

Escuela de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de
Ingeniería de Minas



Universidad Politécnica de Cartagena

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Recursos Minerales y Energía

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE UN SONDEO PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA FINCA PEÑA RUBIA

AUTOR: Manuel Martínez Samper

DIRECTOR: Pedro Martínez Pagán

Febrero 2015

Escuela de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de
Ingeniería de Minas



Universidad Politécnica de Cartagena

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Recursos Minerales y Energía

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE UN SONDEO PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA FINCA PEÑA RUBIA

AUTOR: Manuel Martínez Samper

DIRECTOR: Pedro Martínez Pagán

Febrero 2015

Autor	Manuel Martínez Samper
Director	Pedro Martínez Pagán
Título TFG	<p>PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE UN SONDEO PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA FINCA PEÑA RUBIA</p>
<p>Resumen :</p> <p>Este proyecto proporciona los datos necesarios para la construcción e instalación de un pozo para el abastecimiento de agua a la finca Peña Rubia.</p> <p>Se proyecta la perforación de un sondeo de investigación, sondeo definitivo, acondicionamiento del sondeo, instalación del equipo de impulsión e instalación del cabezal del sondeo.</p> <p>Para la construcción del sondeo se toma en cuenta los estudios de sondeos eléctricos verticales y sondeos electromagnéticos de dominio en el tiempo. Y una vez terminados los trabajos de perforación, se procederá a la entubación, colocando los filtros a las profundidades que nos indica los datos obtenidos en la testificación geofísica y muestreo del sondeo. Posteriormente se instalara el equipo de impulsión a la profundidad más adecuada según los datos obtenidos en el aforo.</p> <p>Agradecimientos :</p> <p>En primera instancia agradezco a mis formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro.</p> <p>A mis padres, por ser el apoyo más grande durante mi educación universitaria, ya que sin ellos no hubiera logrado mis metas y sueños. Por ser mis ejemplos a seguir y enseñarme a continuar aprendiendo todos los días sin importar las circunstancias.</p>	
Titulación	Grado en Ingeniería de Recursos Minerales y Energía
Fecha de Presentación	Febrero 2015

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO 1. MEMORIA

1. ANTECEDENTES
2. OBJETO DEL PROYECTO
3. ESTUDIO GEOLÓGICO
4. SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (sev)
5. SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN EL DOMINIO DE TIEMPOS
6. . DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS
7. RESUMEN DE PRESUPUESTOS
8. CONDICIONES DE EJECUCIÓN
9. PLAZO DE EJECUCIÓN
10. DISPONIBILIDAD DE LOS TERRENOS
11. REQUISITOS AMBIENTALES
12. PERMISOS Y LICENCIAS
13. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA
14. CONCLUSIONES

DOCUMENTO 2. ANEJOS

- ANEJO 1. PLAN DE OBRA
- ANEJO 2. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO
- ANEJO 3. SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (sev)
- ANEJO 4. SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN EL DOMINIO DE TIEMPOS
- ANEJO 5. MOVIMIENTO DE TIERRAS
- ANEJO 6. DESCRIPCIÓN DE METODO Y MAQUINARIA DE PERFORACIÓN

ANEJO 7. DESARROLLO QUÍMICO DEL SONDEO.

ANEJO 8. REGISTROS GEOFISICOS Y VIDEOGRAFICOS EN SODEO

ANEJO 9. ENSAYO DE BOMBEO

ANEJO 10. DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN VERTICAL Y CABEZAL DEL SONDEO.

ANEJO 11. DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO DE IMPULSIÓN SUMERGIBLE.

ANEJO 12. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

DOCUMENTO 3. PLANOS

1. PLANO SITUACIÓN. GENERAL
2. PLANO SITUACIÓN. DETALLE
3. PLANO CATASTRAL DEL SONDEO
4. MAPA GEOLOGICO
5. CORTE GEOLOGICO
6. CROQUIS CONSTRUCTIVO DEL SONDEO
7. PLANO DE INSTALACIÓN DEL SONDEO Y CABEZAL

DOCUMENTO 4. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

1. MEMORIA INFORMATIVA
2. MEMORIA DESCRIPTIVA
3. PLIEGO DE CONDICIONES
4. PLANOS

DOCUMENTO 5. PLIEGO DE CONDICIONES TECNICAS

1. CONDICIONES TÉCNICAS GENERALES
2. CONDICIONES DE LOS SUMINISTROS
3. CONDICIONES DE EJECUCIÓN
4. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS
5. MEDICIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS

DOCUMENTO 6. PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN Y DEFINICIÓN DE CAPÍTULOS
2. MEDICIONES
3. CUADRO DE PRECIOS
4. PRESUPUESTOS

DOCUMENTO 1. MEMORIA

DOCUMENTO 1. MEMORIA

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES	4
1.1 INTRODUCCIÓN.....	4
1.2 UBICACIÓN	6
2. OBJETO DEL PROYECTO.....	7
3. ESTUDIO GEOLÓGICO.....	7
3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL LUGAR.....	7
3.2. ESTRATIGRAFÍA	7
3.3. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	8
3.4. TECTONICA	10
4. SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (sev).....	10
4.1. INTRODUCCIÓN	10
4.2. RESULTADOS DE LOS SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES.....	11
4.3. CONCLUSIÓN	11
5. SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN EL DOMINIO DE TIEMPOS.....	11
5.1. INTRODUCCIÓN	11
5.2. TRABAJOS REALIZADOS	12
5.3. UNIDADES GEOLOGICAS.....	12
5.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	13
6. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.....	13
6.1. SONDEO DE INVESTIGACIÓN.....	13
6.2. DISEÑO DEL SONDEO	15
6.2.1 Profundidad y diámetros.....	15
6.2.2 Emboquille.....	17
6.2.3 Entubación. Tuberías y filtros.....	18
6.2.3.1 Materiales empleados en el entubado.	18
6.2.3.2. Filtros.....	23
6.2.4 Empaque de gravas	25
6.2.5 Cementación y aislamiento de tramos.....	26
6.2.6 Acondicionamiento final del sondeo.....	28
6.2.7 Diseño final del sondeo	29
6.3. REGISTROS GEOFISICOS Y VIDEOGRAFICOS EN SONDEO.....	30

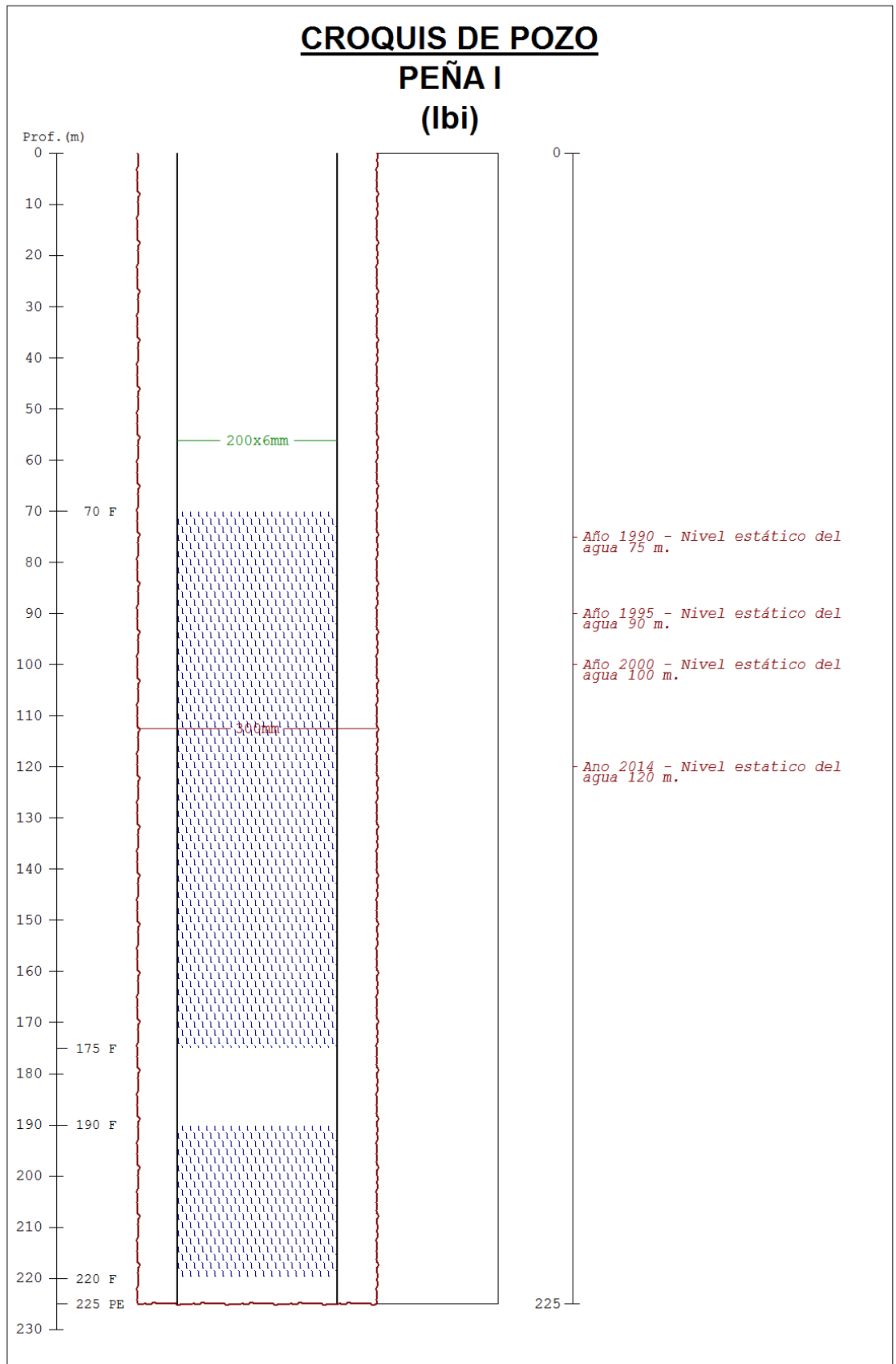
6.4. LIMPIEZA Y DESARROLLO DEL SONDEO	30
6.5. ENSAYOS DEL SONDEO.....	31
6.6. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN FINAL DE BOMBEO	31
7. RESUMEN DE PRESUPUESTOS.....	33
8. CONDICIONES DE EJECUCIÓN	34
9. PLAZO DE EJECUCIÓN.....	34
9.1. INTRODUCCIÓN.....	34
9.2. PRINCIPIOS DEL MÉTODO PERT.	34
9.3. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES.....	35
9.4. ASIGNACIÓN DE TIEMPOS A ACTIVIDADES Y ORDEN DE EJECUCIÓN	36
9.5 RESUMEN	38
10. DISPONIBILIDAD DE LOS TERRENOS.....	38
11. REQUISITOS AMBIENTALES	38
12. PERMISOS Y LICENCIAS.....	38
13. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA.....	39
14. CONCLUSIONES	39

