	ELECTRICIDAD MT	AÉREO	UFD	10	2	NO	1 Y 2
SA5	ELECTRICIDAD	SUBTERRÁNEO	I-DE LIN	10	1	SI	4
SA6	ELECTRICIDAD MT	AÉREO	I-DE LIN	10	2	NO	4
SA7	ELECTRICIDAD AT	AÉREO	I-DE LIN	10	1	NO	5
SA8	ABASTECIMIENTO	SUBTERRÁNEO	CANAL ISABEL II	15	1	SI	5
SA9	FIBRA ÓPTICA	SUBTERRÁNEO	I-DE LIN	10	3	SI	5



### 3.- DATOS DE CONTACTO

Se indica a continuación los datos de contacto de los propietarios de los servicios de terceros existentes en la zona de obras.

#### UFD Distribución Electricidad, S.A

José Vicente Aragonés Lera

[jvaragones@ufd.es](mailto:jvaragones@ufd.es)

[https://conexionesdered.ufd.es/portalps/peticion.do?\\_ga=2.237786368.1456029075.1526985676-798970911.1466063105](https://conexionesdered.ufd.es/portalps/peticion.do?_ga=2.237786368.1456029075.1526985676-798970911.1466063105)

#### Canal Isabel II Gestión S.A.

Área Cartografía

[cartografia@canaldeisabelsegunda.es](mailto:cartografia@canaldeisabelsegunda.es)

C/ Santa Engracia, 125. 28003 Madrid

#### Nedgia Madrid, S.A – Gas Natural Redes GLP. S.A

- Madrid Sur (Moncloa-Aravaca; Arganzuela; Centro; Moratalaz; Puente Vallecas; Retiro; Villa Vallecas; Villaverde) (Carabanchel, Latina y Usera, solo Red AP16)

D. José Pablo Bonilla Pinto

915893230 / 609738497

[sgestionl@nedgia.es](mailto:sgestionl@nedgia.es)

C/ Berzosa de Lozoya, 1 – 2ª Planta 28021 Madrid

- Madrid Norte (Barajas; Ciudad Lineal; Chamartin; Chamberí; Fuencarral-El Pardo; Hortaleza; Salamanca; San Blas; Tetuan; Vicalvaro)

D. Juan Carlos Sánchez González

916623762 / 916615925/ 916623690

[usstt@nedgia.es](mailto:usstt@nedgia.es)

Avd. Fuentemar, 20 (Oficina 3ª Izq.) 28823 Coslada (Madrid)

#### i-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U

Pablo Escribano Quintana

917677267

[pescribano@iberdrola.es](mailto:pescribano@iberdrola.es)



#### 4.- PLANOS



LEYENDA

- LÍNEA SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN
- LÍNEA SUBTERRÁNEA BAJA TENSIÓN
- LÍNEA SUBTERRÁNEA ALTA TENSIÓN
- CYII AGUA REGENERADA
- CYII AGUA POTABLE
- GAS NATURAL - NEDGIA
- LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN
- LÍNEA MEDIA TENSIÓN PARTICULAR
- I-DE LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN
- I-DE LÍNEA CLIENTE
- I-DE FIBRA ÓPTICA

TÉRMINO MUNICIPAL DE MADRID



UNION CON HOJA 1

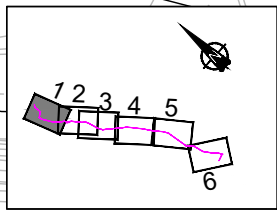
SA4. CANALIZACIÓN UFD LAMT 2x10 m

SA3. CANALIZACIÓN UFD LAMT 10 m

SA2. CANALIZACIÓN I-DE LIN LAMT 2X10 m

SA1. CANALIZACIÓN CANAL ISABEL II  
AGUA POTABLE 10 m

X= 442.200  
Y= 4.467.800



ESCALA  
1:2.000  
Numérica Gráfica



FECHA  
SEPTIEMBRE - 2020

TÍTULO DEL PLANO  
SERVICIOS AFECTADOS  
PLANTA

Nº DE PLANO  
A13  
Hoja 1 de 6

TÉRMINO MUNICIPAL DE MADRID

X=442.700  
Y=4.467.800

UNION CON HOJA 2  
UNION CON HOJA 2

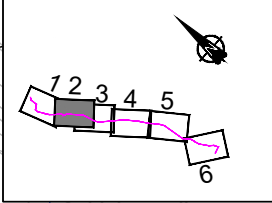
UNION CON HOJA 3  
UNION CON HOJA 2

SA4. CANALIZACIÓN UFD LAMT 2x10 m

X=442.600  
Y=4.467.300

LEYENDA

- LÍNEA SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN
- LÍNEA SUBTERRÁNEA BAJA TENSIÓN
- LÍNEA SUBTERRÁNEA ALTA TENSIÓN
- CYII AGUA REGENERADA
- CYII AGUA POTABLE
- GAS NATURAL - NEDGIA
- LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN
- LÍNEA MEDIA TENSIÓN PARTICULAR
- I-DE LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN
- I-DE LÍNEA CLIENTE
- I-DE FIBRA ÓPTICA



ESCALA  
1:2.000  
Numérica Gráfica

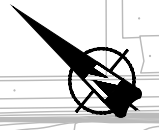


FECHA  
SEPTIEMBRE - 2020

TÍTULO DEL PLANO  
SERVICIOS AFECTADOS  
PLANTA

Nº DE PLANO  
A13  
Hoja 2 de 6

TÉRMINO MUNICIPAL DE MADRID



X=443.100  
Y=4.467.200

UNIÓN CON HOJA 3  
UNIÓN CON HOJA 2

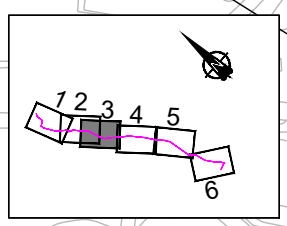
UNIÓN CON HOJA 4  
UNIÓN CON HOJA 3

SA5. CANALIZACIÓN I-DE LIN CLIENTE 10 m

X=442.600  
Y=4.467.300

LEYENDA

- LÍNEA SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN
- LÍNEA SUBTERRÁNEA BAJA TENSIÓN
- LÍNEA SUBTERRÁNEA ALTA TENSIÓN
- CYII AGUA REGENERADA
- CYII AGUA POTABLE
- GAS NATURAL - NEDGIA
- LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN
- LÍNEA MEDIA TENSIÓN PARTICULAR
- I-DE LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN
- I-DE LÍNEA CLIENTE
- I-DE FIBRA ÓPTICA



TÉRMINO MUNICIPAL DE MADRID

X= 443.600  
Y= 4.466.500

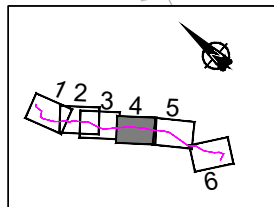
UNION CON HOJA 3  
UNION CON HOJA 4

UNION CON HOJA 4  
UNION CON HOJA 5

SA5. CANALIZACIÓN I-DE LIN CLIENTE 10 m

SA6. CANALIZACIÓN I-DE LIN LAMT 2x10 m

X= 443.100  
Y= 4.466.500



LEYENDA	
	LÍNEA SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN
	LÍNEA SUBTERRÁNEA BAJA TENSIÓN
	LÍNEA SUBTERRÁNEA ALTA TENSIÓN
	CYII AGUA REGENERADA
	CYII AGUA POTABLE
	GAS NATURAL - NEDGIA
	LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN
	LÍNEA MEDIA TENSIÓN PARTICULAR
	I-DE LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN
	I-DE LÍNEA CLIENTE
	I-DE FIBRA ÓPTICA

