



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



## Grado en Ingeniería Civil

### Trabajo Final de Grado

# Ejecución de Sondeo para Captación de Aguas Subterráneas Uso Agrícola, t.m. Traiguera, Castellón

## Memoria

**Curso 2016/2017**

Valencia, Mayo de 2017

**Autora: María Amparo García Cervantes**

**Tutor: Luís Oria Doménech**

***A mis padres, Luís y María Amparo.***



<b>AUTORA</b>	María Amparo García Cervantes
<b>TUTOR</b>	Luís Oria Doménech
<b>TÍTULO TFG</b>	Ejecución de Sondeo para Captación de Aguas Subterráneas, t.m Traiguera, Castellón
<p><b>Resumen:</b> El presente proyecto, define la construcción de un sondeo de explotación que capte agua de un acuífero perteneciente al Sistema Javalambre-Maestrazgo de litología carbonatada y dolomítica.</p> <p>El propósito es garantizar el suministro de agua subterránea para abastecimiento de uso agrícola en la finca “El Bustal” en la localidad de Traiguera, Castellón.</p>	
<b>TITULACIÓN</b>	Grado en Ingeniería Civil
<b>FECHA DE PRESENTACIÓN</b>	Mayo de 2017

## ÍNDICE MEMORIA

1.	Documentos que integran el proyecto.....	6
2.	Antecedentes.....	8
3.	Objeto.....	8
4.	Descripción de la parcela.....	8
4.1.	Localización.....	8
4.1.1.	Localización sondeos previos.....	9
4.2.	Situación en el plano 1:50.000.....	9
4.3.	Extensión.....	9
4.4.	Accesos.....	9
4.5.	Afección a infraestructuras existentes.....	9
4.6.	Unidad Hidrogeológica.....	10
4.7.	Caudal autorizado y uso del agua.....	10
5.	Legislación aplicada.....	10
6.	Estudio Geológico.....	12
6.1.	Marco geográfico.....	12
6.2.	Emplazamiento y características de sondeos existentes.....	14
6.3.	Geología local.....	14
6.4.	Estratigrafía.....	15
6.5.	Tectónica.....	16
6.6.	Situación hidrogeológica.....	17
7.	Prospección Geofísica.....	17
7.1.	Sondeos Electromagnéticos en el dominio del tiempo (SEDT).....	18
7.1.1.	Procesado de datos SEDT.....	18
7.2.	Trabajos realizados.....	18
7.3.	Resultados.....	19
7.4.	Conclusiones.....	19
8.	Características de la perforación.....	21
8.1.	Fecha de las obras y permisos.....	21
8.2.	Duración de la obras.....	21
8.3.	Replanteo.....	21



8.4.	Movimientos de Tierras .....	21
8.5.	Profundidad y Diámetro de la Perforación .....	22
8.6.	Sistema de perforación .....	22
8.6.1.	Límites de desviación .....	22
8.6.2.	Emboquille y brocal .....	23
8.7.	Características de la maquinaria de perforación.....	24
8.8.	Descripción de la entubación .....	25
8.8.1.	Cálculo del espesor de chapa del entubado del pozo.....	26
8.8.2.	Estudio de seguridad estructural del entubado .....	27
8.8.3.	Filtros .....	28
8.9.	Sistema de Evacuación de Lodos .....	29
8.10.	Cementación .....	29
8.11.	Toma de muestras .....	30
8.12.	Limpieza .....	30
9.	Resumen del proceso constructivo de la perforación.....	30
9.1.	Croquis de la perforación.....	32
10.	Instalación de bombeo .....	33
10.1.	Maquinaria de elevación y accesorios .....	33
10.2.	Potencia y profundidad estimada de colocación de la bomba a instalar .....	34
10.3.	Especificaciones sobre el control de calidad de las bombas centrífugas.....	34
11.	Conclusión.....	36
12.	Bibliografía .....	37

---

## 1. Documentos que integran el proyecto

---

### Documento Nº 1: Memoria

Anejos a la Memoria:

- Anejo 1. Plan de obra
- Anejo 2. Hidrogeología
- Anejo 3. Paisaje
- Anejo 4. Estudio geofísico
- Anejo 5. Movimiento de tierras
- Anejo 6. Tipo, método y maquinaria de perforación
- Anejo 7. Aforo
- Anejo 8. Potencia y tipo de la bomba a instalar
- Anejo 9. Reportaje fotográfico
- Anejo 10. Justificación de Precios

### Documento Nº 2: Planos

1. Accesos y red de comunicaciones
2. Situación
3. Geológico Escala 200.000
4. Geológico Escala 50.000
5. Catastral
6. Parcelario
7. Hidrogeología
8. Litoestatigráfico
9. Litológico
10. Ocupación del suelo
11. Permeabilidades
12. SEDT (Sondeos electromagnéticos en el dominio del tiempo)
13. Interpretación SEDT-1 y SEDT-2
14. Perfil litológico de la perforación

### Documento Nº 3: Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares



**Documento Nº 4: Presupuesto**

Mediciones

Cuadro de Precios Nº 1

Cuadro de Precios Nº 2

Presupuesto Parcial

Presupuesto Total

**Documento Nº 5: Documento de Seguridad y Salud**

---

## 2. Antecedentes

---

La finca El Bustal tiene una superficie de 210 Ha y una concesión de 880.000  $m^3$ /año autorizada por la Confederación Hidrográfica del Júcar para el regadío de cítricos y frutales.

En la mencionada finca existen en la actualidad dos sondeos en explotación denominados Pozo-1 y Pozo-2, resultando insuficientes para las necesidades de regadíos proyectadas. Consecuentemente, se pretende la ejecución de un nuevo sondeo.

---

## 3. Objeto

---

El objeto del proyecto es la construcción de un sondeo para aprovechamiento de aguas subterráneas con destino al riego de frutales y cítricos en la finca El Bustal (parcela 84 del polígono 96 de la partida Bustal en la localidad de Traiguera, Castellón) y especificar las características técnicas de las obras a realizar, así como todos los requerimientos y normas que se deberán cumplir durante la realización de la misma.

Por lo tanto, con la ejecución y posterior puesta en marcha del sondeo a ejecutar se pretende optimizar las instalaciones y equipos de los sondeos ya existentes sin sobrepasar el caudal máximo autorizado por el Organismo de Cuenca.

---

## 4. Descripción de la parcela

---

### 4.1. Localización

---

La zona donde se realizará el sondeo corresponde a la parcela 84 del polígono 96, situada en la partida Bustal en la localidad de Traiguera (Castellón).

El terreno dónde se emplazará el sondeo tiene una forma poligonal. Se adjunta copia del **Plano Catastral** en el Anejo Planos. En él, aparece marcado el punto donde se pretende realizar la perforación.

Las **coordenadas U.T.M ETRS-89 Huso 30**, del punto donde se localizará el sondeo son las siguientes:

X= 783.609'7m

Y =4.496.476'71m

Z=190 msnm.

Siendo Z la altitud media sobre el nivel del mar.

#### **4.1.1. Localización sondeos previos**

Como ya se ha mencionado anteriormente en la finca donde se va a realizar la construcción del nuevo sondeo, ya existen dos sondeos en explotación denominados Pozo-1 y Pozo-2, resultando insuficientes para las necesidades de regadíos proyectadas. Siendo su localización, en coordenadas U.T.M ETRS-89 Huso 30:

##### **Pozo-1:**

X=782.875'646 m

Y=4.496.235'217 m

Z=190 m

##### **Pozo-2:**

X=783.122'279 m

Y=4.495.971'617 m

Z=190 m

#### **4.2. Situación en el plano 1:50.000**

El sondeo se localizará en la Hoja 546 del Instituto Geográfico Nacional a escala 1:50.000 denominada Ulldecona 546, 31-21. Se adjunta copia del **Plano situación** en el Anejo Planos.

#### **4.3. Extensión**

La parcela donde quedará ubicado el sondeo, tiene una superficie de 210 Ha.

#### **4.4. Accesos**

Se puede acceder a la parcela donde se emplazará el sondeo partiendo de la localidad de Traiguera hacia San Rafael del Río (poco después de pasar el barranco de la Barbiguera) por la carretera autonómica CV-11 (segundo eje de comunicación dentro del término en sentido N-S, uniendo Traiguera con San Rafael del Río y con Vinaroz o lo que es lo mismo con la N-232 y con la N-238). **Plano Accesos y red de comunicaciones** en Anejo Planos.