1. ANTECEDENTES

1.1 INTRODUCCIÓN

La finca Peña Rubia tiene una superficie de 20 Ha, con varios tipos de plantaciones agrícolas. Esta finca tiene una concesión de 1 Hm³ de agua para el regado de su finca. En el año 1990 se construyó un sondeo PEÑA I de abastecimiento para riego con un caudal de extracción de 1 Hm³, este volumen de agua es el autorizado por la Confederación Hidrográfica del Júcar (C.H.J.)

Según han ido pasando los años el nivel estático del agua en el sondeo ha ido descendiendo. Este descenso se puede ver en el esquema siguiente.



AUTOR: Manuel Martínez Samper

Con el consiguiente descenso del nivel estático de agua, el caudal de extracción ha ido disminuyendo, no pudiendo abastecer toda el agua necesaria para el regadío en la finca. Este descenso del nivel estático del agua sigue produciéndose con la consecuencias de que en pocos años este sondeo se va a dejar de explotar.

Por lo tanto se proyecta un nuevo sondeo PEÑA II, para así poder extraer el volumen de agua necesaria para el regadío de la finca.

Dadas la complejidad geológica de la zona donde está situada la finca, se realizó un estudio geológico y una campaña geofísica mediante sondeos eléctricos verticales (SEV).

Por dificultades del terreno donde se realizaron los S.E.V. no se pudo extender la longitud suficiente de las alas AB, por lo cual no se pudo llegar a la profundidad deseada del proyecto. Una vez estudiado los resultados de los S.E.V. y por su limitada profundidad se decidió realizar unos sondeos electromagnéticos en el dominio de tiempos situados en otras zonas de la finca. Los sondeos electromagnéticos en el dominio de tiempos se realizaron en otra zona diferente para mayor información del terreno de la finca y una aparentemente zona más idónea para la posible situación del sondeo de explotación.

Con los resultados obtenidos de los diferentes estudios realizados, se ha decidido realizar un sondeo de investigación para el mayor conocimiento de las características posibles del nuevo sondeo. Con la finalidad de realizar el nuevo sondeo PEÑA II .

Una vez construido el nuevo sondeo de explotación se proyecta un desarrollo químico mediante ácido clorhídrico para la apertura de las posibles calcificaciones en las grietas de la formación del nuevo sondeo PEÑA II, debido a su alto contenido en carbonatos en el terreno para favorecer el aumento de caudal de explotación y la disminución de nivel. Una vez realizado el desarrollo químico se procederá a un ensayo de bombeo que evalúe los parámetros hidrogeológicos relativos al acuífero y la captación.

Y posteriormente se procederá al dimensionamiento del equipo de bombeo a instalar en el nuevo sondeo PEÑA II. Para el dimensionamiento de dicho equipo de bombeo es necesario evaluar y utilizar los datos obtenidos en el ensayo de bombeo realizado después del desarrollo químico. Lo cual para el diseño se utilizan datos teóricos hasta la construcción final del sondeo.

1.2 UBICACIÓN

La situación del nuevo sondeo queda perfectamente definida por los parámetros que se exponen a continuación. Véase Plano 3. 2. PLANO SITUACIÓN. DETALLE

El Término Municipal al que pertenece el punto del sondeo es Ibi, en la provincia de Alicante. El sondeo está situado al este del núcleo de población, en el margen izquierda de la carretera CV-814. El Finca donde se ubica el sondeo se llama Peña

Rubia, y catastralmente pertenece a la Parcela Nº 51, Ibi. Véase Plano 3.3 PLANO CATASTRAL DEL SONDEO .

Para acceder al punto del sondeo, debemos situarnos en Ibi y en la carretera dirección Tibi, y en el kilométrico 4 nace a la izquierda un camino sin asfaltar que nos lleva hasta la parcela vallada del sondeo.

Según los datos obtenidos en campo mediante un GPS de la marca Garmin, sus coordenadas UTM referenciadas al Datum European 1950 son las siguientes:

- Huso: 30 S
- X: 691 253m
- Y: 4 275 351m
- Z: 615 m.s.n.m

La unidad hidrogeológica de la que se abastece el sondeo PEÑA II, es la Unidad Hidrogeológica "Hoya de Castalla", cuyas características y datos de interés se exponen en el ANEJO 2. ESTUDIO HIDROGEOLOGICO.

2. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente Proyecto es definir y valorar las obras de construcción y equipamiento del pozo denominado PEÑA II de la finca Peña Rubia.

3. ESTUDIO GEOLÓGICO

3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL LUGAR

El lugar a estudiar se encuentra geológicamente en la zona externa del sector oriental de la Cordilleras Béticas y pertenece, por sus facies litoestratograficas y estilo tectónico, al Prebético Externo, en su área septentrional y Prebético Interno.

3.2. ESTRATIGRAFÍA

Toda esta zona se caracteriza por la continuidad de sedimentación que se sitúa desde el Jurásico Superior al Plioceno, en este terreno se muestran casi todos los pisos que se divide Cretácico y el Terciario.

- Triásico. En las inmediaciones del cabezo de los Campellos, La Rabosa, La Peanaesa (Sierra de Castalla), Alto de Biscoy, Loma de la Paja afloran unas arcillas con yesos de tonalidad generalmente roja, que tienen ocasionalmente Juncintos de Compostela

- Cretácico. Se muestran facies muy diversas, desde calizas margosas, margas, hasta calcarenitas berriasienses de la Fontanella.

- Jurásico. En la parte superior se muestran areniscas gruesas con cemento dolomítico-ferruginoso y Pasadas de microconglomerados. Y en la parte inferior bioesparitas y biomicritas que se alternan con débiles intercalaciones margosas y de areniscas micáceas con cementos dolomíticos.

- Terciario. Predominan las margas blancas (Sierra de Onil, depresión de Catí, La Espartosa, Barranco de Caprala, Ibi, Reconco) o azules más compactas (Alto de Troncal).

También aparecen calizas margosas (Maignó, Solana de la Arqueña y Olivar), calcarenitas, calciruditas, biomicritas y calizas pararrecifales (Bañeres, La Talaya, Biscoy, Peñarroya, Sierra de Onil, Arqueña, , El Caballo, Castalla, Ibi,) y, por último, areniscas, conglomerados, arenas y arcillas (Alto de la Arenosa, , Peñarroya, Sierra de Onil, Ibi).

- Cuaternario. Los depósitos cuaternarios, de muy diversas génesis, se encuentran ampliamente repartidos, especialmente recubriendo las depresiones ocupadas por sedimentos neógenos.

Los materiales que aparecen son diversos:

- Conglomerados cementados, costras y caliches
- Conglomerados, gravas y limos en conos y depósitos de ladera.
- Arenas, gravas, cantos, limos y arcillas.

3.3. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

Ordenando los materiales aflorantes en el territorio, de mayor a menor antigüedad, la columna estratigráfica resultaría compuesta por:

TRIÁSICO

- Keuper: Arcillas rojas y yesos.

CRETÁCICO

- Porlandiense-Valanginiense: Calcarenitas oolíticas y areniscas ferruginosas (en el techo).

- Valanginiense-Barremiense inferior: Margas grises con débiles intercalaciones de biomicritas arenosas. Niveles con areniscas rojas ferruginosas en el techo.
- Barremiense-Albiense: Biomicritas, calcarenitas y margas amarillas.
- Albiense superior: Arenas y arcillas, de la facies Utrillas, y biomicritas y margas ocres.
- Cenomaniense: Dolomías grises vacuolares.
- Cenomaniense-Turonense: Calizas con radiolarios, y dolomicritas y Margas dolomíticas.
- Cenomaniense-Campaniense: Dolomías grises masivas.
- Coniaciense-Campaniense: Biomicritas con intraclastos negros y calcarenitas.
- Campaniense: Biomicritas recristalizadas (pelágico).
- Campaniense-Maestrichtiense: Biomicritas y margas amarillas.
- Cretácico superior *s.l.*: Calizas margosas y margas con *Globo truncanas*.