ESCALA  
1:2.000  
Numérica Gráfica



FECHA  
SEPTIEMBRE - 2020

TÍTULO DEL PLANO  
SERVICIOS AFECTADOS  
PLANTA

Nº DE PLANO  
A13  
Hoja 4 de 6



UNION CON HOJA 4  
UNION CON HOJA 5

X=443.700  
Y=4.466.300

SA7. CANALIZACIÓN I-DE LIN LAAT 10 m

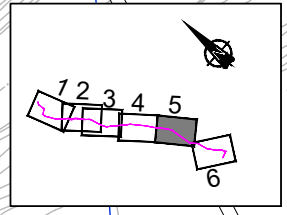
SA8. CANALIZACIÓN CANAL ISABLE II  
AGUA POTABLE 15 m

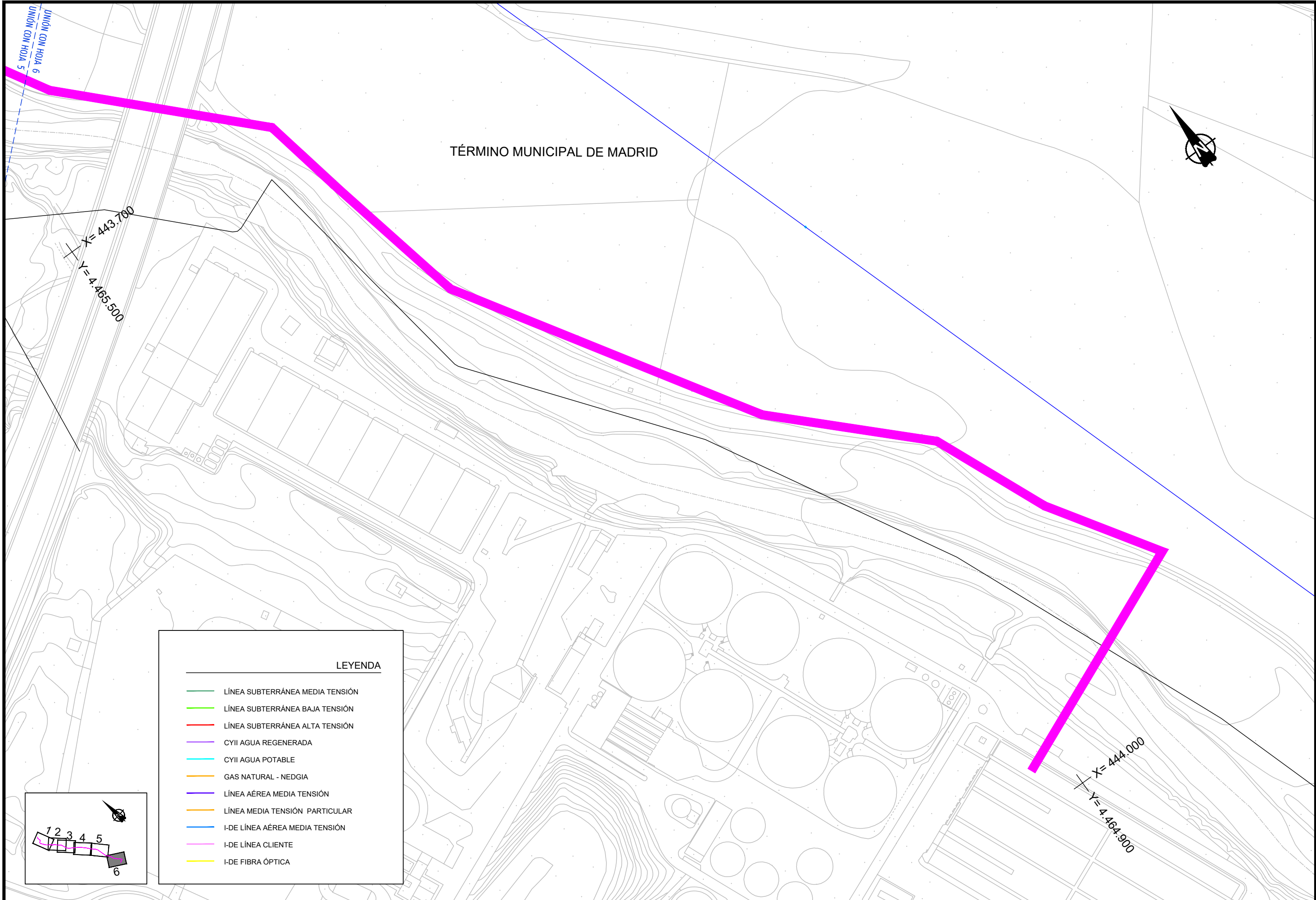
X=443.800  
Y=4.465.800

SA9. CANALIZACIÓN I-DE  
FIBRA ÓPTICA 3x10 m

**LEYENDA**

- LÍNEA SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN
- LÍNEA SUBTERRÁNEA BAJA TENSIÓN
- LÍNEA SUBTERRÁNEA ALTA TENSIÓN
- CYII AGUA REGENERADA
- CYII AGUA POTABLE
- GAS NATURAL - NEDGIA
- LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN
- LÍNEA MEDIA TENSIÓN PARTICULAR
- I-DE LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN
- I-DE LÍNEA CLIENTE
- I-DE FIBRA ÓPTICA





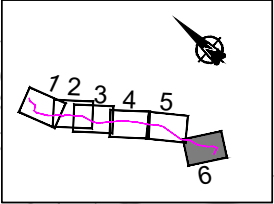
TÉRMINO MUNICIPAL DE MADRID

X=443.700  
Y=4.465.500

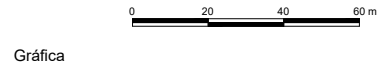
X=444.000  
Y=4.464.900

LEYENDA

- LÍNEA SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN
- LÍNEA SUBTERRÁNEA BAJA TENSIÓN
- LÍNEA SUBTERRÁNEA ALTA TENSIÓN
- CYII AGUA REGENERADA
- CYII AGUA POTABLE
- GAS NATURAL - NEDGIA
- LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN
- LÍNEA MEDIA TENSIÓN PARTICULAR
- I-DE LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN
- I-DE LÍNEA CLIENTE
- I-DE FIBRA ÓPTICA



ESCALA  
1:2.000  
Numérica



FECHA  
SEPTIEMBRE - 2020

TÍTULO DEL PLANO  
SERVICIOS AFECTADOS PLANTA

Nº DE PLANO  
A13  
Hoja 6 de 6



## ANEJO Nº14. RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

### ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	2
2.- ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS .....	3
2.1.- IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS.....	3
2.2.- GENERALIDADES.....	4
2.3.- CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS RESIDUOS.....	4
2.4.- RELACIÓN DE RESIDUOS QUE POTENCIALMENTE SE GENERARÁN EN LA OBRA.....	5
2.5.- ESTIMACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR.....	6
2.6.- GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN .....	8
2.6.1.- Prevención de generar residuos .....	8
2.6.2.- Evitar la construcción de construcciones temporales in situ.....	8
2.6.3.- Gestión de los residuos generados.....	8
2.7.- MEDIDAS DE SEGREGACIÓN Y CLASIFICACIÓN IN SITU PREVISTAS EN OBRA.....	10
2.8.- MEDIDAS A ADOPTAR PARA LA PREVENCIÓN DE RCD.....	11
2.9.- PLANO DE ACOPIO E INSTALACIONES PREVISTAS.....	12
2.10.- PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES PARA EL CONTRATISTA... 15	
2.10.1.- Para el poseedor de los residuos en obra (art. 5-RD 105/2008) .....	15
2.10.2.- Condiciones de carácter particular.....	17
2.11.- VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO.....	18
3.- LISTADO DE GESTORES AUTORIZADOS .....	20



## 1.- INTRODUCCIÓN

Por gestión de residuos se entiende la recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y la eliminación de los mismos, incluida la vigilancia de estas actividades, así como de los lugares de depósito o vertido después de su cierre.