#### **4.5. Afección a infraestructuras existentes**

Como consecuencia de las investigaciones y observaciones realizadas, no se detectan la existencia de canalizaciones que puedan verse afectadas por las labores de perforación. Aún así, previamente al inicio de los trabajos de perforación se levantará el terreno con métodos manuales y se tendrá cuidado con el descubrimiento de posibles infraestructuras existentes.





- Ley de 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL)- (t.c., act. a29-12-14).
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (RSP) (t.c., act., a 10-10-15).
- Real Decreto 863/1985, de 2 de abril, Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (RGNBSM) (t.c., act., a 18-03-10).
- Real Decreto 150/1996, de 2 de febrero, por el que se modifica el artículo 109 del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.
- Real Decreto 1389/1997, de 5 de septiembre, por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras. (t.c., act., a 7-10-97).
- Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) publicadas por el Ministerio de Industria y Energía, Capítulo VII. Trabajos a cielo abierto:
  - ITC 07.1.01. Seguridad del Personal
  - ITC 07.1.02. Proyecto de Explotación
  - ITC 07.1.03. Desarrollo de las labores
- Real Decreto 485/1997 sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en articular dorso lumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 773/1997 sobre utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual.
- Real Decreto 488/1997 sobre trabajos con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Real Decreto 949/1997 por el que se establece el certificado de profesionalidad de la ocupación de prevencionista de riesgos laborales.
- Real Decreto 1215/1997 sobre utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Orden TIN/2504/2010, de 20 de septiembre, por la que se desarrolla el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en lo referido a la acreditación de entidades especializadas como servicios de prevención, memoria de actividades preventivas y autorización para realizar la actividad de auditoría del sistema de prevención de las empresas (t.c., act. a 30-10-15).

## 6. Estudio Geológico

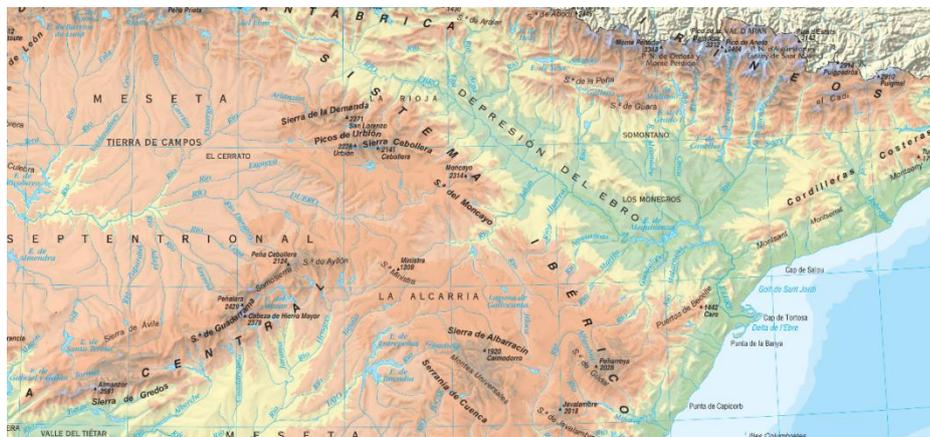
### 6.1. Marco geográfico



El área dónde ubicamos el sondeo se encuentra en el término municipal de Traiguera, al norte de la provincia de Castellón en el sector septentrional, concretamente en la comarca del Bajo Maestrazgo y desde un punto de vista geomorfológico, emplazado en el Sistema Ibérico.

El Sistema Ibérico, constituye una cordillera desarrollada en el ciclo alpino, con ausencia de metamorfismo y magmatismo además de presentar

características sedimentarias y tectónicas que la define de tipo intermedio: de zócalo y cobertera mesozoica y paleógena.



Mapa físico. IGN

La estructura es de zócalo y cobertera. La cobertera descansa discordante sobre el Paleozoico plegado y erosionado y esta, aunque generalmente delgada, aumenta de espesor desde el interior hasta el Este sobrepasando los mil metros de potencia.

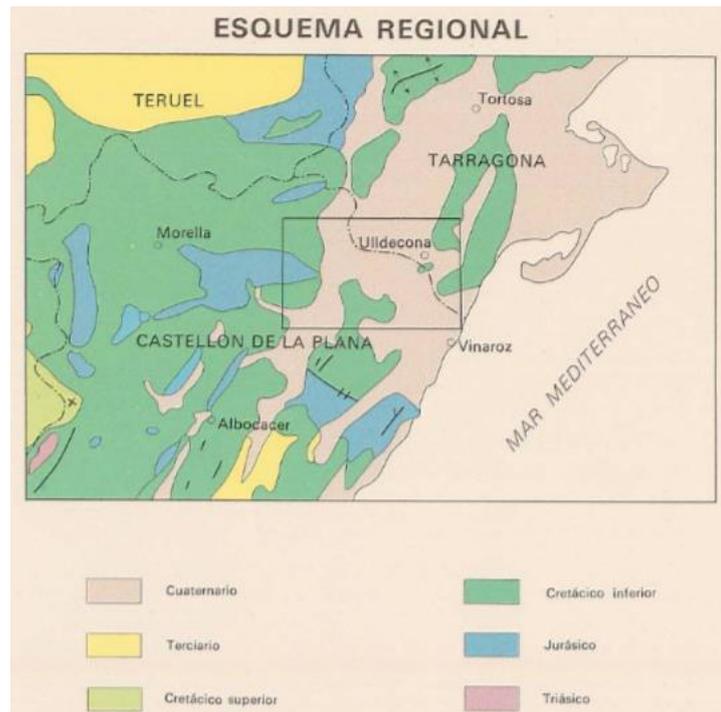
La cobertera, se adapta a la estructura de fracturación en bloques del zócalo, dando lugar a estructuras de revestimiento, plegándose en los materiales más plásticos. Como resultado, se presentan zonas tabulares y plegadas de dirección general NW-E.

Los pliegues próximos a la cuenca del Ebro toman primero dirección W-E y luego SW-E, enlazando con el extremo meridional de las cadenas catalanas.

Con la distensión que da lugar el inicio de la apertura del Océano Atlántico, a principios del Mesozoico, comienza a individualizarse la Cordillera Ibérica, que por su situación intra-placa no llega a configurarse como un auténtico Orógeno, adoptando una disposición transversal al geosinclinal Bético-Balear, con el que presenta un desarrollo simultáneo a parte del Triásico.

La interacción entre ambas cuencas favoreció los procesos magmáticos e hidrotermales, desarrollándose las rocas subvolcánicas ofíticas (magmatismo mesozoico) y minerales hidrotermales tales como cinabrio, hierro, galena y baritina.

Presenta una dirección fundamental NW a SE condicionada por accidentes de gran escala que afectan al basamento paleozoico y que se originaron en los desgarres tardihercínicos; presentando direcciones NW-SE (falla Noribérica, de Ateca-Castellón y Herpérica) y de dirección NNW-SSE (falla del Segre, falla de Requena-Mora de Ebro) que han sido las causas de los surcos y umbrales de la cuenca mesozoica, y que posteriormente en la etapa compresivo condicionan la transmisión y las deformaciones derivadas, determinando la distribución de los pliegues que adoptan direcciones generales NNW-SSE a WNW-ESE y direcciones locales trasversas ENE- WSW.



IGME. Hoja 546 (Ulldecona). Huso 31

## 6.2. Emplazamiento y características de sondeos existentes

Pozo nº1	
Profundidad	300 metros
Materiales atravesados	Gravas, arcillas y areniscas
Niveles de agua	37, 45, 140, 250, 262, 290 y 301
Aspiración del agua	120 metros
Caudal	800 litros/min (13,3 litros/s)

Pozo nº2	
Profundidad	200 metros
Materiales atravesados	De 0 a 163 metros: gravas, arcillas y margas. De 163 a 192 metros: calizas. De 192 a 200 metros: arcillas.
Aspiración del agua	160 metros
Caudal	1600 litros/min (26, litros/s)

## 6.3. Geología local

La zona dónde se va a realizar el sondeo está situada en la zona fallada de Castellón-Vinaroz-Tortosa, constituida a nivel superficial por depósitos detríticos y carbonatados pertenecientes al terciario y secundario.