TERCIARIO

- Daniense (Paleoceno inferior): Margas esquistosa amarillas y biomicritas nodulosas.
- Montense (Paleoceno medio): Calcarenitas finas y margas piritosas con sílex.
- Thanetiense (Paleoceno superior): Arcillas verdes, arena y caliza margosa.
- Paleoceno-Eoceno: Arcilla verde.
- Eoceno: Calizas y dolomías.
- Oligoceno: Calizas pararecificales; calizas, margas y arenas tipo flysch.
- Oligoceno-Mioceno inferior: Conglomerados y margas salmón.
- Mioceno inferior: Calizas pararecificales con algas y *Amphisteginas*; calizas margosas fétidas.
- Mioceno inferior y medio: Margas blancas.
- Langhiense (Mioceno medio): Margas blancas.
- Serravalliense (Mioceno medio): Arenisca, conglomerados y margas; calcarenita bioclástica; calciruditas bioclásticas con cantos.
- Serravalliense-Tortonense (Mioceno medio-superior): Margas azules compactas y blancas.
- Tortonense (Mioceno superior): Calciruditas bioclásticas con cantos.
- Mioceno-Plioceno: Calizas y margas blancas.
- Plioceno: Arcillas limo-arenosas rojas con algunos cantos.

PLIOCENO-CUATERNARIO

- Plio-Cuaternario: Arcillas rojas y conglomerados.

CUATERNARIO

- Terrazas cuaternarias: Cantos calcáreos, limos rojos y arenas, con cementación en los niveles más bajos.
- Cuaternario antiguo: Materiales detríticos finos (arcillas y limos).
- Pleistoceno: Conglomerados cementados, caliches y costras calcáreas.

- Pleistoceno-Holoceno: Conos y depósitos de ladera (gravas en las zonas proximales y limos rojos en las distales).

3.4. TECTONICA

La zona situada en el territorio más cercano a Ibi, donde se encuentra la finca donde se va a ejecutar el sondeo se ha visto afectada por dos tipos de deformaciones tectónicas

Orogenia principal

De la orogenia principal resultaron las estructuras de directrices béticas, de dirección NE-SW. Éstas contactan con el Prebético Interno mediante falla inversa, existiendo un cabalgamiento hacia el norte (Sierra de Salinas, Peñarrubia y Mariola).

Algunos de los pliegues de gran envergadura que tuvieron este origen son el anticlinal de Mariola, con 20 Km, y los anticlinales volcados de la sierras del Maigmo y la Argueña.

Efectos halocinéticos del Trías

Los efectos halocinéticos del Trías han originado entre otros, los pliegues en champiñón, cuyos flancos están invertidos y generalmente el flanco septentrional cabalga hacia el norte. Son estructuras típicas del Prebético Interno (al norte del territorio). El Trías también ha motivado direcciones aberrantes en los pliegues y deslizamientos gravitacionales.

4. SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (sev)

4.1. INTRODUCCIÓN

Para el estudio del terreno se han realizado tres Sondeos Eléctricos Verticales para determinar la presencia de terrenos resistivos que se puedan explotar como acuíferos.

El objeto de estudio consiste en determinar en profundidad los terrenos resistivos que constituyen el acuífero de la zona.

La finalidad de la investigación geofísica realizada, puede resumirse en los siguientes apartados:

- Detectar las diferentes unidades litológicas que integran el subsuelo de la zona e identificar, en lo posible, las que presentas interés hidrogeológico.
- Calcular el espesor y profundidad de dichas unidades.

- Localizar los accidentes tectónicos que puedan afectar a las unidades acuíferas, con el fin de acotar los puntos donde aquellas puedan ser explotadas.

las graficas de SEV, obtenidas de la relación entre la resistividad y la apertura del dispositivo, han sido interpretadas informáticamente en función del modelo obtenido mediante las curvas patrón para el SEV sobre terrenos estratificados de Orellana-Mooney.

4.2. RESULTADOS DE LOS SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES

Los resultados de los SEV son :

SEV 1. Este punto se encuentra ya prácticamente dentro de la formación Tap , únicamente se detectan terrenos resistivos hasta los 60 metros. A partir de esa profundidad los terrenos son impermeables por lo que no se aconseja la ejecución del sondeo.

SEV 2. En este punto los terrenos favorables pueden llegar hasta los 130 metros de profundidad , por lo que se aconseja realizar un sondeo de 130 metros.

SEV 3. En los alrededores del SEV se sitúa el sondeo PEÑA I de 220 metros. Los resultados del SEV dan terrenos favorables entre los 80 y 200 metros de profundidad.

El estudio se encuentra desarrollado en el ANEJO 3. SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (sev)

4.3. CONCLUSIÓN

Una vez analizado los resultados de los SEV realizados y por falta de información a gran profundidad por limitación de la finca. Se decide realizar un estudio de sondeos electromagnéticos en el dominio de tiempos para ampliar la información del terreno.

5. SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN EL DOMINIO DE TIEMPOS

5.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta investigación es determinar la potencia de las calizas del terciario en dos zonas seleccionadas con la finalidad de estudiar la situación más favorable para la ejecución del sondeo PEÑA II.

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

- Análisis geológico e hidrogeológico de la zona.

- Prospección geofísica por el método TDEM (Método Electromagnético en el Dominio del Tiempo).
- Procesado e interpretación de datos, correlación y redacción de informe.

Geológicamente, las zonas investigadas se localizan sobre formaciones del Terciario donde a nivel superficial la serie comienza con calizas margosas, calizas y microconglomerados. Al oeste del área investigada se encuentra una potente formación de margas recubiertas por sedimentos de gravas, arenas y arcillas de origen Cuaternario

El método del sondeo electromagnético en el dominio del tiempo (SEDT) es una técnica de exploración geofísica 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. Debido a la gran resolución vertical que se obtiene con esta técnica, es posible obtener una imagen de la disposición de las unidades en el subsuelo. En las secciones geoelectricas es posible observar las heterogeneidades (zonas anómalas) debidas a estructuras geológicas, cambios de facies y fracturación de la roca.

5.2. TRABAJOS REALIZADOS

La campaña de prospección geofísica llevada a cabo, consistió en la aplicación del método de Sondeos Electromagnéticos (SEDT). Se han medido 2 Sondeos Electromagnéticos con bucles cuadrados de 200 metros de lado, en la modalidad de "in loop".

5.3. UNIDADES GEOLOGICAS

El análisis de los SEDT y la sección revela la presencia en profundidad de las siguientes unidades:

TERCIARIO

- Calizas margosas y calizas. Se inicia en superficie hasta 180-190 metros de profundidad.
- Margo calizas y margas. Se encuentra a continuación de la anterior unidad hasta 240-260 metros de profundidad.
- Margas. Se detecta en profundidad desde 240-260 metros hasta un mínimo de 500 metros.

El estudio se encuentra desarrollado en el ANEJO 4. SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN EL DOMINIO DE TIEMPOS

5.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En relación con lo expuesto en los diferentes apartados de esta memoria se llega a las siguientes conclusiones:

- Geológicamente, las zonas investigadas se localizan sobre formaciones del Cretácico Superior constituido por biomicritas, calcarenitas, dolomicritas y margas dolomíticas, le siguen en profundidad dolomías, calizas y margas, recubiertas parcialmente por sedimentos cuaternarios.
- La prospección geofísica realizada ha permitido caracterizar litológicamente e hidrogeológicamente las diferentes litologías detectadas, según se expone a continuación:
 - Calizas margosas y calizas. Desde la superficie hasta 180-190 metros de profundidad. Unidad con interés hidrogeológico.
 - Margo calizas y margas. Desde 180-190 metros hasta 240-260 metros de profundidad. Unidad con bajo interés hidrogeológico
 - Margas. Se inicia a 240-260 metros hasta un mínimo de 500 metros. Unidad impermeable, sin interés hidrogeológico.
- En base a los resultados obtenidos, la unidad de calizas margosas y calizas muestra bastante continuidad lateral, pudiendo proyectar sondeos hasta profundidades de 220-240 metros en las dos áreas investigadas. No obstante, se tratarán de alejar las futuras obras de las existentes en explotación

6. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

6.1. SONDEO DE INVESTIGACIÓN

El sondeo de investigación se llevara a cabo para la verificación de los posibles terrenos que nos han marcado los diferentes estudios realizados anteriormente. También se podrían realizar en zonas suficientemente conocidas pero en las que es necesario disponer de piezómetros de control de los niveles de las aguas subterráneas en el entorno próximo. Con la realización de estos sondeos se obtienen datos fundamentales para tomar decisiones en relación al acuífero estudiado y, en particular, respecto a la posterior ejecución de pozos de captación y a las características de los mismos.

Estos sondeos se realizan preferentemente a testigo continuo y quedan acondicionados como piezómetros, con revestimiento de PVC, de manera que permitirán conocer el nivel piezométrico de las aguas subterráneas en la zona antes

de realizar pozos de captación o se puede reperforar ampliando el diámetro para posteriormente equiparlo y dejarlo como sondeo de explotación.

El sondeo de investigación se va a perforar con un diámetro de 220 mm, con el sistemas de perforación destructivos, que no permiten obtener testigo sino tan solo un detritus de perforación, la toma de muestras, se va a realizar cada metro para poder tener características más completas.

En este proyecto el sondeo de investigación, una vez construido y estudiado, se va a reperforar a un diámetro de 380 mm para posteriormente dejarlo como sondeo principal de explotación de la finca, porque los piezómetros necesarios ya fueron construidos con el anterior sondeo PEÑA I.

La técnica de perforación más recomendada para estos casos es con testigo continuo puesto que la recuperación del testigo de roca de forma continua permite obtener datos acerca de la geología, hidrogeología y otras condiciones del subsuelo, imposible de obtener con ningún otro método de perforación. Pero la rotación con testigo continuo haría aumentar demasiado el presupuesto de construcción del sondeo, y para la finalidad de nuestro sondeo de explotación no es necesario un conocimiento tan exhaustivo del terreno a perforar .