En consecuencia, el estudio de gestión de residuos se estructura según las etapas y objetivos siguientes:

En primer lugar, se identifican los materiales presentes en obra y la naturaleza de los residuos que se van a originar en cada etapa de la obra. Esta clasificación se toma con arreglo a la Lista Europea de Residuos publicada por Orden MAM/304/2002 y sus modificaciones posteriores.

Para cada tipo específico de residuo generado se hace una estimación de su cantidad. En esta fase conviene también tener en consideración datos provenientes de la experiencia acumulada en obras previas por la empresa constructora, según su propia forma de trabajar y los medios auxiliares de que se sirven.

A continuación se definen los agentes intervinientes en el proceso, tanto los responsables de obra en materia de gestión de residuos como los gestores externos a la misma que intervendrán en las operaciones de reutilización secundaria.

Finalmente se definen las operaciones de gestión necesarias para cada tipo de residuo generado, en función de su origen, peligrosidad y posible destino

Estas operaciones comprenden fundamentalmente las siguientes fases: recogida selectiva de residuos generados, reducción de los mismos, operaciones de segregación y separación en la misma obra, almacenamiento, entrega y transporte a gestor autorizado, posibles tratamientos posteriores de valorización y vertido controlado.

Al final de este estudio se incluye un presupuesto o valoración del coste de gestión previsto - alquiler de contenedores, costes de transporte, tasas y cánones de vertido aplicables, así como los de la gestión misma.

En definitiva, el objeto del presente estudio es determinar qué residuos se generan, quién es el responsable de ellos en cada momento y qué se hace con lo generado.



## 2.- ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

De acuerdo con el RD 105/2008, se presenta el presente Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición, conforme a lo dispuesto en el art. 4, con el siguiente contenido:

- 1.- Estimación de los residuos que se van a generar (según Orden MAM/304/2002).
- 2.- Gestión de los residuos de construcción y demolición.
- 3.- Medidas para la segregación y clasificación in situ previstas en obra.
- 4.- Plano de acopios e instalaciones previstas.
- 5.- Prescripciones al contratista.
- 6.- Valoración del coste previsto para la correcta gestión de los RCD.

### 2.1.- IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS

Se hace en este apartado una estimación de los residuos que se van a generar, con identificación de los mismos, codificados con arreglo a la Lista Europea de Residuos (LER) publicada por Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero.

Para poder ejecutar las obras de renovación de la estación depuradora de aguas residuales será necesario ejecutar previamente la demolición de las siguientes instalaciones y edificaciones existentes:



Demolición de la obra civil y Retirada por gestor autorizado de residuos metálicos, plásticos y RTP de los siguientes equipamientos:

- Pretratamiento
- Tratamiento primario
- Tratamiento biológico
- Decantación secundaria
- Tratamiento terciario



- Línea de fangos
- Línea de gas
- Otros edificios varios

Levantado y retirada de parte del pavimento existente

Levantado y retirada de parte del cerramiento de la parcela

## 2.2.- GENERALIDADES

Se tendrán en cuenta a la hora de evaluar la generación de residuos, la demolición de edificaciones existentes, los movimientos de tierras necesarios para la ejecución de la obra y los residuos que se generarán durante la ejecución de la obra.

Es necesario identificar los trabajos previstos en la obra y las demoliciones con el fin de contemplar el tipo y el volumen de residuos que se producirán, organizar los contenedores y/o acopios e ir adaptando esas decisiones a medida que avanza la ejecución de los trabajos.

Se deberá planificar en cada fase de la obra la manera adecuada de gestionar los residuos, decidiendo su tratamiento antes de generar dichos residuos.

## 2.3.- CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS RESIDUOS

RCDs de Nivel I.- Residuos generados resultado de los excedentes de excavación de los movimientos de tierra generados en el transcurso de las obras. Tierras y materiales pétreos, no contaminados, procedentes de obras de excavación.

RCDs de Nivel II.- Residuos generados principalmente en las actividades propias del sector de la construcción, de la demolición, de la edificación y de la implantación de servicios (abastecimiento, saneamiento, telecomunicaciones, suministro eléctrico, gasificación y otros).

Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las que entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. Se contemplan los residuos inertes procedentes de obras de construcción y demolición, incluidos los de obras menores de construcción y reparación domiciliaria sometidas a licencia municipal o no.

Los residuos generados serán tan solo los marcados a continuación de la Lista Europea establecida en la Orden MAM/304/2002.

La inclusión de un material en la lista no significa, sin embargo, que dicho material sea un residuo en todas las circunstancias. Un material sólo se considera residuo cuando se ajusta a la definición de residuo de la Ley 22/2011, de 28 de julio, es decir, cualquier sustancia u objeto del cual se desprenda su poseedor o tenga la obligación de desprenderse en virtud de las disposiciones nacionales en vigor.

## 2.4.- RELACIÓN DE RESIDUOS QUE POTENCIALMENTE SE GENERARÁN EN LA OBRA

Según Lista Europea establecida en la Orden MAM/304/2002.

A.1.: RCDs Nivel I		
TIERRAS Y PÉTREOS DE LA EXCAVACIÓN		
x	17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03
	17 05 06	Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 06
	17 05 08	Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07
A.2.: RCDs Nivel II		
RCD: Naturaleza no pétreo		
<b>1. Asfalto</b>		
x	17 03 02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17 03 01
<b>2. Madera</b>		
x	17 02 01	Madera
<b>3. Metales</b>		
	17 04 01	Cobre, bronce, latón
	17 04 02	Aluminio
	17 04 03	Plomo
	17 04 04	Zinc
x	17 04 05	Hierro y Acero
	17 04 06	Estaño
	17 04 06	Metales mezclados
x	17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10
<b>4. Papel</b>		
x	20 01 01	Papel
<b>5. Plástico</b>		
x	17 02 03	Plástico
<b>6. Vidrio</b>		
x	17 02 02	Vidrio
<b>7. Yeso</b>		
x	17 08 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los del código 17 08 01
A.2.: RCDs Nivel II		
RCD: Naturaleza pétreo		
<b>1. Arena Grava y otros áridos</b>		
x	01 04 08	Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07
x	01 04 09	Residuos de arena y arcilla
<b>2. Hormigón</b>		
x	17 01 01	Hormigón
<b>3. Ladrillos , azulejos y otros cerámicos</b>		
x	17 01 02	Ladrillos
	17 01 03	Tejas y materiales cerámicos
x	17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 1 7 01 06.
<b>4. Piedra</b>		
x	17 09 04	RDCs mezclados distintos a los de los códigos 17 09 01, 02 y 03