Según la información proporcionada por la hoja geológica nº 546 (Ulldecona) del Instituto Geológico y Minero de España (se adjunta **Plano Geológico** en el Anejo Planos), la zona de estudio se sitúa entre la zona plegada de Morella y la subtabular de Ares de Maestre y el terciario de esta, está constituido por un conjunto de margas, margocalizas y conglomerados depositados en un bajo nivel de energía. Estas formaciones se corresponden con el Oligoceno (se adjunta también el **Plano Litológico** en el Anejo Planos).

### TERCIARIO

#### → Oligoceno-Mioceno Inferior

Dentro del conjunto se diferencian dos facies: conglomerática y margocaliza-caliza lacustre.

La facies conglomerática está representada por conglomerados, gravas y arenas con gran heterometría de tamaño y grado de redondeamiento.

La facies caliza-margocaliza se sitúa encima o por cambio lateral de los conglomerados. Está formada por calizas y margocalizas con niveles de conglomerados.

→ **Plioceno**

Está formado por conglomerados y tobas calcáreas.

### **PLIOCUATERNARIO**

→ Está formado por conglomerados, margas, arcillas y arenas. Los cantos son calizos y presentan gran heterometría, tanto en el tamaño de grano como en el grado de redondeamiento.

Desde el punto de vista hidrogeológico las mayores posibilidades se encuentran dentro del Pliocuaternalio-Terciario (conglomerados, gravas, arenas areniscas y calizas) ya que son los materiales que presentan una mayor porosidad y permeabilidad.

#### **6.4. Estratigrafía**

---

El área geográfica ocupada por la parcela, se encuadra dentro de la Hoja Geológica de Ulldecona nº546, E: 1:50.000, publicada por el IGME y se sitúa entre la zona plegada de Morella y la subtabular de Ares del Maestre.

Estratigráficamente se han distinguido términos que van desde el Kimmeridgiense Superior al Cenomaniense en lo que respecta a los materiales Mesozoicos.

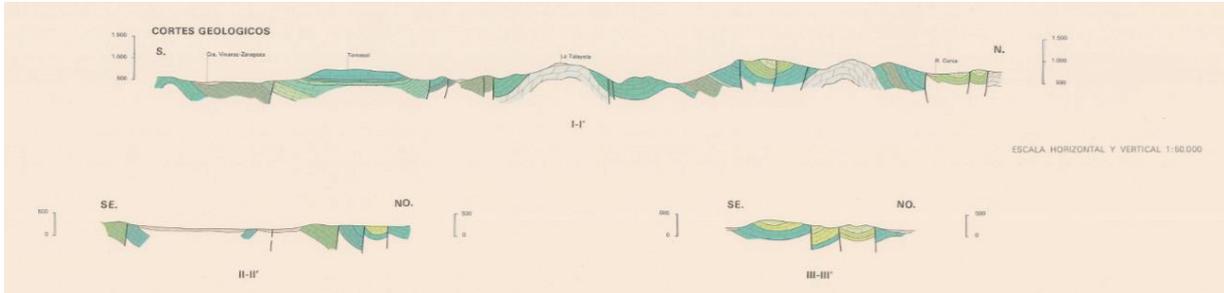
El Terciario y el Cuaternario están también representados.

Desde el Kimmeridgiense Superior al Valanginiense Superior se tiene una serie eminentemente caliza y dolomítica en la base con facies que van desde las francamente marinas a las marino-lagunares con Charáceas.

El Hauteriviense-Barremiense formado por margas, margocalizas y calizas hacia la parte superior, es marino con influencias continentales en la base. Se pone de manifiesto un Albiense en facies de Utrillas.

Este apartado se complementa con el **Plano de perfil litológico de la perforación** en el Anejo Planos. Siendo la serie que se detecta en la zona a perforar:

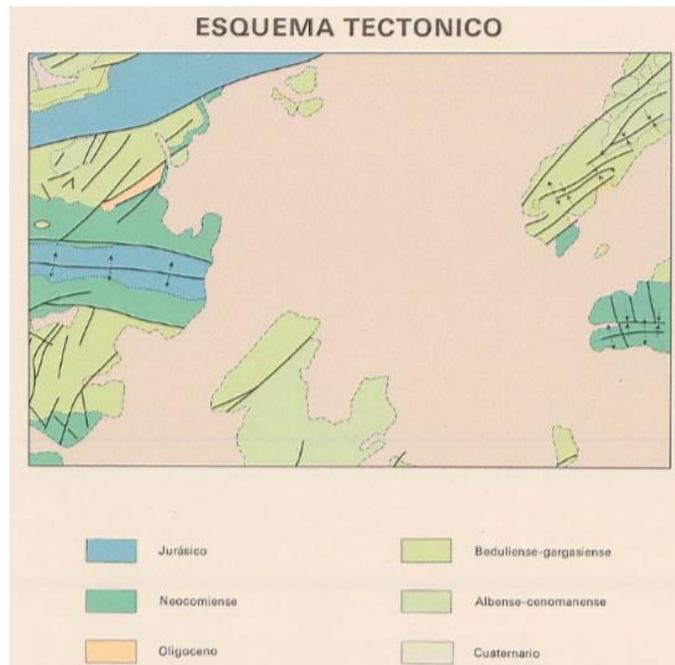
- Abanico Aluvial, Q<sub>2</sub> Ab. Está constituida por arcillas arenosas rojas, con cantos fluviales. Cota: 0-163 m.
- Calizas Arcillosas. Cota: 163-200 m.
- Calizas Garganiense. C2-15. Cota: 200-425 m.



IGME. Corte geológico.

### 6.5. Tectónica

Tectónicamente se distinguen varias zonas estructurales, con accidentes tectónicos que corresponden a dos directrices (Ibérica y Catalana).



IGME. Hoja 546 (Uldecona). Huso 31

## 6.6. Situación hidrogeológica

---

Atendiendo a la Clasificación de unidades hidrogeológicas, la zona corresponde a la masa de agua denominada “Plana de Cenia-Tortosa”. **Plano Hidrogeología** adjunto en el Anejo Planos.

La zona de estudio se enclava dentro de la clasificación de sistemas de acuíferos de España en el Sistema Javalambre-Maestrazgo correspondiente al número 55, más concretamente al Maestrazgo 55/3 de litología carbonatada y dolomítica perteneciente al Jurásico y Cretácico. Este Sistema ocupa gran parte de las provincias de Castellón y Teruel y una pequeña parte de Tarragona.

Realizar un buen estudio hidrogeológico resulta ser una etapa fundamental para el éxito del proyecto de ejecución del sondeo ya que es la base para el diseño de la captación y la justificación de su construcción. Este estudio queda reflejado en el **Anejo 2. Hidrogeología**.

---

## 7. Prospección Geofísica

---

La geofísica estudia la tierra en su composición y dinámica, sobre la base de medidas de tipo físico que normalmente se realizan desde la superficie del planeta. Cuando este estudio tiene que ver con áreas relativamente pequeñas y profundidades que no sobrepasen máximo unos pocos kilómetros, para obtener un fin económico inmediato, se habla de geofísica aplicada y el conjunto de métodos para obtener ese fin constituyen la prospección geofísica.

Mediante el uso de distintas técnicas, se estudian de forma directa o indirecta diferentes propiedades físicas del subsuelo con el fin de caracterizar y comprender los procesos que allí se desarrollan así como localizar los recursos de interés.

Los principales métodos de prospección más comunes se clasifican de la siguiente forma:

### DIRECTOS

- Calicatas (corte en el terreno)
- Pozos y zanjas (pozos de exploración, galerías...)
- Sondeos (rotopercusión, percusión, rotación)

## INDIRECTOS

Métodos	Principios
Gravimetría	Densidad
Magnetotermia	Susceptibilidad magnética
Sísmicos	Velocidad de propagación de un esfuerzo mecánico
Electromagnetismo	Conductividad o resistividad eléctrica y magnetismo
Geoeléctricos	Conductividad o resistividad eléctrica

### 7.1. Sondeos Electromagnéticos en el dominio del tiempo (SEDT)

Método de prospección eléctrica usada para medir la resistividad o conductividad eléctrica del subsuelo. Con este método se pretende mostrar una distribución del subsuelo en términos de homogeneidad basados en la caracterización resistiva.