Por ello, se empleará el método de rotopercusión. Para la perforación a rotopercusión es necesario el empleo de un compresor. El polvo producido con el material perforado se recoge en un ciclón situado a la salida. Al tratarse de circulación directa el material perforado circula por el espacio anular entre el varillaje y la pared de la perforación. Además, la rotopercusión presenta una ventaja sobre el sistema de testigo continuo en los sondeos de investigación hidrogeológica que es la posibilidad de extraer agua con el aire de perforación y poder evaluar el acuífero en cantidad y calidad.

El sistemas de perforación de investigación empleado se realiza para la construcción de pozos de captación de pequeño diámetro. Constituyen en este caso perforaciones piloto o de pre-explotación que posteriormente se ensanchan al diámetro previsto como pozos de explotación si el resultado es positivo, o se abandonan si es negativo. Esta es una práctica habitual en el caso de la rotopercusión de que inicialmente se realiza con pequeño diámetro y que, en función del caudal extraído, se decide su abandono, entubación o ensanche posterior para entubar con mayor diámetro.

Las características constructivas del sondeo de investigación serán las siguientes

De 0 a 300 m : Con martillo/tricono de 220 mm de diámetro.

Con toma de muestras cada metro de profundidad.

6.2. DISEÑO DEL SONDEO

El diseño del sondeo debe ser concebido para garantizar las necesidades de su usuario.

- Deberá tener el diámetro suficiente para satisfacer la demanda de agua.
- La cantidad de agua a extraer será adecuada para el uso pretendido
- Las instalaciones deberá ser segura, fiable y tener una vida útil razonable, requiriendo además poco mantenimiento.
- Los costes de construcción y extracción no deberán ser excesivos.
- No deberá provocar afecciones significativas en los sondeos vecinos y su diseño evitara la contaminación desde la superficie de las formaciones acuíferas

Estos requerimiento imponen que el diseño del sondeo se fundamente en una serie de principios.

- La localización de sondeo debe ser seleccionada después de llevar a cabo la investigación hidrogeológica, redactada en el ANEJO 2. ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
- El sondeo debe tener suficiente diámetros, profundidad y rectitud para albergar el equipo de bombeo, así como el resto de elementos auxiliares.
- Debe ser estable y no producir colapso.
- Hay que evitar la entrada de partículas sólidas (arena y arcilla) al interior del entubado durante el bombeo.
- Debe situarse los filtros en las zonas de la perforación con mayor rendimiento acuífero.
- El sondeo debe ser hidráulicamente eficiente, minimizándose las pérdidas de energía (perdidas de carga) en las distintas partes que las integran.
- Los materiales constructivos deben resistir en lo posible la corrosión y tratar de evitar las incrustaciones, minimizando las operaciones de mantenimiento y de rehabilitación posteriores.
- Los materiales empleados no provocaran el empeoramiento de la calidad del agua.
- El pozo y el acuífero deben protegerse de la contaminación procedente de la superficie, pero también debe evitarse la contaminación cruzada con otros acuíferos.
- La profundidad, el diámetro y los materiales constructivos deberán ser optimizados atendiendo a criterios económicos.

6.2.1 Profundidad y diámetros

La profundidad del sondeo de explotación a ejecutar viene definida por las características hidrogeológicas de la formación acuífera en la que se pretende captar el agua. La información para la determinar la profundidad del sondeo se decide por los estudios geológicos e hidrogeológicos previos, de datos obtenidos mediante el sondeo de investigación, SEV. y SEDT, y atendiendo a las perforación realizadas con anterioridad de otros pozos en las proximidades.

Las cuestiones de tipo hidrogeológico que tienen influencia en la profundidad final del sondeo son:

- Ubicación del acuífero. La profundidad del sondeo deberá ser tal que permita su intercepción, en principio en todo su espesor, o al menos en aquel espesor necesario para garantizar el caudal de explotación requerido.
- Niveles piezométricos. En acuíferos libres es necesario atravesar siempre el nivel freático con la perforación, asegurándonos además de que la bomba no quedará en seco durante su funcionamiento, teniendo en cuenta que las extracciones harán que el nivel estático del acuífero en el interior del pozo descienda hasta su posición dinámica y eventuales descensos de los niveles regionales durante la vida útil de la captación.

Como el acuífero perforado es libre se deberá considerar la posibilidad de alcanzar la base impermeable, salvo que los caudales de explotación requeridos, los condicionamientos económicos o una excesiva profundidad de la base recomienden una solución solo parcialmente penetrante.

El diámetro del entubado del sondeo debe ser lo suficientemente grande para albergar en su interior la bomba, además de los cables de suministro eléctrico, la camisa de refrigeración (en el caso de necesitarla) y el tubo piezométrico. Además, el flujo de agua entre el motor y el entubado deberá asegurar la refrigeración del primero.

Además de cumplir estos parámetros de holgura, habrá que asegurar que la velocidad de paso del agua por el espacio anular entre el cuerpo de la bomba y el entubado estén entre 0,5 m/s y 3 m/s .

La holgura será igual al doble de la luz entre el entubado y la perforación, presentándose en la siguiente tabla las holguras máximas recomendadas en función del diámetro del entubado según .

Diámetro exterior de la entubación (mm)	Holgura máx. entre entubado y perforación (mm)
114 y 127	30
141, 146 y 159	40
168 y 194	50
219 y 245	60
273 y 299	70
325 y 351	90
377 y 426	100

Al igual que sucedía con el diámetro del entubado en función del caudal de explotación, algunos autores han realizado recomendaciones de diámetros de perforación para distintos caudales de extracción del sondeo.

Caudal de diseño sondeo	Diámetro del entubado		Diámetro de la perforación	
	Pulgadas	Milímetros	Pulgadas	Milímetros
>100l/s	20	508	24	609,6
hasta 100 l/s	16	406.4	20	508
hasta 60 l/s	13 3/8	339.7	17 1/2	444.5
hasta 30 l/s	5/8	244.5	12 1/4	311,2
hasta 15 l/s	7	177.8	8 1/2	215,9
Hasta 5 l/s	5	127	6 1/4	158,8
Menor 5 l/s	3	76.2	4 1/4	108

Después de de tener en cuenta todas las condiciones generales que hemos planteado anteriormente se va a realizar la reperforación del sondeo de investigación a un diámetro de 380 mm de perforación.

Las características constructivas del sondeo de explotación serán las siguientes

De 0 a 300 m : Con martillo/tricono de 380 mm de diámetro.

6.2.2 Emboquille

Los primeros metros de toda perforación requieren una especial protección: debido a la escasa cohesión de los horizontes más superficiales, más aun teniendo en cuenta el elevado peso de la maquinaria de perforación; y por el interés de aislar el sondeo de posibles fuentes de contaminación superficial.

El emboquille del sondeo se realizará perforando con el máximo diámetro disponible hasta alcanzar materiales adecuados. La perforación se cementará y se entubará con un diámetro de 400 mm. Por el interior de la tubería de emboquille, situada en la superficie, es por donde se introducirán todas las herramientas de perforación del sondeo, su entubado, su empaque de gravas, etc.

Para soportar el peso de la maquinaria de perforación que se sitúa en superficie y no dañar el emboquille del sondeo, se realizará una plataforma situada en la superficie de 9 m² de explanada por 1 metro de profundidad.

Frecuentemente, no se presta suficientemente atención a la calidad de la cementación del emboquille, dándose por supuesto que el “cierre” natural de los terrenos o una cementación por gravedad es suficiente para garantizarla. A raíz de esto pueden aparecer problemas, tanto durante la perforación del sondeo (pérdidas de lodos, derrumbes y colapsos), o durante su explotación (contaminación y hundimiento del emboquille).

Para finalizar, recordar que el fraguado del cemento necesita de un tiempo determinado, recomendándose no actuar al menos durante las siguientes 48 horas en el sondeo. Es importante que inmediatamente al final de los trabajos se proceda a la limpieza de todas las partes del circuito de cementación para evitar obstrucciones.

6.2.3 Entubación. Tuberías y filtros

La cámara de bombeo, además de albergar la instalación electromecánica de elevación del sondeo, debe proporcionar estabilidad a la perforación del pozo y proteger la bomba de los materiales que pudieran entrar en el pozo procedente de las paredes de la perforación. La tubería que la integra es de tipo ciego, sin existencia de conexión hidráulica en sus paredes entre el interior del entubado y el acuífero.

El tramo ranurado, filtro o enrejillado (*screen*) debe de sumar a las funciones de la cámara de bombeo la de permitir la entrada del agua en el interior del pozo. La tubería que la integra es de tipo perforado o filtrante, con existencia de conexión hidráulica en sus paredes entre el interior del entubado y el acuífero.

6.2.3.1 Materiales empleados en el entubado.

La selección del material empleado en el entubado del sondeo se ve condicionado por los siguientes factores:

- Profundidad y diámetro del sondeo.
- Calidad del agua.
- Coste de adquisición de la tubería.
- Cumplimiento de la normativa vigente.

Por estas características anteriores se va a entubar en acero al carbono .

Ventajas: Material pesado, resistente a esfuerzos rígidos y barato.

Desventajas: Se ve muy afectado por los procesos de corrosión e incrustación, que se suelen minimizar aumentando el espesor de la chapa.

Según la norma ANSI el espesor mínimo del entubado en función de la profundidad y su diámetro, en ausencia de esfuerzos inusuales será de 6,35 mm. El espesor elegido es de 6 mm .

Se trata de un espesor suficiente para aguantar las presiones laterales y el propio peso de la columna de 300 m de longitud. Además, permite garantizar la explotación, durante más tiempo, en el supuesto de que el agua sea corrosiva.