A.2.: RCDs Nivel II		
	RCD: Potencialmente peligrosos y otros	
	<b>1. Basuras</b>	
x	20 02 01	Residuos biodegradables
x	20 03 01	Mezcla de residuos municipales
A.2.: RCDs Nivel II		
	<b>2. Potencialmente peligrosos y otros</b>	
	17 01 06	Mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos con sustancias peligrosas (SP's)
	17 02 04	Madera, vidrio o plástico con sustancias peligrosas o contaminadas por ellas
	17 03 01	Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla
	17 03 03	Alquitrán de hulla y productos alquitranados
	17 04 09	Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas
	17 04 10	Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras SP's
	17 06 01	Materiales de aislamiento que contienen Amianto
	17 06 03	Otros materiales de aislamiento que contienen sustancias peligrosas
	17 06 05	Materiales de construcción que contienen Amianto
	17 08 01	Materiales de construcción a partir de yeso contaminados con SP's
	17 09 01	Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio
	17 09 02	Residuos de construcción y demolición que contienen PCB's
	17 09 03	Otros residuos de construcción y demolición que contienen SP's
	17 06 04	Materiales de aislamientos distintos de los 17 06 01 y 03
	17 05 03	Tierras y piedras que contienen SP's
	17 05 05	Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas
	17 05 07	Balasto de vías férreas que contienen sustancias peligrosas
x	15 02 02	Absorbentes contaminados (trapos,...)
x	13 02 05	Aceites usados (minerales no clorados de motor,...)
x	16 01 07	Filtros de aceite
	20 01 21	Tubos fluorescentes
x	16 06 04	Pilas alcalinas y salinas
x	16 06 03	Pilas botón
x	15 01 10	Envases vacíos de metal o plástico contaminado
x	08 01 11	Sobrantes de pintura o barnices
x	14 06 03	Sobrantes de disolventes no halogenados
x	07 07 01	Sobrantes de desencofrantes
x	15 01 11	Aerosoles vacíos
	16 06 01	Baterías de plomo
x	13 07 03	Hidrocarburos con agua
	17 09 04	RDCs mezclados distintos códigos 17 09 01, 02 y 03

## 2.5.- ESTIMACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR

Para la estimación de los residuos a generar, se tendrán en cuenta tanto los residuos generados por las demoliciones y edificación, así como los residuos que se generan durante la ejecución de la propia obra.

En ausencia de datos más contrastados se manejan parámetros estimativos basados en la experiencia en este tipo de obras, de forma que se considera que el volumen de



residuos generados será de 0,02 m<sup>3</sup> por cada m<sup>2</sup> de obra a ejecutar, con una densidad tipo del orden de 1,5 a 0,5 t/m<sup>3</sup>.

	Nueva Obra	
<b>Superficie Construida total</b>	94,091	m <sup>2</sup>
<b>Volumen de residuos (S x 0,02 obra nueva)</b>	1,882	m <sup>3</sup>
<b>Densidad tipo (entre 1,5 y 0,5 T/m<sup>3</sup>)</b>	0.90	t/m <sup>3</sup>
<b>Toneladas de residuos</b>	1,694	t

### Estimación de volumen de tierras

En base a los valores del movimiento de tierras previstos la estimación de tierras excedentarias es de 3649 m<sup>3</sup>, que se llevarán a vertedero:

Estimación de volumen de tierras procedentes de la excavación		
<b>Tierras no reutilizables</b>	3041	m <sup>3</sup>
<b>Total (con coef de paso 1,2)</b>	3649	m <sup>3</sup>

RCDs Nivel I			
	t	d	V
<b>Evaluación teórica del peso por tipología de RDC</b>	<b>Toneladas de cada tipo de RDC</b>	<b>Densidad tipo (t/m<sup>3</sup>) (0,5-1,5)</b>	<b>m<sup>3</sup> Volumen de Residuos</b>
<b>1. TIERRAS Y PÉTREOS DE LA EXCAVACIÓN</b>			
<b>Tierras y pétreos procedentes de la excavación estimados directamente desde los datos de proyecto</b>	4014	1,1	3649

RCDs Nivel II							
	%	t	d (t/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )		VOLUMEN TOTAL (m <sup>3</sup> )	TONELADAS TOTALES
Evaluación teórica del peso por tipología de RDC	% de peso estimado	Toneladas de cada tipo de RDC	Densidad tipo (entre 1,5 y 0,5)	Residuos por superficie de obra a ejecutar	Residuos procedentes de demoliciones	m <sup>3</sup> volumen total de residuos generados	Toneladas totales de residuos generados
<b>RCD: Naturaleza no pétreo</b>							
1. Mezclas bituminosas	3	50.81	1.3	39,08	426,78	465,86	605,62
2. Madera	6	101.62	0.6	169,36	1.849,36	2018,73	1.211,24
3. Metales	9	152.43	1.5	101,62	2.614,93	2716,55	4.074,82
4. Papel	10	169.36	0.9	188,18	2.054,85	2243,03	2.018,73
5. Plástico	20	338.73	0.9	376,36	27.848,92	40727,37	36.654,64
6. Vidrio	0.5	8.47	1.5	5,65	61,65	67,29	100,94
7. Yeso	0.5	8.47	1.2	7,06	77,06	84,11	100,94
<b>TOTAL estimación</b>	<b>49</b>	<b>829.88</b>		<b>887,31</b>	<b>34.933,54</b>	<b>35820,85</b>	<b>33.515,03</b>
<b>RCD: Naturaleza pétreo</b>							



1. Arena, grava y otros áridos	13	220.17	1.5	146,78	1.602,78	1749,56	2.624,35
2. Hormigón	15	254.05	1.5	169,36	118.166,75	118336,11	177.504,16
3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	3	50.81	1.5	33,87	36.611,19	36645,06	54.967,59
4. Piedra	11	207.00	1.5	124,20	1.356,20	1480,40	2.220,60
<b>TOTAL estimación</b>	<b>42</b>	<b>732.03</b>		<b>474,22</b>	<b>157.736,91</b>	<b>158211,13</b>	<b>237.316,70</b>
<b>RCD: Potencialmente peligrosos y otros</b>							
1. Basuras	6	101.62	0.9	112,91	1.232,91	1345,82	1.211,24
2. Potencialmente peligrosos y otros	3	50.81	0.5	101,62	1.109,62	1211,24	605,62
<b>TOTAL estimación</b>	<b>9</b>	<b>152.43</b>		<b>214,53</b>	<b>2.342,53</b>	<b>2557,05</b>	<b>1.816,85</b>

## 2.6.- GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

### 2.6.1.- Prevención de generar residuos

Se deberá evitar, en la medida de lo posible, la generación de residuos, de forma que se facilite la protección del medio ambiente, entendiéndose como una medida global que minimice los impactos de una obra de estas características.

### 2.6.2.- Evitar la construcción de construcciones temporales in situ

Se recomienda la utilización de elementos prefabricados y reutilizables para las instalaciones auxiliares y construcciones asociadas, evitando construcciones in situ que se deban incorporar, a la finalización de las obras, a los residuos de demolición a revalorizar.

### 2.6.3.- Gestión de los residuos generados

El proceso de valoración de residuos generados en la obra implica la estimación de volúmenes, las pautas para la recogida, almacenamientos y separación en caso necesario y el traslado por gestores autorizados.

A continuación se incluye una tabla en la que se muestra una relación de los residuos que se puedan generar en una obra, así como el tratamiento y destino a que se deberán someter cada uno de ellos.

Las empresas de Gestión y tratamiento de residuos estarán, en todo caso, autorizadas por la Consejería competente para la gestión de residuos no peligrosos.