En la ejecución del estudio geofísico se han llevado a cabo las siguientes actividades:

- Análisis geológico e hidrogeológico de la zona.
- Prospección geofísica mediante el método SEDT (Método electromagnético en el dominio del tiempo).
- Procesado e interpretación de datos y redacción del informe.

#### 7.1.1. Procesado de datos SEDT

Los SEDT son realizados con una unidad transmisora unida a un bucle que recibe y manda la señal a una unidad receptora. La fuerza electromotriz medida, como función del tiempo, se convierte en resistividad aparente y esta se introduce en un programa de inversión, que calcula la estratificación de resistividades.

El programa utilizado es tipo **TEMIX-1-XID** cuyo funcionamiento se detalla en el **Anejo**

#### 4. Estudio geofísico

### 7.2. Trabajos realizados

La campaña de prospección geofísica realizada consistió en la ejecución de tres Sondeos Electromagnéticos con bucles de 200 x 200 metros mediante el dispositivo single loop. El primero no se pudo procesar debido al alto nivel de ruido presentado al ubicarse muy cerca de la tubería y línea de corriente eléctrica existente.

Los dos Sondeos operativos se han representado en el **Plano SEDT** adjunto en el Anejo Planos.

### 7.3. Resultados

---

El procesado e interpretación de los sondeos electromagnéticos realizados se representa en el **Plano Interpretación SEDT-1 y SEDT-2**, donde se reflejan las diferentes unidades geoelectricas detectadas y su correlación litológica, según se expone a continuación:

#### CUATERNARIO-TERCIARIO

**Conglomerados, gravas, arenas y arcillas.** Se asocia a resistividades de 50-120 ohm.m y se localiza desde la superficie hasta 50-60 metros de profundidad.

**Margas con niveles de areniscas, calizas y conglomerados.** La resistividad de esta unidad oscila entre 18 y 35 ohm.m. Se detecta a partir de los 50-60 metros y continúa hasta 350-380 metros de profundidad. Dentro de esta unidad los tramos menos resistivos se asocian con mayor predominio de margas.

**Margas, margocalizas y conglomerados.** La resistividad de esta unidad oscila entre 12 y 18 ohm.m. Se detecta a partir de los 350-380 metros de profundidad y en el **SEDT-2** se ha observado que llega hasta los 590-600 metros de profundidad.

#### CRETÁCICO

**Calizas, areniscas, arenas.** La resistividad media mostrada por esta unidad geoelectrica es de 350 ohm.m y se asocia con el Cretácico Superior.

El estudio está desarrollado en el **Anejo 4. Estudio Geofísico.**

### 7.4. Conclusiones

---

En relación con todo lo expuesto anteriormente se deducen lo siguiente:

- El área investigada queda situada en la zona fallada de Castellón-Vinaroz-Tortosa constituida a nivel superficial por depósitos detríticos y carbonatados de origen Cuaternario-Terciario.
- La prospección geofísica pone de manifiesto una fuerte formación Terciaria con un espesor de 600 metros como mínimo y nos ha permitido caracterizar litológica e hidrogeológicamente las unidades más representativas:

#### **CUATERNARIO-TERCIARIO**

- ✓ Costras calcáreas, gravas, arenas y arcillas. Se inicia en la superficie hasta 50-60 metros de profundidad. UNIDAD CON INTERÉS HIDROGEOLÓGICO.
  
- ✓ Margas con niveles de areniscas, calizas y conglomerados. Unidad comprendida entre las cotas de 50-60 metros y 350-400 metros de profundidad. UNIDAD CON INTERÉS HIDROGEOLÓGICO.
  
- ✓ Margas, margocalizas y conglomerados. Se encuentra entre 350-380 metros y 590-600 metros de profundidad. UNIDAD CON BAJO INTERÉS HIDROGEOLÓGICO.

#### **CRETÁCICO**

- ✓ Se encuentra a cotas superiores a los 580-600 metros de profundidad. UNIDAD CON INTERÉS HIDROGEOLÓGICO aunque su explotación requeriría de un estudio profundo más detallado.
- 
- Como se puede observar los niveles detríticos y carbonatados del Terciario representan el acuífero más importante en los primeros 400 metros de profundidad y los caudales de explotación según los sondeos existentes en la finca oscilan entre 800 y 1600 litros/min, para profundidades de 200 a 300 metros.
  
  - Por lo tanto la zona más favorable para la ejecución del nuevo sondeo la ubicamos en el área del SEDT-2, alejada de la influencia de los otros dos en explotación (Pozo-1 y Pozo-2) ya que el bombeo simultáneo provocaría importantes afecciones incrementando de manera significativa los costes de elevación.

---

## 8. Características de la perforación

---

### 8.1. Fecha de las obras y permisos

---

Las obras darán comienzo en cuanto se obtengan las autorizaciones necesarias por parte de los organismos públicos implicados es decir, autorización de la Confederación Hidrográfica del Júcar y autorización de ejecución de sondeo de la Unidad de Minas del Servicio Territorial de Industria y Energía de la Consellería de Economía Sostenible, Sectores Productivos, Comercio y Trabajo de Castellón.

### 8.2. Duración de la obras

---

La duración de las obras, incluidos los trabajos de aforo, está previsto tengan una duración de unos dos meses (consultar **Anejo 1. Plan de obra**).

### 8.3. Replanteo

---

Los replanteos, trazados, nivelaciones y demás obras previas, se efectuarán a cargo del Contratista de acuerdo con los datos del proyecto, planos, medidas, datos u órdenes que se faciliten, de forma que no se admitirán errores mayores de 1/500 de las dimensiones genéricas, así como de los márgenes de error indicados en las condiciones generales de ejecución del resto de unidades de obra.

### 8.4. Movimientos de Tierras

---

Los vaciados, terraplenados, zanjas, pozos, etc., se ejecutarán con las dimensiones, pendientes y características que se fijan así como los materiales señalados en medición, aunque no se prevé más que un exhaustivo acondicionamiento de la parcela tal como se especifica en el **Anejo 5. Movimiento de tierras**.

### 8.5. Profundidad y Diámetro de la Perforación

- **Profundidad:** se estima en unos 400 metros, tal y como se ha detectado en el acuífero que se pretende perforar.
- **Diámetro según profundidades medidas desde el nivel del suelo en la boca del pozo:**

Metros antes	Metros después	Diámetro de perforación
POSICIONAR LA MÁQUINA, COMPRESOR Y RESTO DEL EQUIPO		
0	4	Emboquillar en 650x8mm y empezar a perforar en 508 mm.
4	154	Perforar en 508mm.
154	258	Perforar con martillo en 444mm.
258	360	Perforar en 381 mm.
360	390	Perforar con martillo en 311mm.
PARAR DE PERFORAR Y DAR POR FINALIZADA LA PERFORACIÓN		

### 8.6. Sistema de perforación

Debido a los materiales que se prevén atravesar en la perforación (descritos anteriormente en el Estudio Geológico y la Prospección Geofísica), profundidad y diámetro de la perforación, se ha elegido como sistema la rotopercusión. Para este tipo de perforación es necesario el uso de un compresor. El polvo producido con el material perforado se recoge en un ciclón situado a la salida. Al tratarse de circulación inversa, el material perforado circula por el espacio interior del varillaje empujado por aire, que es absorbido por el interior del varillaje (justificación de la elección desarrollada en el **Anejo 6. Tipo, método y maquinaria de perforación**).

Alternativamente, si se requiriera, se utilizaría el método a rotación por el sistema de circulación inversa.

#### 8.6.1. Límites de desviación

Los límites de desviación serán:

- Medio grado sexagesimal cada 50 metros en los últimos 100 metros del sondeo.
- Un grado sexagesimal cada 50 metros los últimos 150 metros de perforación.

Dichas desviaciones podrán ser comprobadas en cualquier momento, a requerimiento del Director de las obras.

La Dirección Facultativa de la obra podrá dispensar un exceso de las desviaciones permitidas si:

- Las condiciones geológicas hicieran muy difícil obtener una buena verticalidad.
- Si la utilidad del bombeo no se viera afectada materialmente.