Las características constructivas de la entubación del sondeo de explotación serán las siguientes

- De 0 a 180 m : Tubería ciega de 280 mm de diámetro y 6 mm de espesor.
- De 180 a 220 m : Filtros tipo puentecillo de 2 mm de apertura.
- De 220 a 232 m : Tubería ciega de 280 mm de diámetro y 6 mm de espesor.
- De 232 a 272 m : Filtros tipo puentecillo de 2 mm de apertura.

De 272 a 300 m : Tubería ciega de 280 mm de diámetro y 6 mm de espesor.

Con dicho diámetro la velocidad del fluido por su interior de la entubación será de 0,487 m/s, lo que limita las pérdidas de carga (máxima velocidad 1,5 m/s).

Sección tubería: 0,0615 m²

Caudal: 0,03 m³/s

$$V=Q/S$$

La velocidad de paso de agua por el anular motor/entubación, será de 1.034 m/s, lo que entra dentro de los valores indicados (0,5 m/s y 3m/s).

Sección bomba/motor: 0,032 m²

Superficie de paso de agua: 0,029 m²

Caudal: 0,03 m³/s

$$V=Q/S$$

Según la tabla consultada para las recomendaciones de diámetro en función del caudal, del Programa de entubación según Normas API, indican que para el caudal de hasta 30 l/s sería preciso una entubación de diámetro mínimo de 268,5 mm, por lo tanto son medidas similares a las calculadas anteriormente.

La profundidad y el diámetro del entubado diseñado obligarán a que las tuberías a colocar en el sondeo presenten unas características de resistencia mecánica suficientes. Las principales características físicas de los materiales se resumen en la tabla siguiente.

	Acero al carbono	Acero inoxidable	PVC	Fibra de vidrio
Peso específico (Tn/m ³)	7,8	8	1,4	1,9
Límite elástico (MPa)	240	210	50	80
Módulo de Young de elasticidad_ (MPa)	2,1 x10 ⁵	1,9x10 ⁵	2,8x10 ³	13,8x10 ³
Coefficiente de Poisson	0,28	0,3	0,4	0,6
Temperatura de servicio_ (2C)	<538	<538	<60	< 149
Coef. dilatación térmica (cm/m2C)	1,2 10-	1,8	5,4 x 10	1,8 x 10

La tubería de acero al carbono que se va a utilizar es de soldadura longitudinal. Este tipo de tubería se fabrica con planchas de acero que se cortan en cuadrados que corresponden al diámetro final deseado de 280 mm. En la segunda etapa, los bordes longitudinales se preforman a la curvatura que requiere la tubería. Luego, el acero se

pasa por rodillos y se dobla para formar un cilindro, soldándose la costura. Finalmente los tubos van siendo unidos por sus bases, prestando atención a que las soldaduras longitudinales no se encuentren alineadas.

En el estudio de la seguridad estructural del entubado del sondeo deberán analizarse las siguientes resistencias mecánicas:

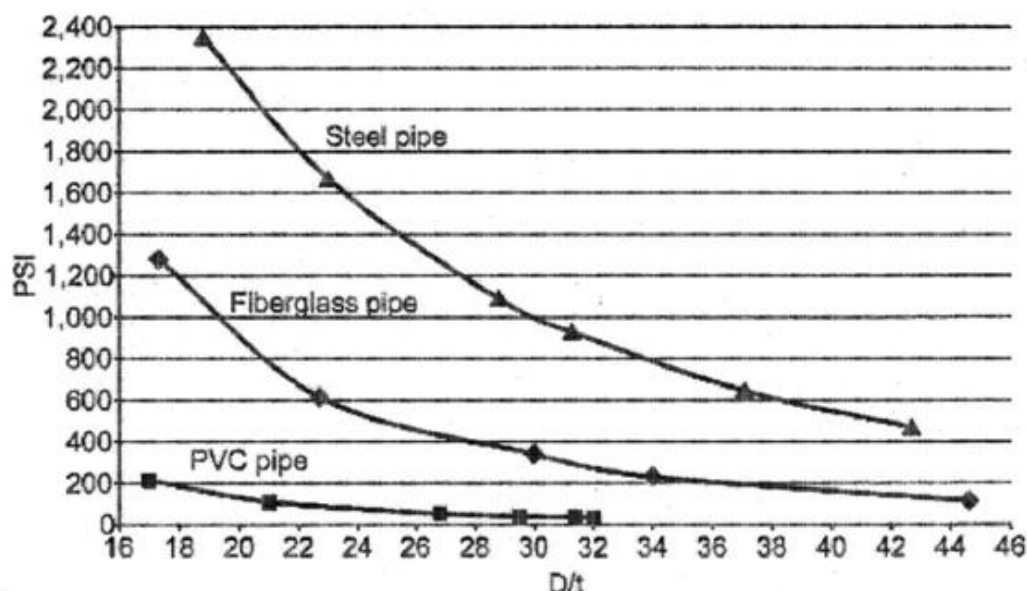
- Resistencia al colapso.
- Resistencia a tracción.
- Resistencia a compresión

Resistencia al colapso (*collapse strenght*).

El colapso del entubado puede producirse por la acción de esfuerzos estáticos y dinámicos. El empuje de la formación y de la columna de agua generalmente se consideran como estáticos, mientras que los terremotos, el movimiento de la grava, la subsidencia, etc, se consideran dinámicos. Evidentemente, resulta muy complejo analizar los esfuerzos dinámicos a los que estará sometido el entubado y prever su capacidad resistente ante los mismos.

La resistencia al colapso de un entubado dependerá:

- De las propiedades físicas del material del entubado.
- Del diámetro del entubado.
- Del espesor de la pared de la tubería.
- En la gráfica siguiente se presenta una Comparativa de la resistencia al colapso del acero, el PVC y la fibra de vidrio para distintos ratios diámetro/espesor de pared.



El método más aceptado internacionalmente para el cálculo de la resistencia al colapso de un entubado de acero es la ecuación de Timoshenko, adoptada por el American Petroleum Institute (API). La presión de colapso teórica de un cilindro perfecto de acero se obtiene con la siguiente expresión:

Siendo:

$$P_{cr} = \frac{2E}{(1 - u^2) * \left(\frac{D}{t} - 1\right)^3}$$

P_{cr} , la presión de colapso en un cilindro perfecto en kPa

E, el módulo de Young en kPa. $2,1 \times 10^8$ kPa en el caso del acero al carbono. u, el coeficiente de Poisson.

u, el coeficiente de Poisson.

D, el diámetro exterior de la tubería en mm.

t, el espesor de la tubería en mm.

$$P_{cr} = \frac{2 * 2,1 \times 10^8}{(1 - 0.28^2) * \left(\frac{286}{6} - 1\right)^3} = 4785.29 \text{ kPa}$$

Resistencia a tracción (*tensile strenght*).

Los mayores esfuerzos de tracción a los que se someterá el entubado se producirán durante su instalación, ya que la columna estará suspendida y será descendida desde la superficie.

El peso de la tubería puede ser calculado mediante la siguiente expresión:

$$W_t = 6.156 * L * (D_e^2 - D_i^2)$$

Siendo:

W_t , el peso total en kg.

L, la longitud total de la tubería en m.

D_e , el diámetro exterior de la tubería en m.

D_i , el diámetro exterior de la tubería en m.

$$W_t = 6.156 * 300 * (286_e^2 - 280_i^2) = 6136768.8 \text{ kg}$$

Teniendo en cuenta que en el momento en el que la tubería se sumerja en el agua se producirá un empuje vertical y hacia arriba motivado por la fuerza de flotación, se podrá aplicar un coeficiente reductor del peso de la tubería que se obtendrá con la siguiente expresión:

$$B = \frac{D_m - D_f}{D_m}$$

Siendo:

B, el coeficiente de flotabilidad. Menor de 1.

Dm, la densidad del material en kg/m3.

Df, la densidad del fluido en kg/m3.

$$B = \frac{7800 - 1000}{7800} = 0.8717$$

La resistencia a tracción de la tubería será determinada aplicando la expresión recogida en la norma ANSI-AWWA AI 00-06:

$$C_{ts} = \frac{\pi * t * S_t * (D_e - t)}{20000}$$

Siendo:

Cts, la resistencia a tracción de la tubería en toneladas métricas.

t, el espesor de la tubería en mm.

St, la tensión de rotura del material en MPa. 360 MPa para el acero 5235JR y 410 MPa para el acero 5275JR.

De, el diámetro exterior en mm.

$$C_{ts} = \frac{\pi * 6 * 380 * (286 - 6)}{20000} = 98.13$$

Además de a estos esfuerzos de tracción debido al peso de la tubería, fácilmente medibles, el entubado podrá estar sometidos a otros de difícil definición durante el vertido del empaque de gravas. Por este motivo, es conveniente contar con cierto margen de resistencia a tracción por encima de la necesaria para soportar la columna de entubación. Por ello, se recomienda emplear un coeficiente de seguridad entre 1,5 y 2.

Resistencia a compresión (column strenght).

Cuando únicamente se introduzca el entubado del sondeo en la perforación, toda la tubería deberá colgar del cabezal del sondeo, estando sometida únicamente a tracción. Nunca se deberá permitir que la columna de entubado apoye sobre el fondo de la perforación del pozo, ya que la tubería podría estar sometida a esfuerzos de compresión inadmisibles.

La resistencia a compresión axial de un entubado de acero se determina empleando la siguiente expresión contenida en la norma ANSI-AWWA AI 00-06:

$$C_{as} = \frac{\pi * t * S_{yp} * (D_e - t)}{20000}$$

Siendo:

Cas, la resistencia a compresión axial del entubado en toneladas métricas.

t, el espesor de la tubería en mm.