1. TIERRAS Y PÉTREOS DE LA EXCAVACIÓN	Tratamiento	Destino	Cantidad (m <sup>3</sup> )
17.05.04 Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17.05.03	Sin tratamiento específico	Gestor autorizado	3.648,64

RCD: Naturaleza no pétreo		Tratamiento	Destino	Cantidad (m <sup>3</sup> )
1. Asfalto				
17.03.02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17.03.01	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	465,86
2. Madera				
17.02.01	Madera	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	2.018,73
3. Metales				
17.04.05	Hierro y acero	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	2.716,55
4. Papel				
20.01.01	Papel	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	2.243,03
5. Plástico				
17.02.03	Plástico	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	40.727,37
6. Vidrio				
17.02.02	Vidrio	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	67,29
7. Yeso				
17.08.02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los del código 17 08 01	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	84,11
RCD: Naturaleza pétreo		Tratamiento	Destino	Cantidad (m <sup>3</sup> )
1. Arena, grava y otros áridos				
01.04.08	Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01.04.07	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	1.749,56
2. Hormigón				
17.01.01	Hormigón	Reciclado/Vertedero	Planta de reciclaje RCD	118.336,11
3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos				
17.01.02	Ladrillos	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	36.645,06
17.01.03	Tejas y materiales cerámicos	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	
17.01.07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 17.01.06	Reciclado/Vertedero	Planta de reciclaje RCD	
4. Piedra				
17.09.04	RCDs mezclados distintos a los de los códigos 17.09.01, 02 y 03	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	1.480,40
RCD: Potencialmente peligrosos y otros		Tratamiento	Destino	Cantidad (m <sup>3</sup> )
1. Basuras				
20.02.01	Residuos biodegradables	Reciclado/Vertedero	Planta de reciclaje RSU	1.345,82

20.03.01	Mezcla de residuos municipales	Reciclado/Vertedero	Planta de reciclaje RSU	
<b>2. Potencialmente peligrosos y otros</b>				
15.02.02	Absorbentes contaminados (trapos,...)	Depósito/tratamiento	Gestor autorizado RPs	1.211,24
13.02.05	Aceites usados, (minerales no clorados de motor,...)	Depósito/tratamiento		
16.06.04	Pilas alcalinas y salinas	Depósito/tratamiento		
16.06.03	Pilas botón	Depósito/tratamiento		
15.01.10	Envases vacíos de metal o plástico contaminado	Depósito/tratamiento		
08.01.11	Sobrantes de pinturas o barnices	Depósito/tratamiento		
14.06.03	Sobrantes de disolventes no halogenados	Depósito/tratamiento		
07.07.01	Sobrantes de desencofrantes	Depósito/tratamiento		
15.01.11	Aerosoles vacíos	Depósito/tratamiento		
13.07.03	Hidrocarburos con agua	Depósito/tratamiento		

## 2.7.- MEDIDAS DE SEGREGACIÓN Y CLASIFICACIÓN IN SITU PREVISTAS EN OBRA

En base al artículo 5.5 del RD 105/2008, los residuos de construcción y demolición deberán separarse en fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

<b>Madera</b>	1 t
<b>Metal</b>	2 t
<b>Papel y cartón</b>	0,5 t
<b>Plástico</b>	0,5t
<b>Vidrio</b>	1 t
<b>Hormigón</b>	80 t
<b>Ladrillos, tejas, cerámicos</b>	40 t

RCDs NIVEL II		Hay que separar
Evaluación teórica del peso por tipología de RCD	TONELADAS TOTALES Toneladas totales de Residuos generados	
<b>RCD: Naturaleza no pétreo</b>		
Madera	1211,24	SI
Metales	4074,82	SI
Papel	2018,73	SI
Plástico	36654,64	SI
Vidrio	100,94	SI
<b>RCD: Naturaleza pétreo</b>		
Hormigón	177504,16	SI
Ladrillos , azulejos y otros cerámicos	54967,59	SI

Como se puede observar en la tabla, se deberán separar en fracciones todas las tipologías de RCD.





## 2.8.- MEDIDAS A ADOPTAR PARA LA PREVENCIÓN DE RCD

### Para mejorar la gestión de residuos de tierras

- Se incorporan al terreno de la propia obra
- Se depositan en predios cercanos o vecinos, con autorización del propietario

### Para gestionar correctamente los escombros minerales o vegetales

- Los escombros vegetales se acopian en terreno con pendiente < 2%
- Los escombros vegetales se acopian a > 100 m de curso de agua
- Se planifica la demolición para poder clasificar los escombros
- Se reciclan los escombros
- Se planifica el desbroce eliminando las especies de mayor a menor tamaño
- Se conservan las ramas pequeñas y las hojas sobrantes para revegetar
- Escombros vegetales se trasladan a planta de compostaje

### Para gestionar correctamente los residuos de chatarra

- Los acopios de chatarra férrica o de plomo no vierten escorrentías a cauce público
- Se acopian separadamente y se reciclan

### Para gestionar correctamente los residuos de madera

- Se acopian separadamente y se reciclan, reutilizan o llevan a vertedero autorizado
- Los acopios de madera están protegidos de golpes o daños

### Para gestionar correctamente los residuos de aceites minerales y sintéticos

- Se establece una sistemática para almacenamiento y recogida por GA
- Se recogen en envases sólidos y resistentes, sin defectos estructurales ni fugas
- Se depositan en bidones, que se trasladan cerrados desde el taller hasta el almacén
- Se almacenan en cisterna de 3.000 l reconocible y con letrero etiquetado
- Se almacenan evitando mezclas con agua, con residuos oleaginosos, o con policlorofenilos, u otros RP
- Se avisa al GA cuando la cisterna está  $\frac{3}{4}$  llena, o a los cinco meses de almacenamiento
- Se evitan vertidos en cauces o en alcantarillado
- Se evitan depósitos en el suelo
- Se evitan tratamientos que afecten a la atmósfera
- Se inscriben en la Hoja de control interno de RP
- Se reduce la cantidad generada reduciendo la frecuencia de cambio de aceite
- Se reduce la cantidad generada manteniendo las máquinas en buen estado
- Se reduce la cantidad generada usando las máquinas en su rango de mayor eficiencia

### Para gestionar correctamente los residuos de fluorescentes o mercuroluminiscentes

- Se establece una sistemática para almacenamiento y recogida por GA



- Se evita su rotura
- Se almacenan en envases dedicados
- Se reduce su número por aumento de la vida útil mediante:
  - Buen mantenimiento
  - Uso en el rango de mayor eficiencia
  - Mejora tecnológica

#### **Para gestionar correctamente los residuos con amianto**

- Los materiales con amianto se retiran al principio de las operaciones
- Se desmontan como se montaron, sin brusquedades
- Se desatornillan las placas de amiantocemento y se retiran suspendiéndolas de eslingas a una grúa
- Se toman precauciones en operaciones con golpes, roturas, taladros, corte y uso de instrumental mecánico
- Los operarios utilizan mascarilla filtrante para partículas, y guantes de protección química
- Los operarios utilizan una plataforma elevada para desmontar placas de cubierta
- Se envasan los RP con amianto en sacos de 2 capas de polipropileno etiquetados y herméticos
- Se envasan los RP con amianto en el lugar en que se producen, antes de trasladarlos al almacén de RP
- Se prepara un plan de actuación antes de comenzar los trabajos