#### **8.6.2. Emboquille y brocal**

---

El emboquille de un pozo hace referencia a los primeros metros de la perforación, los cuales requieren de una protección especial debido a que es una zona sometida a muchos esfuerzos y en la que son frecuentes las inestabilidades como:

- La escasa cohesión de la capa superficial del terreno.
- El elevado peso de la maquinaria de perforación.

El emboquille se realizará en los cuatro primeros metros y tendrá un diámetro de 650mm y un espesor de chapa de 8mm. Por el interior de la tubería de emboquille se introducirán todas las herramientas de perforación del sondeo.

Los elementos de maniobra y protección del pozo están protegidos mediante una arqueta de registro semienterrada y caseta que dispone de una losa de hormigón en masa, de 12'5 MPa de resistencia característica, siendo los laterales de fábrica de bloques de hormigón prefabricados de 20 x 20 x 40 cm. La cubierta es resuelta mediante la colocación de la puerta de acceso, que es metálica y de dos hojas, cubriendo todo el conjunto a un agua, de forma que puedan sustituirse los elementos de la instalación.

La EHE no admite hormigones en masa de resistencia inferior a los 20 MPa, sin embargo como no se trata de un hormigón estructural esta resistencia resultaría admisible en este caso.

### 8.7. Características de la maquinaria de perforación

Ficha técnica de la maquinaria proporcionada por la empresa CIVICONS construcciones públicas S.L.U:

**SONDA DE PERFORACIÓN :** TIPO P.A.C.C.I MARCA **Segoqui** MODELO **1910**

**Características principales:**



**Capacidad de perforación:**

Diámetro máximo	660 mm
Diámetro mínimo	220 mm
Profundidad máxima	1.000m con diámetro 220mm
Profundidad cámara bombeo	400 m, (Con diámetro 584 mm)

**Sistemas de perforación:**

Rotopercusión a circulación inversa
Rotación a circulación inversa

**Tipología de la sonda**

Máquina de perforar completamente hidráulica con cilindro hidráulico para tiro ascensional.
---------------------------------------------------------------------------------------------

**Características técnicas:**

**Sistema Hidráulico:**

Motor principal	340 Cv a 1.800 rpm
Bomba principal	Caudal variable. Max. 200 lpm
Bombas auxiliares	1 * 90 lpm + 1 * 90 lpm + 1 * 50 lpm
Depósito	1.100 litros
Presión de servicio	Hasta 240 Bar

**Características técnicas:**

**Mástil de perforación**

Carrera del mástil	6.980 mm
Tiro descendente	220 mm
Tiro ascendente	35 Tm
Tiro ascendente ayudado por gr	60 Tm
Velocidad ascensional	7,7 cm/seg
Velocidad de descenso	4,4 cm/seg
Velocidad rápida ascensional	N A
Velocidad rápida descenso	N A

**Cabeza de rotación**

Velocidad máxima de rotación	Max. 100 rpm
Par máximo	38.000N m.

**Equipos auxiliares:**

**Lubricador de línea (martillo)**

Presión	35 Kg/cm2
Capacidad del depósito	50 Lts.

**Grúa de caída libre**

Tiro ascendente	30.000 Kg
-----------------	-----------

**Cabrestante auxiliar**

Tiro ascendente	2.000Kg
-----------------	---------

### 8.8. Descripción de la entubación

El diámetro del entubado del sondeo viene condicionado por el de perforación y debe ser lo suficientemente grande para albergar en su interior la bomba, además de los cables de suministro eléctrico, la camisa de refrigeración (si fuera necesaria) y el tubo piezométrico.

**Diámetro según profundidades medidas desde el nivel del suelo en la boca del pozo:**

Metros antes	Metros después	Diámetro de la entubación
POSICIONAR LA MÁQUINA, COMPRESOR Y RESTO DEL EQUIPO		
0	4	Emboquillar en 650x8 mm y empezar a perforar en 508 mm.
0	154	Entubar en 450x8 mm y hacer <i>balsa para lodos*</i> .
0	258	Entubar en 350x8 mm
258	360	Entubar en 300x8 mm
360	390	Sin entubado. Material competente.
FINALIZAMOS PROCESO ENTUBACIÓN		

***\*balsa para lodos: desarrollado en 8.9***

Además, el flujo de agua entre el motor y el entubado deberá asegurar la refrigeración del motor.

La holgura será igual al doble de la luz entre el entubado y la perforación. En nuestro caso, teniendo en cuenta el diámetro de la entubación, se recomienda una holgura máxima de 90 mm.

También, se deberá asegurar que la velocidad de paso del agua por el espacio anular entre el cuerpo de la bomba y el entubado esté entre 0´5 m/s y 3 m/s.

El entubado de la perforación se realizará con tubería de acero de 8 mm para quedarnos del lado de la seguridad. El espacio anular existente entre la perforación y el entubado, se rellenará con grava silíceo redondeada de un diámetro de 2/3 mm, de forma que actúe como macizo filtrante y de protección frente a la presencia de arena en el sondeo.

### 8.8.1. Cálculo del espesor de chapa del entubado del pozo

El espesor de la pared de la tubería dependerá de los esfuerzos a que se encuentre sometida. En general suele estar entre los 5 y los 8 mm.

Para el cálculo del diámetro de la tubería hay que tener en cuenta dos cuestiones:

- 1) Si el tramo del diámetro de la tubería va a alojar la bomba, el diámetro de ésta, será el de la bomba más una holgura razonable para el descenso y extracción de la misma.
- 2) Para que las condiciones de circulación del agua sea lo más uniforme posible, la velocidad de entrada debe ser de 0'03 m/s.

El espesor del entubado vendrá dado por:

$$P = h \times d = 360 \times 1800 = 648000 \text{ kg/m}^2 = \underline{64'8 \text{ kg/cm}^2}$$

Donde:

P= Presión en  $\text{kg/cm}^2$

h= Altura en metros: 360 m

d= Densidad del suelo en  $\text{kg/m}^3$ :  $1800 \text{ kg/m}^3$  (hipótesis de cálculo)

El espesor será:

$$e = R \times \left( \frac{4 \times P}{E} \right)^{1/3}$$

RADIO (cm)	e (mm)
17'5	8'7

Donde:

R= radio en cm

P= presión en  $\text{kg/cm}^2 = 64'8 \text{ kg/cm}^2$ .

E= módulo de elasticidad =  $2'1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$

e= espesor de la pared

Por lo tanto **adoptaremos un espesor comercial de 8mm** y comprobaremos a continuación si es aceptable.

### 8.8.2. Estudio de seguridad estructural del entubado

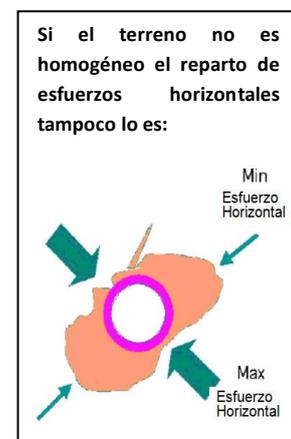
El esfuerzo de aplastamiento será máximo en el fondo y disminuirá hasta cero en la superficie. Por el contrario el esfuerzo de tracción que se origina por el peso propio de la entubación, será máximo en la superficie y nulo en el fondo. El esfuerzo por presión interna dependerá del caso a considerar.

El más importante en el fondo del pozo es el aplastamiento o colapso y la peor condición sería suponer que la entubación del pozo está vacía interiormente y el espacio anular entre entubación y pozo, lleno. Por lo que, a continuación calcularemos la máxima carga admisible que puede soportar el entubado del sondeo.

Análisis de las siguientes resistencias mecánicas:

#### 1) RESISTENCIA AL COLAPSO

Bajo presión externa, los recipientes y estructuras pueden sufrir colapsos. Definimos colapso como el fallo de un componente, originado por una inestabilidad en su estructura que produce un cambio brusco de su forma inicial. En el caso del entubado se identifica con un aplastamiento que impide que continúe cumpliendo la función para la que fue diseñado. Además este disminuye de abajo hacia arriba a medida que disminuye la columna hidrostática.



Los principales factores que intervienen en la resistencia al colapso de un entubado son:

- Propiedades físicas del material.
- Diámetro.
- Espesor de la pared del entubado.