Syp, el límite elástico del material en MPa. 235 MPa para el acero 5235JR y 275 MPa para el acero 5275JR.

De, el diámetro exterior en mm.

$$C_{as} = \frac{\pi * 6 * 250 * (286 - 6)}{20000} = 64.559$$

Además de lo señalado para el entubado ciego de acero, es importante destacar que muchos filtros no están preparados para soportar el peso de la columna de entubado situado por encima de él. Por este motivo, hasta que no se ejecute el empaque de gravas y el cementado, no se podrá soltar la tubería.

6.2.3.2. Filtros.

El propósito principal de los filtros (*screens*) es permitir la entrada del agua desde la formación hacia el interior del entubado de forma eficiente, sin grandes pérdidas de carga, y la vez debe prevenir, junto con el empaque de gravas, que arenas y otros materiales finos accedan al pozo y terminen por dañar a la bomba.

Además, no hay que olvidar que los filtros serán también los lugares de acceso al acuífero desde el entubado para la ejecución de desarrollos y operaciones de mantenimiento futuras.

La elección del tipo de filtro a colocar dependerá de la combinación de los siguientes factores:

- Capacidad mecánica del filtro, que deberá satisfacer los requerimientos de resistencia.
- Resistencia a la corrosión, que afectará a la vida útil del sondeo y a la formación de incrustaciones que reducirán el área de paso del agua.
- Diseño de la ranura o geometría de la abertura, que afectará al desarrollo del sondeo y deberá minimizar los costes de explotación del sistema.
- Área abierta (proporción de huecos sobre el total de la superficie del filtro), que afectará a la velocidad de entrada del agua, al desarrollo del sondeo y al crecimiento bacteriano, persiguiendo la mayor eficiencia y productividad, así como un bajo coste de explotación.

- Coste económico del filtro.

El diseño de la ranura o geometría de la abertura vendrá dada por la fracción de arena que se desea dejar pasar en la operación de desarrollo de sondeo, así como por la que se quiere retener de una manera estable. Se elegirá en función de la curva granulométrica y de que se instale o no empaque de gravas.

Tanto el diámetro de la rejilla como el porcentaje de área abierta son factores que cuantifican la superficie por la que el agua debe atravesar el filtro. Esta superficie de paso determinará la velocidad de circulación del agua a través de la rejilla para el caudal de extracción, siendo el parámetro definitorio de las pérdidas de carga.

Para este sondeo se va a utilizar filtros de puentecillo. Se trata de una tipología de filtro troquelado. Se fabrican con planchas de acero troqueladas en una prensa. La apertura de la ranura es generalmente vertical y proporciona dos orificios alineados longitudinalmente con el eje. Las láminas de acero perforadas se enrollan como cilindros y se sueldan en la costura, de forma idéntica a las tuberías de acero de entubado con soldadura longitudinal.

Generalmente, la rejilla de puente trapezoidal se instala en pozos con envoltorio de grava. Sus principales ventajas son un área de apertura razonablemente extensa (superior al 7%) y pérdidas mínimas de carga por fricción, a costos relativamente bajos. Una desventaja importante es su baja resistencia al colapso debido al gran número de ranuras de orientación vertical.

Haciendo un cálculo de la velocidad de paso por el filtro puentecillo obtenemos:

Velocidad debe ser 3 m/s. Se presupone que debería de ser de 0,03 m/s, pero podemos considerar velocidades mayores.

$S = Q/V$; dando Sección de 0,01 m²

Puesto que se debe considerar el 50 % obturado, el área de entrada de agua debe de ser de 0,02 m².

El filtro puentecillo de 280 mm de diámetro y espesor de 6 mm, tiene una superficie útil de 0,21%. 80 m de filtros útiles.

$$S_{total} = \pi * r^2 * L = \pi * 0.14^2 * 80 = 4.926 \text{ m}^2$$

El 0,21% de la superficie es libre, por lo tanto el agua tiene una superficie de paso de 0.0105 m².

Las características constructivas del sondeo de explotación para los filtros serán las siguientes

De 180 a 220 m : Filtros tipo puentecillo de 2 mm de apertura.

De 232 a 272 m : Filtros tipo puentecillo de 2 mm de apertura.

6.2.4 Empaque de gravas

El macizo filtrante o empaque de grava (filter pack, gravel pack) consiste en generar o colocar una zona de grava seleccionada en las cercanías del sondeo (o espacio anular comprendido entre la pared del sondeo y la rejilla). Las funciones que cumplen los empaques de grava son fundamentalmente dos: la estabilización de arenas finas y uniformes de un acuífero para evitar arrastres de las mismas durante el bombeo y proporcionar una mayor permeabilidad en el entorno del sondeo.

Empaque de grava artificial.

Se usa donde el material acuífero es fino, o se trata de un acuífero estratificado y heterogéneo. Las ventajas del empaque de grava artificial son:

- Permite el empleo de rejillas con aberturas grandes ya que el material del empaque es de mayor tamaño que la formación.
- Reduce el riesgo de arrastre de finos y obturación de los filtros.
- Incrementa el diámetro efectivo del sondeo, dado que el empaque tiene una permeabilidad mucho mayor que el acuífero circundante.
- Puede reducir el tiempo requerido para el desarrollo del sondeo.

Las desventajas son:

- Requiere perforar con diámetros mayores ya que el empaque se sitúa en el espacio anular entre la pared del acuífero y la tubería filtrante.
- En muchas situaciones no es posible conseguir el material adecuado para el empaque.

Las características del material usado para el empaque de gravas deben ser las siguientes:

- Limpio, de grano redondeado, liso y uniforme.
- De naturaleza silíceo (arenas y gravas) (ver fotos a continuación).
- Evitar arenas/gravas ricas en hierro y calizas debido a que la precipitación y disolución de sales ricas en hierro y calcio pueden causar problemas; por ejemplo, las partículas calizas en los desarrollos por ácido. Recomendable menos de un 5% de material calizo.



La instalación del empaque se realizara por gravedad desde la boca del sondeo, dejando caer la grava por el anular y se situara en los lugares más favorables para el paso del agua, decidiéndolo una vez realizado el sondeo.

El engavillado se llevará a cabo mediante una grava silicia de 3.6 mm:

Abertura de las rejillas <math><2,88\text{ mm}</math> (3,6 *0,8). Podrían ser de 2 mm ó 2,5 mm

Las características constructivas del sondeo de explotación para el empaque de grava serán las siguientes

De 100 a 297 m : Grava silicia = 3,6 mm

6.2.5 Cementación y aislamiento de tramos

La finalidad de las cementaciones es:

- Aislar la zona superior del sondeo para evitar la contaminación superficial a través del espacio anular y empaque de gravas, evitar desprendimientos del terreno hacia las zonas enrejilladas, o disminuir la corrosión en las tuberías de revestimiento protegiéndolas del colapso.
- Aislar acuíferos en la vertical para evitar flujos entre ellos, y de este modo no mezclar aguas de diferentes calidades, algunas incluso contaminadas, así como la transferencia incontrolada de volúmenes de agua de unos niveles a otros.
- Sellar el fondo del sondeo en el caso de que aparezcan terrenos triásicos o que aporte material contaminante para el agua.

- Cementación entre tuberías para evitar comunicaciones no deseables entre diversos acuíferos superpuestos (ver esquemas abajo).
- Liberar presiones radiales centrípetas contra las tuberías.

En las cementación se empleara suspensiones de cemento y bentonita con agua, ya que las suspensiones de cemento y bentonita son mucho más estables que las de cemento sólo. Durante la mezcla es conveniente remover constantemente para evitar la segregación.

Se procederá a la cementación de las primeros 100 metros, contando desde la superficie del terreno, de espacio anular comprendido entre la pared de la perforación y la tubería de revestimiento, y los 3 metros finales del sondeo para evitar contaminaciones del terreno.

Se necesita un volumen de

$$\begin{aligned} \text{Volumen superior} &= (\pi * r_{\text{exterior}}^2 * h) - (\pi * r_{\text{interior}}^2 * h) \\ &= (\pi * 0.32^2 * 100) - (\pi * 0.28^2 * 100) = 7.539\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen inferior} = (\pi * r_{\text{exterior}}^2 * h) - (\pi * 0.32^2 * 3) = 0.965\text{m}^3$$

$$\text{Volumen total} = \text{Volumen inferior} + \text{Volumen superior} = 8.504\text{m}^3$$

A mayor cantidad de agua, menor densidad, menos estabilidad, pero menos dificultad para bombearlo. Son, también, más fáciles de manejar y su retracción, una vez fraguada, es mucho menor. Se va a realizar en proporciones del 2 al 4% del peso del cemento es lo normal, es decir, de 1 a 3 kg de bentonita por cada saco de cemento (50 kg)

Bentonita /cemento %	Densidad	Agua por saco de cemento (litros)	Suspensión resultante por saco de cemento (50 kg) (litros)
0	1.75	28.5	45
	1.80	26.5	42.5
	1.85	24.5	40.5
	1.86	23.75	39.5
	1.88	23	38.75
	1.90	22	38
	1.95	20	36
2	2.02	17.5	33.5
	1.76	29	45.5
	1.80	27	43.5
	1.85	24.5	40.75
4	1.90	22.5	38.5
	1.69	33.75	51
	1.75	30.75	47.25
	1.80	27.5	44
6	1.82	26.5	43
	1.64	37.5	55
	1.70	33.75	51
	1.75	30.5	47.75
	1.77	29.5	46.5

Las características constructivas del sondeo de explotación para la cementación serán las siguientes

De 0 a 100 m: cementación
De 297 a 300 m: cementación

6.2.6 Acondicionamiento final del sondeo

La boca o cabeza del sondeo, es decir, la parte externa que sobresale en superficie, constituye un aspecto fundamental en la construcción de las obras de captación. La finalidad de su acondicionamiento es:

- Prevenir la entrada de contaminantes al interior del sondeo (ver fotos a continuación).
- Soportar el equipo de bombeo.
- Proteger al sondeo contra daños accidentales y vandalismo.
- Proteger al sondeo frente a las inundaciones.
- Proteger al sondeo frente a las heladas.
- Permitir el acceso controlado al sondeo para realizar mediciones del nivel piezométrico, caudal, y muestreo de la calidad de las aguas.



Una vez terminado la perforación del sondeo se montara una arqueta sujeta al emboquille del sondeo con la finalidades anteriormente citadas.

6.2.7 Diseño final del sondeo

- Las características constructivas del sondeo de explotación serán las siguientes

De 0 a 300 m : Con martillo/tricono de 380 mm de diámetro.

- Las características constructivas de la entubación del sondeo de explotación serán las siguientes

De 0 a 180 m : Tubería ciega de 280 mm de diámetro y 6 mm de espesor.

De 180 a 220 m : Filtros tipo puentecillo de 2 mm de apertura.

De 220 a 232 m : Tubería ciega de 280 mm de diámetro y 6 mm de espesor.

De 232 a 272 m : Filtros tipo puentecillo de 2 mm de apertura.

De 272 a 300 m : Tubería ciega de 280 mm de diámetro y 6 mm de espesor.

- Las características constructivas del sondeo de explotación para los filtros serán las siguientes

De 180 a 220 m : Filtros tipo puentecillo de 2 mm de apertura.

De 232 a 272 m : Filtros tipo puentecillo de 2 mm de apertura.

- Las características constructivas del sondeo de explotación para el empaque de grava serán las siguientes

De 100 a 297 m : Grava silicia= 3,6 mm

- Las características constructivas del sondeo de explotación para la cementación serán las siguientes

De 0 a 100 m: cementación

De 297 a 300 m: cementación

6.3. REGISTROS GEOFISICOS Y VIDEOGRAFICOS EN SONDEO

Se realizará la testificación geofísica del sondeos PEÑA II de 300 m de profundidad. El equipo de testificación deberá estar a pie de obra con tiempo suficiente para que una vez finalizada la perforación del sondeo a testificar, comiencen los trabajos de testificación de forma inmediata.

Se efectuarán los siguientes registros geofísicos:

- Gamma natural
- Potencial espontáneo
- Resistividad normal corta y larga
- Conductividad y temperatura
- Verticalidad y alineación

Todos estos registros se realizan para tener más información de los diferentes terrenos y fisuras que nos podemos encontrar, y poder colocar con mayor exactitud los filtros y tuberías. El reconocimiento videografico nos permite verificar la correcta instalación de los filtros y la calidad final del sondeo.

Las diagráfias y la interpretación de campo será facilitada al Director de las Obras inmediatamente, quien decidirá la elaboración de la columna definitiva de entubado.

Descripción de los equipos en ANEJO 8. REGISTROS GEOFISICOS Y VIDEOGRAFICOS EN SONDEO

6.4. LIMPIEZA Y DESARROLLO DEL SONDEO

Es muy frecuente que en gran parte de sondeos no se preste suficiente importancia a las operaciones de limpieza y desarrollo de los mismos. Esto es debido en gran medida al desconocimiento de la textura-estructura de las formaciones acuíferas, principios básicos de la hidráulica de captaciones y de la propia interferencia de la obra de captación en el entorno geológico.

Se deben diferenciar dos términos teóricos, limpieza y desarrollo, aunque en la práctica sea difícil establecer sus límites. La limpieza engloba los mecanismos que tratan de desalojar aquellos elementos extraños introducidos en la formación durante la perforación (lodos, fluidos de perforación, etc.). En cuanto al termino desarrollo, engloba el conjunto de operaciones que tiene por objeto tratar de estimular la productividad de los sondeos, mejorando la permeabilidad, disminuyendo las pérdidas de carga y estabilizando la formación acuífera situada alrededor de cada tramo filtrante.

Los desarrollos químicos se basan en el efecto dispersante de las fracciones arcillosas de determinados agentes químicos, y de la disolución de los carbonatos por soluciones ácidas.

En cuanto a los compuestos a utilizar, los polifosfatos, poseen una capacidad dispersante de las arcillas que les hacen ser especialmente útiles para eliminar la

costra (cake) de las paredes de la perforación. Además son muy efectivos para fracciones arcillosas-limosas de las formaciones detríticas.

La acidificación provoca una reacción enérgica de los carbonatos con un ácido fuerte, mejorando la transmisividad de las formaciones fisuradas y/o carstificadas.



En el sondeo de investigación se llevó a cabo un ensayo de bombeo del sondeo. Los resultados del ensayo de bombeo, en cuanto a caudal bombeado, estaban muy lejos de los esperados aunque se pudo constatar la necesidad de un desarrollo químico de la formación entorno al sondeo para poder alcanzar zonas de mayor transmisividad.

Ante esta situación, se decide llevar a cabo un desarrollo químico del sondeo mediante tripolifosfatos y ácido clorhídrico, y posterior ensayo de bombeo para evaluar los resultados obtenidos.

El objeto fundamental de este desarrollo químico, será incrementar en la mayor medida, las posibilidades de captación de agua del sondeo PEÑA II.

6.5. ENSAYOS DEL SONDEO

El ensayo de bombeo se llevara a cabo, entre las primeras 48 horas, una vez terminado el desarrollo y limpieza del sondeo. El objetivo de este ensayo es obtener información sobre el funcionamiento y comportamiento hidráulico del sondeo.

El método a utilizar será escalonado sin recuperación, cuatro escalones. Entre cada escalón no se va a parar la bomba, y se va a elevar el caudal de modo continuo hasta el nivel del siguiente escalón. Se realizara el periodo de bombeo de cuatro escalones y a continuación otro de recuperación.

Las características del ensayo de bombeo y cálculos se encuentran en el ANEJO 9. ENSAYO DE BOMBEO

6.6. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN FINAL DE BOMBEO

La conocer potencia necesaria en el equipo de impulsión. Para ello se parte de los datos iniciales y teóricos tomados de otros sondeos, y que se resumen:

- Nivel dinámico del sondeo: 170 m.
- Diferencia de cotas sondeo/deposito: 5 m.
- Pérdidas de cargas totales: 3.584 m.c.a.
- Altura manométrica total de impulsión: 178.54,03 m.

Buscando en el mercado especializado de los equipos de impulsión se ha seleccionado la bomba UGP-0840 de 7 rodetes, con una potencia máxima de 111 C.V. En el siguiente apartado se justifica la elección de la bomba.

Los cálculos y características se pueden ver en el ANEJO 11. DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO DE IMPULSIÓN SUMERGIBLE

La bomba se proyecta instalarla a 226 m con un nivel estático de 120 m y un nivel dinámico de 170 m, bombeando 30 l/s.

Se prevé que la instalación de la bomba a 226 m de profundidad conserve una columna de agua de 56 m por encima de la aspiración que evite problemas de cavitación y además asegure un buen funcionamiento en el tiempo, a pesar de posibles descensos de los niveles piezométrico en los periodos estivales, y de las pérdidas carga por aumento de las incrustaciones y colmataciones del ranurado del sondeo.

La tubería a utilizar es de acero estirado sin soldadura de calidad St. 37.0 DIN 1629/84 (características de acero), debiéndose acomodar sus características a la norma UNE 10216-1 (DIN 2448). Las uniones mediante bridas bien refrentadas y sujetas mediante tornillos (de acero inoxidable, cromada o zincada). Los tramos son de 6 metros y las bridas deben de tener tres o cuatro rebajes semicirculares para alojar los cables conductores y el microtubo.

En total se instalaran 37 tramos de tubería de impulsión de 6 m cada uno de ellos y un carrete único a la placa de anclaje de 4 m. En total 226 m de tubería de impulsión hasta la superficie del suelo.

Los cálculos y características se pueden ver en el ANEJO 10. DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN VERTICAL Y CABEZAL DEL SONDEO.

7. RESUMEN DE PRESUPUESTOS

CAPÍTULO 1. OCUPACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE TERRENOS	868,22 €
CAPÍTULO 2. CEMENTACIÓN PARA MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA Y EMBOQUILLADO	1.584,00 €
CAPÍTULO 3. SONDEO DE INVESTIGACIÓN	33.319,81 €
CAPÍTULO 4. REGISTRO GEOFÍSICO	1.518,37 €
CAPÍTULO 5. ENSANCHE DEFINITIVO	44.480,10 €
CAPÍTULO 6. ENTUBADO	26.336,20 €
CAPÍTULO 7. DESARROLLO QUÍMICO	8.556,28 €
CAPÍTULO 8. ENSAYO DE BOMBEO	13.368,13 €
CAPÍTULO 9. REGISTRO VIDEOGRÁFICO	1.629,06 €
CAPÍTULO 10. INSTALACIÓN EQUIPO DE BOMBEO	48.439,44 €
CAPÍTULO 11. REACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	905,90 €
CAPÍTULO 12. SEGURIDAD Y SALUD	10.588,98 €
CAPÍTULO 13. PROYECTO Y CONTROL DE CALIDAD	6.827,05 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	198.421,52 €

TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL	198.421,52 €
GASTOS GENERALES (13 %)	25.794,80 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (6 %)	11.905,29 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	236.121,61 €
I.V.A. (21 %)	49.585,54 €
PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO	285.707,15 €

8. CONDICIONES DE EJECUCIÓN

Las obras se ejecutarán con sujeción a la prelación de documentos recogidos en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares (PCAP).

El Director de las Obras aclarará las discrepancias de los requisitos que se señalan en el Pliego de Condiciones respecto a los equipos y suministros a pie de obra.

Las obras de perforación, entubado y engravillado se ejecutarán ininterrumpidamente 24 horas al día, incluso festivos.

La recepción y liquidación de las obras del pozo estarán sujetas a la redacción del informe final y a la retirada y limpieza de las obras conforme a condiciones.

9. PLAZO DE EJECUCIÓN

9.1. INTRODUCCIÓN.

Para llevar a cabo la programación de una obra se debe conocer previamente múltiples aspectos de la misma: planificación a efectos de ejecución, el entorno que la rodea, etc. También es importante tener en cuenta otros factores por los que se puede ver afectada, como son el calendario laboral, los condicionantes climatológicos, etc. Estos aspectos de la planificación, hacen necesario el uso de una metodología y la aplicación de unas herramientas capaces de abarcar todos los factores mencionados. El método de programación que permite conocer la duración total de la obra es el denominado PERT (Program Evaluation and Review Technique).

En toda obra, ciertos trabajos no pueden empezar hasta que otros no han finalizado, y esto es un condicionante para el desarrollo de la obra. La finalidad de utilizar el método PERT es representar, bajo forma de gráfica, las principales limitaciones y condicionamientos, y el orden óptimo de las diferentes operaciones.

En el ANEJO 1. PLAN DE OBRA se presentan los resultados del estudio del Plazo de Ejecución.

9.2. PRINCIPIOS DEL MÉTODO PERT.

El método PERT (Programa de evaluación y revisión técnica) se basa en la descomposición del proyecto en una serie de obras parciales o actividades.

Se entiende por "Actividad" la ejecución de una tarea que exige para su realización la utilización de recursos, como mano de obra, materiales, maquinaria, etc. "Suceso" indica el principio o fin de una actividad o de un conjunto de actividades. Un suceso no consume recursos, es tan solo una fecha en el calendario. Para representar las distintas actividades de un proyecto y sus sucesos se utilizan estructuras de grafos, en las que los arcos indican las actividades y los vértices el suceso.

El primer paso de este método es descomponer el proyecto en actividades, para después establecer el orden de ejecución de las mismas. Se debe distinguir entre tiempo "Early" y tiempo "Last".

- El tiempo "Early" de un cierto suceso trata de medir el tiempo mínimo necesario para llegar a ese suceso, lo más pronto que se puede llegar a él.
- El tiempo "Last" mide lo más tarde que se puede llegar a un suceso de manera que la duración del proyecto no se retrase en ninguna unidad de tiempo

La "Holgura" de un suceso es el número de unidades de tiempo que puede retrasarse la ejecución del mismo, de manera que la duración del proyecto no experimente retraso alguno. Se calcula mediante la diferencia entre los tiempos "Last" y tiempos "Early" del suceso considerado.

Aquellas actividades cuya holgura total sea cero se denominarán actividades críticas. Uniendo en el gráfico todas las actividades críticas se forma un camino que va desde el vértice que representa el suceso inicio del proyecto al vértice que representa suceso fin del proyecto. Este camino recibe el nombre de "Camino crítico", y es fundamental para ejecutar el control del proyecto. Por tanto, un retraso en la realización de las actividades críticas produce un retraso en la finalización del proyecto.

9.3. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

A continuación se describen las actividades a realizar:

- Movimiento de tierras y plataforma de trabajo. Se trata de acondicionamiento y nivelación de la parcela del sondeo. La plataforma de trabajo se hará con hormigón, esta tendrá una superficie de 3x3x1 metros para situar la máquina de perforación y evitar su hundimiento.
- Emboquille.
- Perforación de Sondeo de investigación.
- Testificación del Sondeo de investigación.
- Perforación con nuevo diámetro del nuevo Sondeo PEÑA II
- Entubación del Sondeo PEÑA II.
- Desarrollo químico del sondeo. Acidificación. Se realizará la acidificación en primer lugar para mejorar las condiciones de explotación del sondeo.
- Ensayo de bombeo. Mediante dicho ensayo se conocerán las mejoras conseguidas y permitirá diseñar la instalación hidráulica.
- Testificación del nuevo Sondeo PEÑA II.
- Montaje del equipamiento de impulsión.

- Instalación de la columna de impulsión en el sondeo. Instalación del cabezal del sondeo y unión con la tubería.

9.4. ASIGNACIÓN DE TIEMPOS A ACTIVIDADES Y ORDEN DE EJECUCIÓN

La duración de una actividad no puede fijarse con exactitud en la mayoría de los casos, pues depende de circunstancias aleatorias. El método PERT aborda el carácter aleatorio de las duraciones de las actividades considerando tres estimaciones de tiempo distintas:

- Estimación optimista (a), que representa el tiempo mínimo en que podría ejecutarse la actividad, no produciéndose ningún contratiempo durante la realización. La probabilidad de poder finalizar la actividad en esa estimación optimista es no superior al 0,01 (%).
- Estimación más probable (m), llamada también estimación modal, representa el tiempo que normalmente se empleará en ejecutar la actividad, considerando que las circunstancias que influyen en la duración no sean excesivamente favorables ni desfavorables. Se estima que es el tiempo que duraría la actividad de haberse ejecutado un cierto número de veces.
- Estimación pesimista (b), representa el tiempo máximo en que podría ejecutarse una actividad si todas las circunstancias que influyen en su duración fueran totalmente desfavorables, produciéndose toda clase de contratiempos, exceptuando los casos extremos, como incendios, huelgas, etc. La posibilidad de finalizar la actividad en la estimación pesimista no es superior al 0,01 (%).

Establecidas las tres estimaciones de tiempo, se calcula el tiempo PERT (D) de ejecución de la actividad, ponderando las tres estimaciones mediante la expresión:

$$D = \frac{a + 4 * m + b}{6}$$

Cuadro resumen de estimación de tiempos de trabajo y orden de ejecución.

Número	Unidad de Obra	Nombre de la actividad	a	m	b	D	Actividad precedentes
1	Ocupación y acondicionamiento de terrenos	Acondicionamiento de la Parcela	2	2	3	2,16666667	
		Traslado de maquinaria					
2	Cementación para maquinaria	Cementación para mantenimiento de maquinaria 3mx3mx1m	1	1	2	1,16666667	1
3	Emboquillado	Perforación emboquille	1	2	4	2,16666667	2
		Cementación Emboquille					
4	Sondeo de Investigación	Perforación del Sondeo de investigación en diámetro 220 mm	5	7	14	7,83333333	3
5	Registro geofísico	Registro geofísico del Sondeo de Investigación	1	1	1	1	4
6	Ensanche definitivo	Ensanche de sondeo PEÑA II en diámetro 380 mm	7	8	14	8,83333333	5
7	Entubado	Entubado sondeo en 280 mm	3	4	5	4	6
		Engravillado					
		Cementación					
8	Desarrollo químico	Acidificación	1	1	2	1,16666667	7
9	Ensayo de bombeo	Ensayo de bombeo	4	5	7	5,16666667	8
10	Registro videográfico	Registros videográfico sondeo PEÑA II	1	1	1	1	9
11	Instalación equipo de bombeo	Instalación equipo de impulsión sumergible	3	3	5	3,33333333	10
		Instalación tubería de impulsión					
		Instalación cabezal del sondeo					
12	Reacondicionamiento del terreno	Limpieza de parcela y desalojo de maquinaria	1	1	2	1,16666667	11

9.5 RESUMEN

Se espera obtener un plazo de ejecución de 1.5 MESES para la construcción del sondeo, aforo y instalación a partir de la firma del acta de replanteo.

Según el método PERT (D) el proyecto se ejecutara en 39 días.

10. DISPONIBILIDAD DE LOS TERRENOS

La finca Peña Rubia situados en la localidad de Ibi, están gestionados por una entidad privada, la cual es la que ha pedido el estudio hidrogeológico y la ejecución del sondeo PEÑA II.

11. REQUISITOS AMBIENTALES

Se cumplirá lo establecido en materia medioambiental en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares.

En la ejecución de la obra el Contratista que resulte adjudicatario de la misma habrá de cumplir los requisitos ambientales, debiendo presentar un Plan de Gestión de Residuos, según se recoge en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares.

Asimismo, se cumplirán y aplicarán cuantas disposiciones se promulguen y estén vigentes en el momento de ejecución de las obras en relación con los aspectos relacionados anteriormente.

12. PERMISOS Y LICENCIAS

Para la legalización del pozo, es necesaria la autorización de dos administraciones. En el caso de Alicante, la confederación hidrográfica del Júcar, te otorga la autorización para poder extraer agua, ya que ésta es considerada un bien público. Pero para que el pozo esté legalizado totalmente, hay que autorizar las obras de captación de aguas, y ese permiso lo otorga, en el servicio territorial de industria y energía de alicante.

13. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA

Con arreglo a la clasificación de Contratistas del Ministerio de Hacienda, para licitar a la ejecución de las obras incluidas en el presente Proyecto habrá de acreditarse la siguiente clasificación:

GrupoKObras especiales

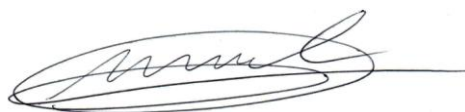
Subgrupo.....2.....Sondeos

Categoría.....c

14. CONCLUSIONES

El presente Proyecto define las obras y equipamiento completo de construcción del pozo PEÑA II, para su explotación de forma inmediata a su recepción.

Cartagena, febrero de 2015



Manuel Martínez Samper