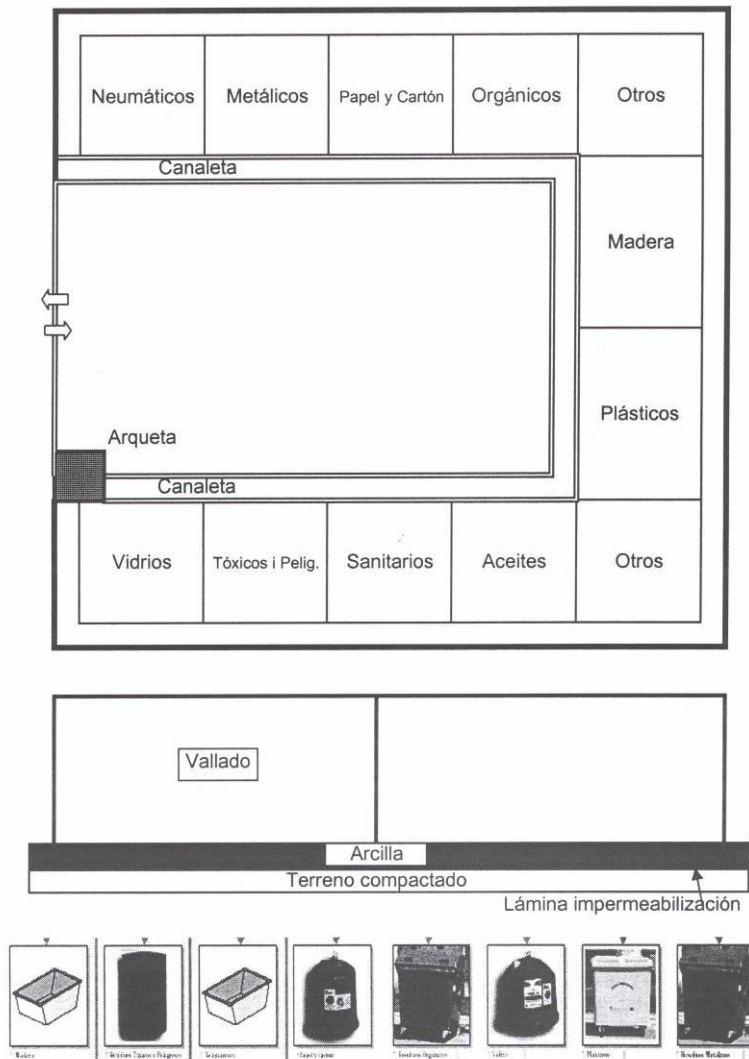
#### **Para gestionar correctamente los residuos de baterías y acumuladores**

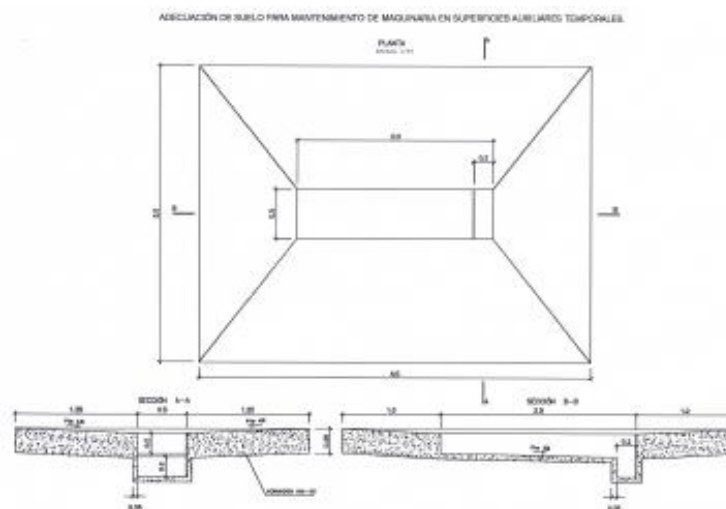
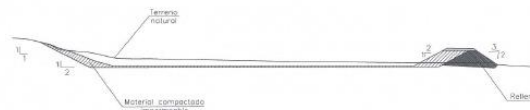
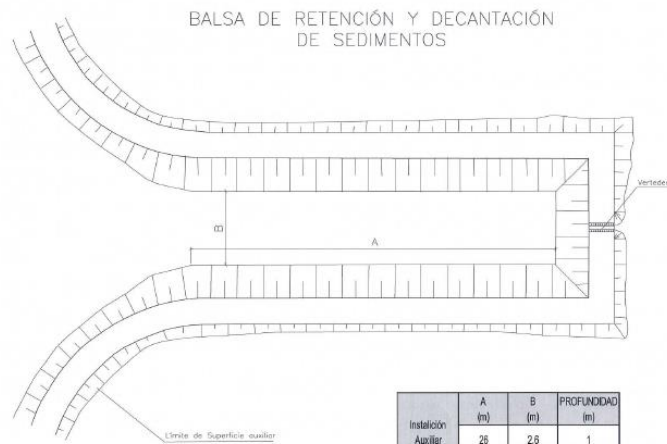
- Se establece una sistemática para almacenamiento y recogida por GA
- Se evita su rotura
- Se almacenan en envases dedicados

### **2.9.- PLANO DE ACOPIO E INSTALACIONES PREVISTAS**

Se presenta en este apartado un croquis con las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de demolición dentro de la obra.

Un esquema básico de las instalaciones puede ser el siguiente:





Estas instalaciones podrán ser objeto de adaptación a las características particulares de la obra y sus sistemas de ejecución, previo acuerdo de la dirección facultativa de la obra.

Otras instalaciones:

- Bajantes de escombros
- Acopios y / o contenedores de los distintos tipos de RD (tierras, pétreos, maderas, plásticos, metales, vidrios, cartones...)
- Zonas o contenedor para lavado de canaletas / cubetos de hormigón
- Almacenamiento de residuos y productos tóxicos potencialmente peligrosos
- Contenedores para residuos urbanos
- Ubicación de planta móvil de reciclaje "in situ"

- Ubicación de materiales reciclados como áridos, materiales cerámicos o tierras a reutilizar

## 2.10.- PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES PARA EL CONTRATISTA

### 2.10.1.- Para el poseedor de los residuos en obra (art. 5-RD 105/2008)

La figura del poseedor de los residuos en la obra es fundamental para una eficaz gestión de los mismos, puesto que está a su alcance tomar las decisiones para la mejor gestión de los residuos y las medidas preventivas para minimizar y reducir los residuos que se originan.

En síntesis, los principios que debe observar son los siguientes:

- Presentar ante el promotor un Plan que refleje cómo llevará a cabo esta gestión, si decide asumirla él mismo, o en su defecto, si no es así, estará obligado a entregarlos a un Gestor de Residuos acreditándolo fehacientemente. Si se los entrega a un intermediario que únicamente ejerza funciones de recogida para entregarlos posteriormente a un Gestor, debe igualmente poder acreditar quien es el Gestor final de estos residuos.
- Este Plan, debe ser aprobado por la Dirección Facultativa, y aceptado por la Propiedad, pasando entonces a ser otro documento contractual de la obra.
- Mientras se encuentren los residuos en su poder, los debe mantener en condiciones de higiene y seguridad, así como evitar la mezcla de las distintas fracciones ya seleccionadas, si esta selección hubiere sido necesaria, pues además establece el articulado a partir de qué valores se ha de proceder a esta clasificación de forma individualizada.

Esta clasificación, que es obligatoria una vez se han sobrepasado determinados valores conforme al material de residuo que sea, puede ser dispensada por la Consejería de forma excepcional.

Ya en su momento, la Ley 10/1998 de 21 de Abril, de Residuos, en su artículo 14, mencionaba la posibilidad de eximir de la exigencia a determinadas actividades que pudieran realizar esta valorización o de la eliminación de estos residuos no peligrosos en los centros de producción, siempre que las autonomías dictaran normas generales sobre cada tipo de actividad, en las que se fijen los tipos y cantidades de residuos y las condiciones en las que la actividad puede quedar dispensada.

Si él no pudiera por falta de espacio, debe obtener igualmente por parte del Gestor final, un documento que acredite que él lo ha realizado en lugar del Poseedor de los residuos.

- Debe sufragar los costes de gestión, y entregar al Productor (Promotor), los certificados y demás documentación acreditativa.
- En todo momento cumplirá las normas y órdenes dictadas.
- Todo el personal de la obra, del cual es el responsable, conocerá sus obligaciones acerca de la manipulación de los residuos de obra.
- Es necesario disponer de un directorio de compradores/vendedores potenciales de materiales usados o reciclados cercanos a la ubicación de la obra.