Vamos a tomar como hipótesis que un tubo se le considera de pared delgada cuando se cumple que la relación entre el espesor y el diámetro es menor que 0,1 ( $t/D < 0,1$ ).

Basándonos en esta hipótesis y adoptando la ecuación de Timoshenko como método más aceptado, calculamos la presión de colapso teórica de un cilindro perfecto de acero:

$$P_{cr} = \frac{2E}{(1 - \nu^2) \times \left(\frac{D}{e} - 1\right)^3} = \frac{2 \times 2'1 \times 10^6}{(1 - 0'3^2) \times \left(\frac{D}{e} - 1\right)^3}$$

Siendo:

$P_{cr}$ : presión de colapso en un cilindro perfecto en  $Kg/cm^2$ .

$E=210 \times 10^6$  KPa=  $2'1 \times 10^6$   $kg/cm^2$

$\nu$ : coeficiente de Poisson = 0'3

$D$ = diámetro exterior de la tubería en cm.

$e$  = espesor de la tubería en cm.

Tramo	$e$ (cm)	$D$ (cm)	$P_{cr}$ ( $kg/cm^2$ )
Fondo	0'8	35	59'1

**Por lo que un espesor de 8 mm no resulta aceptable estrictamente (comparamos con la presión del terreno  $64'8$   $kg/cm^2$ ). Sin embargo aceptaremos este espesor de chapa ya que se trata de un resultado teórico y los estratos son competentes, es decir son estratos constituidos por material susceptible de transmitir eficazmente las presiones deformantes.**

Con un espesor de 9mm (como se puede apreciar en la tabla inferior) la comprobación de aplastamiento cumple de forma holgada, sin embargo el presupuesto aumentaría de una forma considerable.

Tramo	$e$ (cm)	$D$ (cm)	$P_{cr}$ ( $kg/cm^2$ )
Fondo	0'9	35	84'9

### 8.8.3. Filtros

El objetivo principal de los filtros es permitir la entrada del agua desde la formación hacia el interior del entubado sin que se produzcan grandes pérdidas de carga e impedir que arenas y otros materiales finos accedan al pozo y dañen la bomba.

Además, los filtros serán el acceso al acuífero desde el entubado para las futuras operaciones de mantenimiento. Por lo que se debe realizar una buena elección para obtener un óptimo funcionamiento.

El factor determinante que debemos calcular es el área abierta de la rejilla (proporción de huecos sobre el total de la superficie del filtro).

### **CÁLCULO DE LA REJILLA:**

En este proyecto no se prevé la colocación de una rejilla especial. La rejilla será la misma tubería de entubación con ranuras hechas a soplete. La longitud de ésta será el 60% del espesor saturado atravesado por el sondeo. Para que la velocidad de entrada del agua sea de 0'03 m/s, que es la velocidad aconsejada para que las pérdidas por carga y los efectos de incrustación sean mínimos, el área abierta por las ranuras debe ser:

$$S = Q/v = 0'047/0'03 = 1'56 \text{ m}^2$$

Dónde:

S = área abierta en  $\text{m}^2$ .

v = velocidad de entrada del agua = 0'03 m/s (velocidad crítica de Darcy a partir de la cual se establece un régimen turbulento en el entorno de la rejilla).

Q = caudal máximo de agua en  $\text{m}^3/\text{s} = 0,047 \text{ m}^3/\text{s} = 47 \text{ l/s}$

No se prevé la colocación de ningún filtro especial en este proyecto.

### **8.9. Sistema de Evacuación de Lodos**

---

Se dispondrá de un sistema de evacuación de lodos, mediante la construcción de una balsa de recogida de los mismos. Conforme esta balsa se vaya llenando, el lodo existente será recogido por una empresa gestora de residuos no peligrosos (registrada como tal ante la Consellería de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural).

### **8.10. Cementación**

---

Se cementará el espacio anular entre la tubería y pared del sondeo en su tramo superior, en una longitud que fijará el Director de obra en función de las características de la misma. Se cementarán cuantos tramos sean necesarios para conseguir estanqueidad, liberar presiones radiales centrípetas contra las tuberías, comunicaciones no deseables entre los acuíferos existentes o disminuir la corrosión en las tuberías de revestimiento protegiéndolas del colapso. También se colocarán los anclajes que se crean oportunos.

Cálculo estimado del Volumen de la cementación con lechada, necesario para conseguir todo lo descrito anteriormente:

$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= (\pi \times R_{\text{exterior}}^2 \times H) - (\pi \times R_{\text{interior}}^2 \times H) = \\ &= (\pi \times 0'254^2 \times 104) - (\pi \times 0'175^2 \times 104) = 11'1 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

Por lo que el volumen estimado será de unos 12  $m^3$  para quedarnos del lado de la seguridad.

La aparición de arenas se produce en la cota 214m y se seguirá perforando hasta una previsible cota de 275m dónde se prevé un atasco de la máquina debido a las arenas. Por lo que cementaremos unos 100m y el espacio será el comprendido entre la pared de la perforación y la tubería de revestimiento. A mayor cantidad de agua, menor densidad y menor estabilidad pero mayor facilidad para bombearlo y menor retracción una vez fraguado.

### 8.11. Toma de muestras

El sondista, tomará como mínimo una muestra cada dos metros de perforación. Estas se depositarán en caja porta-testigos de cartón parafinado o similar, indicando la profundidad y los cambios de maniobra.

### 8.12. Limpieza

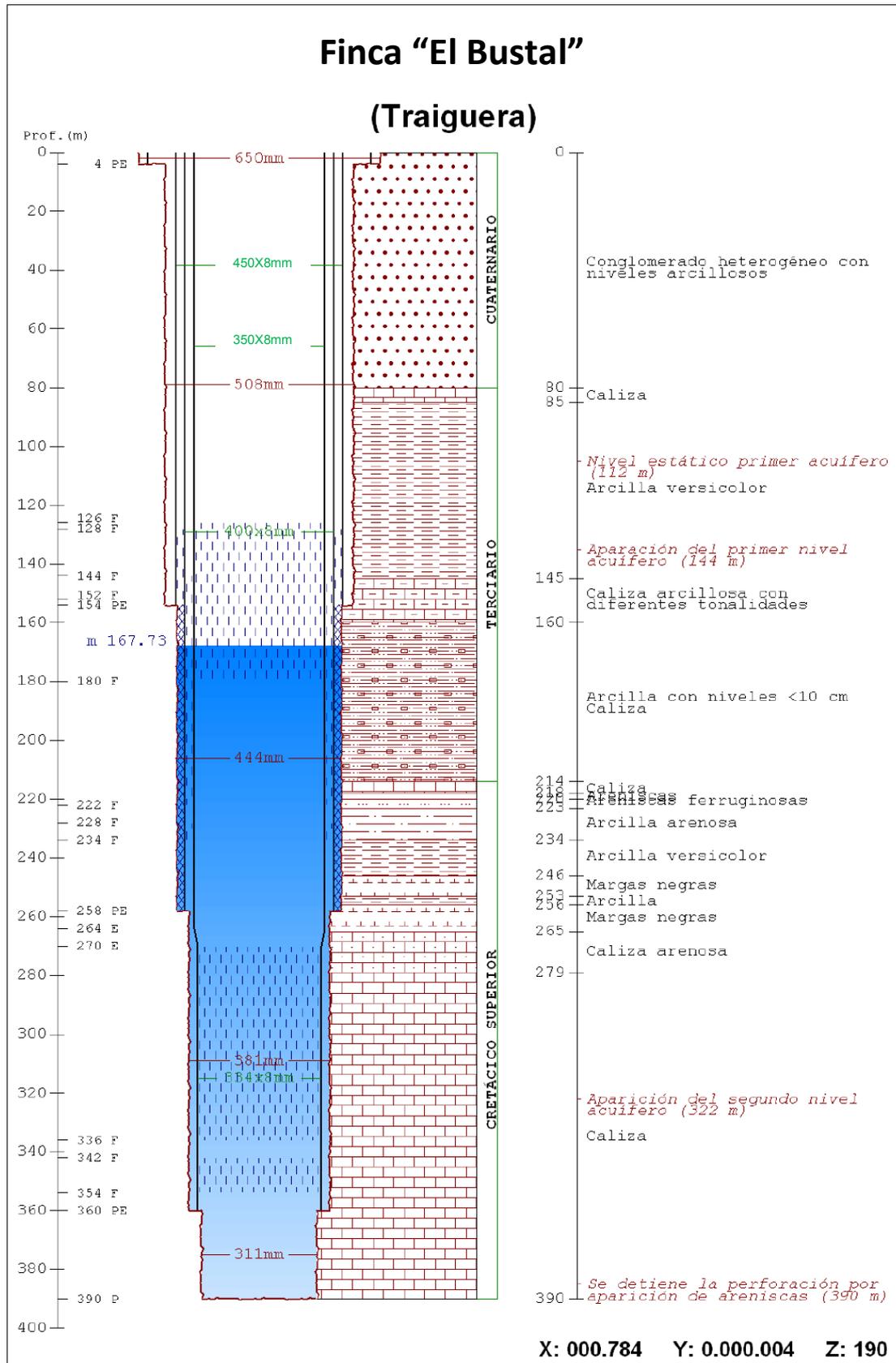
La limpieza del detritus, producto de la perforación, se realizará mediante aire comprimido, por barrido de fondo. Se realizará un soplado intenso del sondeo al finalizar la ejecución del mismo, con la doble intención de limpiar el sondeo y realizar una estimación del caudal del mismo si es posible.

## 9. Resumen del proceso constructivo de la perforación

Metros antes	Metros después	Trabajos
<i>Posicionar la máquina, compresor y resto de equipo</i>		
<b>0</b>	<b>4</b>	Emboquillar en 650*8mm
<b>0</b>	<b>154</b>	Perforar en 508mm
<i>Interrumpir la maniobra si se produce atasco y sacar la máquina</i>		
<b>0</b>	<b>154</b>	Entubar en 450*8mm y hacer balsa para lodos.
<b>154</b>	<b>214</b>	Perforar con martillo en 444mm.
<i>Aparición de estrato de arenas por lo que se prevé parar para cambiar maniobra. Se limpiará muy despacio porque se producirá atasco debido a las arenas.</i>		
<b>0</b>	<b>214</b>	Entubar en 350*8mm para tapar arenas.
<b>214</b>	<b>258</b>	Perforar en 444mm y entubar en 350*8mm para tapar arenas.

Metros antes	Metros después	Trabajos
258	275	Perforar en 381mm y limpiar.
<p><i>Sacar maniobra por un posible atasco de la válvula y limpiarla. Meter maniobra de nuevo y limpiar muy despacio.</i></p>		
<p><i>Debido a la existencia de arenas, sacar maniobra y meter varillaje ciego para cementar.</i></p>		
<p><i>Cementar inicialmente con 12 m<sup>3</sup> de lechada de cemento y aumentar los m<sup>3</sup> de lechada de cemento hasta que se alcance una cota de cementado de 210m y esperar unas 48 horas a que fragüe.</i></p>		
<p><i>Meter maniobra de nuevo, medir la cota del cemento (el cemento quedará a una cota de unos 154m) y limpiar.</i></p>		
185	275	Limpiar y perforar el cemento con martillo en 381mm. Comprobar que ya no sale arena.
275	326	Limpiar y perforar con martillo en 381mm
<p>Aparición del segundo nivel de acuífero a 322m bajo el nivel de 144m.</p>		
326	360	Continuar limpiando y perforando con martillo en 381mm. Parar de perforar y sacar la maniobra.
0	258	Entubar en 350*8mm.
258	360	Entubar en 300*8mm
<p>Montaje del equipo de aforo y realización del aforo durante 24 horas.</p>		
360	390	Perforar con martillo en 311mm.
<p><b>Parar la perforación por aparición de areniscas. Sacar la maniobra y recoger la maquinaria.</b></p>		

9.1. Croquis de la perforación



---

## 10. Instalación de bombeo

---

Una vez finalizada la Ejecución del presente proyecto “*Ejecución de Sondeo para Captación de Aguas Subterráneas Uso Agrícola, t.m Traiguera, Castellón*”, emitido el Certificado final de obra y presentado en la Unidad de Energía y Minas de Castellón se comenzará la tramitación por la cual se obtendrán las autorizaciones pertinentes mediante las cuales se aprobará la implantación de las instalaciones necesarias para el bombeo de agua del sondeo y se procederá a dotar al mismo.

El cálculo de la potencia de la bomba de impulsión se realizará con posterioridad a la Ejecución del Proyecto de Captación de Aguas Subterráneas a partir de los datos obtenidos en la realización del Aforo.

De forma estimada se prevé la colocación de una serie de maquinaria de elevación y accesorios para la impulsión de agua que se describe a continuación.

### 10.1. Maquinaria de elevación y accesorios

---

La instalación estará constituida por los siguientes elementos:

- Grupo Electrobomba Sumergible de 220 kW: para la elevación de agua limpia y fría, sin materias corrosivas ni agresivas, compuesto de una bomba centrífuga especial con cojinetes radiales de lubricación por agua, y cojinete especial para compensación del empuje axial, y motor trifásico para trabajo sumergido.
- Columna de impulsión: La tubería de impulsión estará dividida en tramos. Estos tramos irán unidos por bridas homologadas según normas DIN. El tubo final tendrá en una boca una placa cuadrada, denominada placa soporte, que además de cumplir las funciones de brida servirá de soporte de toda la instalación sobre las viguetas de sustentación. Las bridas serán de plancha de hierro de unos 18 mm de espesor, y a la medida del diámetro de la tubería, haciéndole dos muescas a cada una con el objeto de poder alojar los cables conductores eléctricos de la electrobomba.
- Viguetas de sustentación: En la boca de la perforación se prevé colocar una placa de hierro de 500x500x20 mm, la cual descansará sobre dos viguetas en forma de doble T de 125 mm de acero para la suspensión de la bomba, cables y tubería.
- Cuadro eléctrico general de protección y mando para equipo de bombeo de 630 A de Intesidad, montado en armarios metálicos IP55 protegido por pintura epoxy-poliéster electrostática designar, puerta plena y aparellaje a determinar el Proyecto de Baja Tensión asociado al presente Proyecto de Ejecución de Sondeo.

## **10.2. Potencia y profundidad estimada de colocación de la bomba a instalar**

---

La bomba se prevé instalarla a unos 260 m.

Los cálculos justificativos de la estimación se pueden ver en el **Anejo 8. Potencia de la bomba a instalar** en base a los datos especificados en el **Anejo 7. Aforo** que se obtuvieron durante la ejecución del sondeo.

## **10.3. Especificaciones sobre el control de calidad de las bombas centrífugas**

---

### **1. Se exigirá de los proveedores y se facilitará a la Dirección Facultativa los siguientes Certificados:**

- Certificado de Materiales.
- Sin ser limitativos como mínimo de las siguientes partes:
  - Cuerpo: Prueba hidráulica del cuerpo.
  - Rodete.
  - Eje.
- En cuanto a la Prueba hidráulica del cuerpo: Los cuerpos y tapas de las bombas se probarán vez y media la presión de diseño, manteniéndose por un tiempo no inferior a treinta minutos.

Esta prueba no será satisfactoria (pese a que no se haya apreciado pérdida de fluido por poros, fisuras, etc.) hasta que no se controlen los siguientes puntos de inspección con resultados satisfactorios:

- Espesor de paredes.
- Espesores de las bridas de aspiración e impulsión, así como norma de taladro.
- Inspección visual de los posibles defectos de fundición.
- Control dimensional.

### **2. Pruebas de funcionamiento:**

Se entiende que estas se realizarán a su totalidad por parte del fabricante en presencia o no de la Dirección Facultativa:

- NPSH (sólo si es requerido).
- Caudal y presión en cinco puntos distintos: Uno será siempre el de trabajo, dos por encima y dos por debajo del mismo.
- Para cada punto de la curva de trabajo se medirá: revoluciones, potencia absorbida, consumos, rendimientos y temperatura.

3. **Montaje de la bomba y ubicación en Planta.** El montaje de la bomba y su ubicación en Planta no se considerará satisfactorio en tanto en cuanto no se haya realizado y aceptado los siguientes puntos:

- Anclaje de bancada.
- Alineación del acoplamiento bomba-motor.
- Montaje de colector y válvulas de aislamiento. Pruebas Finales en Obra.

Las bombas instaladas en Planta se someterán antes de su puesta en servicio a los siguientes **controles**:

- Sentido de giro.
- Revoluciones.
- Alturas.

✓ **Certificado de Materiales de tubo central, chapa de la hélice, ejes y acoplamientos.**

Durante la fabricación en el taller, la inspección de la Dirección Facultativa realizará visitas periódicas y controlará que las soldaduras se realizan de acuerdo al procedimiento. Efectuará control dimensional e inspección visual del conjunto y de cada una de las partes.

Las soldaduras del eje se radiografiarán al 100%. Las de la hélice se radiografiarán al 10%. El resto de soldaduras de la hélice y de la hélice al tubo central se inspeccionarán mediante líquidos penetrantes.

Del control radiográfico (que realizará compañía independiente) se adjuntará informe radiográfico.

De la inspección mediante líquidos penetrantes se adjuntará procedimiento e informe de la realización del mismo firmado por el fabricante y el Control de Calidad de la Dirección Facultativa.

4. **Montaje de la bomba e integración en obra:** Antes del montaje en Obra se inspeccionará detenidamente la Obra civil como requisito imprescindible para autorizar el mismo y se comprobará:

- Anclaje de los acoplamientos.
- Anclaje del grupo motriz.
- Alineación de acoplamientos.
- Tolerancia del cuerpo con la Obra civil en toda su longitud.
- Control dimensional.
- Control, chorreado y pintura.

5. **Pruebas de funcionamiento finales de la bomba:** Estas se realizarán una vez que el equipo esté correctamente montado y se controlarán los siguientes puntos:

- Sentido de giro.
- Ruidos y vibraciones
- Calentamientos.
- Revoluciones.
- Consumo motor.
- Aislamiento motor.

Ante un supuesto caso de incumplimiento de estas especificaciones y que por diversas circunstancias no fuese recomendable la sustitución del material, la Dirección Facultativa (previo consentimiento de la Propiedad) podrá actuar sobre la devaluación del precio del material a su criterio. El Constructor deberá aceptar dicha devaluación o proceder a la sustitución del elemento que no cumpla las especificaciones. Siendo en última instancia la Dirección Facultativa la que decida si es viable o no la sustitución.

---

## 11. Conclusión

---

Con la redacción del presente Proyecto de Ejecución de Sondeo y los documentos citados en los apartados de esta Memoria, así como las previsiones realizadas, se cree que quedan definidas las obras que se pretenden realizar y se da por terminado el presente proyecto.

Valencia, 30 de mayo del 2017

La autora del Proyecto de Ejecución:



María Amparo García Cervantes

---

## 12. Bibliografía

---

### ELABORACIÓN DE PLANOS

<http://www.igme.es>

<http://mapas.igme.es/Servicios/default.aspx>

<http://www.ign.es/ign/main/index.do>

<http://www.juntadeandalucia.es/economiainnovacioncienciayempleo/pam/ConvED50.action>

<http://cartoweb.cma.gva.es/>

<http://terrasit.gva.es/es/descargas>

<http://www.idee.es>

<http://www.catastro.meh.es/>

### LEGISLACIÓN

<https://www.boe.es>

<http://noticias.juridicas.com/>

<http://www.aenor.es>

<http://www.minetad.gob.es>

### GEOFÍSICA

Estudios Geotécnicos. Fernando García Hermoso. ENTECSA:

<http://epsh.unizar.es/~serreta/documentos/Geotecnia.pdf>

*Olmo Alarcón, M., López Geta, J.A.* Ed. 2000. Actualidad de las técnicas geofísicas aplicadas en hidrogeología. IGME, España.

Método Electromagnético en el Dominio del Tiempo TDEM (SEDT):

[http://www.trxconsulting.com/downloads/TRX\\_Metodo%20TDEM.pdf](http://www.trxconsulting.com/downloads/TRX_Metodo%20TDEM.pdf)

Proyecto Fin de Máster: “mejora de técnicas geofísicas para la caracterización del subsuelo mediante innovación y el uso de herramientas de gestión de información espacial”. Pedro Carrasco García. Julio 2011:

<https://gredos.usal.es/jspui/bitstream/10366/119706/1/MEMORIA%20PROYECTO%20FIN%20DE%20MASTER%20Pedro%20Carrasco%20Garc%C3%ADa.pdf>



## **PRESUPUESTO**

Base de Precios IVE 2016.

## **HIDROLOGÍA**

<https://es.slideshare.net/wpachecoe/geofisica-agua>

<http://www.igme.es>

<http://www.agua.uji.es/pdf/PRESRH23-25.pdf>

[http://www.catedradelagua.uji.es/wp-content/uploads/2016/06/7\\_Ballesteros.pdf](http://www.catedradelagua.uji.es/wp-content/uploads/2016/06/7_Ballesteros.pdf)

Confederación Hidrográfica del Júcar: <http://www.chj.es>

## **PERFORACIÓN A ROTOPERCUSIÓN**

<https://riunet.upv.es/handle/10251/38669>

<http://www.civicons.com>

<http://www.agua.uji.es/pdf/presentacionPEG05.pdf>

<https://es.scribd.com/document/151867404/Perforacion-Con-Martillo-en-El-Fondo>

## **ENTUBACIONES**

<http://www.agua.uji.es/pdf/leccionRH25.pdf>

<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6739/12EAsm12de13.pdf;jsessionid=563C138B4DA17D9932DEC03106CEE1F1?sequence=12>

[http://aguas.igme.es/igme/publica/libro51\\_54/pdf/lib51/in\\_03.pdf](http://aguas.igme.es/igme/publica/libro51_54/pdf/lib51/in_03.pdf)

## **AFORO**

[http://www.igme.es/igme/publica/libros1\\_HR/libro77\\_78/pdf/lib78/in\\_04.pdf](http://www.igme.es/igme/publica/libros1_HR/libro77_78/pdf/lib78/in_04.pdf)

<http://www.aformhidro.com>

## **BOMBA SUMERGIBLE**

<http://www.ingeteam.com>

## **NORMATIVA**

Legislación definida en la memoria, Documento de Seguridad y Salud.

Pliego de Condiciones.



## **OTRAS PUBLICACIONES**

[http://oa.upm.es/10518/1/20120325\\_Sondeos\\_para\\_captaciones\\_de\\_Agua.pdf](http://oa.upm.es/10518/1/20120325_Sondeos_para_captaciones_de_Agua.pdf)

<http://epsh.unizar.es/~serreta/documentos/Geotecnia.pdf>

**Aplicación de pruebas electromagnéticas en el dominio de tiempo:**

<http://159.90.210.77/sites/default/files/Pre/Rafael%20Navarro.pdf>

**Maquinaria de movimiento de tierras, Procedimientos y técnicas operativas:**

[http://libreria.fundacionlaboral.org/ExtPublicaciones/Mov\\_tierras\\_procedimientos.pdf](http://libreria.fundacionlaboral.org/ExtPublicaciones/Mov_tierras_procedimientos.pdf)

**Trabajo Fin de Máster “Métodos de Excavación sin zanjas”. Felicidad Mínguez Santiago:**

[http://oa.upm.es/37225/1/Tesis\\_master\\_Felicidad\\_Minguez\\_Santiago.pdf](http://oa.upm.es/37225/1/Tesis_master_Felicidad_Minguez_Santiago.pdf)

**Estudio de Impacto Ambiental para PLAN ESPECIAL DE RESERVA DE SUELO DOTACIONAL**

**(Promotor: Ayuntamiento de Traiguera):**

[http://www.traiguera.es/files121/11%202008%20EIA%20COMPLETO\\_MC.pdf](http://www.traiguera.es/files121/11%202008%20EIA%20COMPLETO_MC.pdf)

**SEGUIMIENTO DEL PLAN HIDROLÓGICO DEL JÚCAR; Ciclo de planificación hidrológica 2015–**

**2021:** <http://www.chj.es/Descargas/ProyectosOPH/Consulta%20publica/PHC-2015->

[2021/PHJ1521\\_Memoria\\_151126.pdf](http://www.chj.es/Descargas/ProyectosOPH/Consulta%20publica/PHC-2015-2021/PHJ1521_Memoria_151126.pdf)