- Las iniciativas para reducir, reutilizar y reciclar los residuos en la obra han de ser coordinadas debidamente.
- Animar al personal de la obra a proponer ideas sobre cómo reducir, reutilizar y reciclar residuos.
- Facilitar la difusión, entre todo el personal de la obra, de las iniciativas e ideas que surgen en la propia obra para la mejor gestión de los residuos.
- Informar a los técnicos redactores del proyecto acerca de las posibilidades de aplicación de los residuos en la propia obra o en otra.
- Debe seguirse un control administrativo de la información sobre el tratamiento de los residuos en la obra, y para ello se deben conservar los registros de los movimientos de los residuos dentro y fuera de ella.
- Los contenedores deben estar etiquetados correctamente, de forma que los trabajadores obra conozcan dónde deben depositar los residuos.
- Siempre que sea posible, intentar reutilizar y reciclar los residuos de la propia obra antes de optar por usar materiales procedentes de otros solares.

El personal de la obra es responsable de cumplir correctamente todas aquellas órdenes y normas que el responsable de la gestión de los residuos disponga. Pero, además, se puede servir de su experiencia práctica en la aplicación de esas prescripciones para mejorarlas o proponer otras nuevas.

Para el personal de obra, los cuales están bajo la responsabilidad del Contratista y consecuentemente del Poseedor de los Residuos, estarán obligados a:

- Etiquetar de forma conveniente cada uno de los contenedores que se van a usar en función de las características de los residuos que se depositarán.
- Las etiquetas deben informar sobre qué materiales pueden, o no, almacenarse en cada recipiente. La información debe ser clara y comprensible.
- Las etiquetas deben ser de gran formato y resistentes al agua.
- Utilizar siempre el contenedor apropiado para cada residuo. Las etiquetas se colocan para facilitar la correcta separación de los mismos.
- Separar los residuos a medida que son generados para que no se mezclen con otros y resulten contaminados.
- No colocar residuos apilados y mal protegidos alrededor de la obra ya que, si se tropieza con ellos o quedan extendidos sin control, pueden ser causa de accidentes.

### **Gestión de residuos de construcción y demolición**

Gestión de residuos según RD 105/2008, realizándose su identificación con arreglo a la Lista Europea de Residuos publicada por Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero o sus modificaciones posteriores.

La segregación, tratamiento y gestión de residuos se realizará mediante el tratamiento correspondiente por parte de empresas homologadas mediante contenedores o sacos industriales.



### **Certificación de los medios empleados**

Es obligación del contratista proporcionar a la Dirección Facultativa de la obra y a la Propiedad de los certificados de los contenedores empleados así como de los puntos de vertido final, ambos emitidos por entidades autorizadas y homologadas por la Consejería.

### **Limpieza de las obras**

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

#### **2.10.2.- Condiciones de carácter particular**

Para los derribos: se realizarán actuaciones previas tales como apeos, apuntalamientos, estructuras auxiliares...para las partes o elementos peligrosos, referidos tanto a la propia obra como a los edificios colindantes.

Como norma general, se procurará actuar retirando los elementos contaminados y/o peligrosos tan pronto como sea posible, así como los elementos a conservar o valiosos (cerámicos, mármoles...).

Seguidamente se actuará desmontando aquellas partes accesibles de las instalaciones, carpinterías y demás elementos que lo permitan.

El depósito temporal de los escombros en acopios deberá estar en lugares debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.

El depósito temporal para RCDs valorizables (maderas, plásticos, metales, chatarra...) que se realice en contenedores o acopios, se deberá señalar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.

En el equipo de obra deberán establecerse los medios humanos, técnicos y procedimientos para la separación de cada tipo de RCD.

Se atenderán los criterios municipales establecidos (ordenanzas, condiciones de licencia de obras...), especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición.

En este último caso se deberá asegurar por parte del contratista realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación, tanto por las posibilidades reales de ejecutarla como por disponer de plantas de reciclaje o gestores de RCDs adecuados.

La Dirección de Obra será la responsable de tomar la última decisión y de su justificación ante las autoridades locales o autonómicas pertinentes.

Se deberá asegurar en la contratación de la gestión de los RCDs que el destino final (planta de reciclaje, vertedero, cantera, incineradora...) son centros con la autorización autonómica de la Consejería que tenga atribuciones para ello, así mismo se deberá contratar sólo transportistas o gestores autorizados por dicha Consejería e inscritos en el registro pertinente.

Se llevará a cabo un control documental en el que quedarán reflejados los avales de retirada y entrega final de cada transporte de residuos.

La gestión tanto documental como operativa de los residuos peligrosos que se hallen en una obra de derribo o de nueva planta se regirá conforme a la legislación nacional y autonómica vigente y a los requisitos de las ordenanzas municipales.

Asimismo los residuos de carácter urbano generados en las obras (restos de comidas, envases...) serán gestionados acorde con los preceptos marcados por la legislación y autoridad municipal correspondiente.

Para el caso de los residuos con amianto se seguirán los pasos marcados por la Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos para poder considerarlos como peligroso o no peligrosos.

Los restos de lavado de canaletas / cubas de hormigón serán tratadas como escombros.

Se evitará en todo momento la contaminación con productos tóxicos o peligrosos de los plásticos y restos de madera para su adecuada segregación, así como la contaminación de los acopios o contenedores de escombros con componentes peligrosos.

Las tierras superficiales que pueden tener un uso posterior para jardinería o recuperación de los suelos degradados serán retiradas y almacenadas durante el menor tiempo posible en caballones de altura no superior a 2 metros. Se evitará la humedad excesiva, la manipulación y la contaminación con otros materiales.

## 2.11.- VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO

A continuación se calcula el coste previsto para la gestión de residuos:

TIPOLOGÍA RCD		Estimación (m <sup>3</sup> )	Precio gestión en Planta/ Vertedero/ Cantera/ Gestor (€/m <sup>3</sup> )	Importe (€)
<b>A.1.: RCDs Nivel I</b>				
<b>1. TIERRAS Y PÉTREOS DE LA EXCAVACIÓN</b>				
17.05.04	Tierras y piedras distintas a las del código 17.03.01	3.648,64	2	7.297,29
<b>A.2.: RCDs Nivel II</b>				
<b>RCD: Naturaleza no pétreo</b>				
<b>1. Asfalto</b>				
17.03.02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17.03.01	465,86	10,5	4.891,53
<b>2. Madera</b>				
17.02.01	Madera	2.018,73	5	10.093,64
<b>3. Metales</b>				
17.04.05	Hierro y acero	2.716,55	10	27.165,45
<b>4. Papel</b>				
20.01.01	Papel	2.243,03	4	8.972,12
<b>5. Plástico</b>				
17.02.03	Plástico	40.727,37	4	162.909,50
<b>6. Vidrio</b>				





PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

17.02.02	Vidrio	67,29	4	269,16
7. Yeso				
17.08.02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los del código 17.08.01	84,11	4	336,45
<b>RCD: Naturaleza pétrea</b>				
1. Arena, grava y otros áridos				
01.04.08	Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01.04.07	1.749,56	8	13.996,51
2. Hormigón				
17.01.01	Hormigón	118.336,11	10	1.183.361,09
3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos				
17.01.02	Ladrillos			
17.01.03	Tejas y materiales cerámicos			
17.01.07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintos a los especificados en el código 17.01.06	36.645,06	8	293.160,48
4. Piedra				
17.09.04	RCDs mezclados distintos a los de los códigos 17.09.01, 02 y 03	1.480,40	9	13.323,60
<b>RCD: Potencialmente peligrosos y otros</b>				
1. Basuras				
20.02.01	Residuos biodegradables			
20.03.01	Mezcla de residuos municipales	1.345,82	9	12.112,36
2. Potencialmente peligrosos y otros				
15.02.02	Absorbentes contaminados (trapos...)			
13.02.05	Aceites usados (minerales no clorados de motor,...)			
16.06.04	Pilas alcalinas y salinas			
16.06.03	Pilas botón			
15.01.10	Envases vacíos de metal o plástico contaminado	1.211,24	17	20.591,02
08.01.11	Sobrantes de pinturas o barnices			
14.06.03	Sobrantes de disolventes no halogenados			
07.07.01	Sobrantes de desencofrantes			
15.01.11	Aerosoles vacíos			
13.07.03	Hidrocarburos con agua			
<b>Otros conceptos</b>				
	Ud Almacén de residuos peligrosos	2	2.500,00	5.000,00
	Mes coste de alquiler de contenedor de residuos no inertes	12	78,76	945,12
	Mes coste de alquiler de contenedor de plásticos	12	78,76	945,12
<b>TOTAL PRESUPUESTO GESTIÓN DE RESIDUOS</b>				<b>1.715.362,08</b>

**3.- LISTADO DE GESTORES AUTORIZADOS**

Razón Social Dirección del Centro	CIF NIMA	Teléfono Fax	Nº de Inscripción / Autorización Alcance
<b>ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES ELSAN, S.A.</b> <b>CARRETERA POVEDA A VELILLA SAN ANTONIO, Km.</b> <b>1400</b> <b>28500 Arganda del Rey - Madrid</b>	A81940371 2800008663	918700791 918700462	13G04A1400019164X VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
<b>CCR LAS MULAS, S.L.</b> <b>CAMINO MULA, S/N</b> <b>28945 Fuenlabrada - Madrid</b>	B84550995 2800024977	B84550995 2800024977	B84550995/MD/21/07122 VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RCD Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS INERTES DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
<b>COMUNIDAD DE MADRID - MEDIO AMBIENTE</b> <b>CARRETERA DE VALDILECHA, Km. 4,5</b> <b>28500 Arganda del Rey - Madrid</b>	S2800192C 2800034507	918704699	13G04A1400025270K VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
<b>CONTENEDORES NIDO, S.L.</b> <b>AVENIDA DE LA FRONTERA, 2</b> <b>28990 Torrejón de Velasco - Madrid</b>	B82321811 2800099741	603503008	13G04A1400021873M VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE NIVEL I (TIERRAS) Y CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE NIVEL II"
<b>CONTRA, S.A.</b> <b>AVENIDA DE LA INDUSTRIA, 2</b> <b>28970 Humanes de Madrid - Madrid</b>	A78949856 2800018711	916900113 916901444	13G05A1400005967S CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
<b>"DERSA RECICLAJE Y GESTIÓN, S.L.</b> <b>CALLE DE LA LAGUNA DEL MARQUESADO, 16</b> <b>28021 Madrid"</b>	B83416263 2800028354	917230265 917230266	"13G04A1400008834F VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE NIVEL I (TIERRAS) Y CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE NIVEL II"



PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

Razón Social Dirección del Centro	CIF NIMA	Teléfono Fax	Nº de Inscripción / Autorización Alcance
<b>"HERMANOS SANJUÁN, S.A. CARRETERA M-616 (ALCOBENDAS), Km. 6,7 28049 Madrid"</b>	A79203154 2800029714	917353395	13G04A1400019021M VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE NIVEL I (TIERRAS) Y CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE NIVEL II"
<b>MACOTRAN, S.L. CARRETERA VILLAVERDE A VALLECAS, 277 28031 Madrid</b>	B78507472 2800021934	913453180 913455715	13G05A1400019979C CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN RIFER, S.L. LUGAR POL IND LOS OLIVOS, NAVE, 12 28950 Moraleja de Enmedio - Madrid</b>	B81934952 2800073591	916005104	13G05A1400007693Q ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
<b>MATERIALES Y AZULEJOS PETRI, S.L. CALLE DEL PUERTO DE USED, 22 28031 Madrid</b>	B81615015 2800028754	620912969	13G05A1400015804P ALMACENAMIENTO Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
<b>NORTOBRAMA, SL CARRETERA M856 VILLAVICIOSA MÓSTOLES, Km. 2,2 28670 Villaviciosa de Odón - Madrid</b>	B86329448 2800085715	916659283 916657764	13G04A1400019826M VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
<b>"RECICLAJE Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SLU (REYCLAR) CALLE DE LOS EMBAJADORES, 458 28053 Madrid"</b>	B84288208 2800068304	917866175	13G05A1400011676C CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
<b>RECICLAJES EN OBRA, S.L. "POLÍGONO 5, PARCELA, 14 28032 Madrid"</b>	B84010198 2800064596	917425577 913203773	13G04A1400015196K "VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE NIVEL I (TIERRAS) Y CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE NIVEL II."



## PROYECTO INFORMATIVO DE ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA EDAR DE LA CHINA

Razón Social Dirección del Centro	CIF NIMA	Teléfono Fax	Nº de Inscripción / Autorización Alcance
<b>SAINT GOBAIN DISTRIBUCIÓN CONSTRUCCIÓN, S.L.</b> AVENIDA DE AMÉRICA, 32 28922 Alcorcón - Madrid	B82706136 2800027363	916211400 916211410	13G05A1400009775M ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
<b>SAINT GOBAIN DISTRIBUCIÓN CONSTRUCCIÓN, S.L.</b> CALLE DE LA FUNDICIÓN, 6 28529 Rivas-Vaciamadrid - Madrid	B82706136 2800062202	914854000 914854010	13G05A1400007414J ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
<b>SAINT-GOBAIN PLACO IBÉRICA, S.A.</b> CARRETERA M506- KM, Km. 36,7 28330 San Martín de la Vega - Madrid	A50021518 2800068012	918087200 914057671	13G04A1400019675S VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
<b>SALMEDINA TRATAMIENTOS DE RESIDUOS INERTES," S.L.</b> CAMINO ACEITEROS, 101 28052 Madrid"	B82899550 2800021215	912121050 912121099	13G04A1400013482D "VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS INERTES DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN."
<b>SELECCIÓN Y RECICLADO, S.L.</b> CALLE DE CARPINTEROS, 9 28939 Arroyomolinos - Madrid	B84121086 2800027199	629200472 916165569	13G04A1400005899Q VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
<b>SUMINISTROS RUFINO NAVARRO, S.L.</b> CALLE AZUFRE, 2 28850 Torrejón de Ardoz - Madrid	B80175813 2800072675	916566007 916562191	13G05A1400007030C ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
<b>TECNOLOGÍA Y RECICLADO, S.L. (TEC-REC, S.L.)</b> "CARRETERA VALDEMINGOMEZ, Km. 0,7 28051 Madrid"	B83128454 2800015396	913326508 916522781	13G04A1400000859J VALORIZACIÓN (RECICLAJE) DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
<b>TRANSPORTE Y CLASIFICACIÓN DE RCD, S.L.</b> "CAMINO DE LA LEÑA, 12 SUBPARCELA 14 28031 Madrid"	B84041920 2800031429	916524173 916238005	13G05A1400019721S CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
<b>TRYOB OBRAS Y SERVICIOS, S.L.</b> CALLE DE LOS CALABOZOS, 4-6 28108 Alcobendas - Madrid	B84952985 2800065178	902100695 915079595	13G05A1400020600C CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN