

*Inspección y Vigilancia de las Obras de Construcción de sondeos para la Adecuación de las Redes de Piezometría y Calidad de las Aguas Subterráneas. Cuenca del Ebro.*



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

## **INFORME PIEZÓMETRO DE ROMANZADO: 090.031.001**





## ÍNDICE

	Pág.
<b>1. PROYECTO</b> .....	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS .....	1
1.2. METODOLOGÍA SEGUIDA EN LOS TRABAJOS .....	5
1.3. OBJETIVO DEL PIEZÓMETRO .....	6
<b>2. LOCALIZACIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>3. SITUACIÓN GEOLÓGICA</b> .....	<b>9</b>
<b>4. MARCO HIDROGEOLÓGICO</b> .....	<b>9</b>
<b>5. EQUIPO DE PERFORACIÓN</b> .....	<b>17</b>
<b>6. DATOS DE LA PERFORACIÓN</b> .....	<b>17</b>
<b>7. COLUMNA LITOLÓGICA</b> .....	<b>18</b>
<b>8. TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA</b> .....	<b>19</b>
<b>9. ENTUBACIÓN REALIZADA</b> .....	<b>20</b>
<b>10. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS</b> .....	<b>23</b>
10.1. ENSAYO DE BOMBEO Y PARÁMETROS DEL ACUÍFERO .....	23
<b>11. HIDROQUÍMICA</b> .....	<b>30</b>
<b>12. CONCLUSIONES</b> .....	<b>33</b>

### INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ubicación del piezómetro sobre base topográfica 1:25.000</i> .....	<b>8</b>
<i>Figura 2. Ubicación del piezómetro sobre base del SIGPAC</i> .....	<b>8</b>
<i>Figura 3. Ubicación del piezómetro sobre la Cartografía Geológica MAGNA 1:50.000 (143) Navascues.</i> .....	<b>9</b>
<i>Figura 4. Esquema constructivo con las características litológicas y la entubación realizada en el sondeo.</i> .....	<b>22</b>
<i>Figura 5. Diagrama de Piper. Sondeo 090.031.001 Romanzado.</i> .....	<b>32</b>
<i>Figura 6. Diagramas de Stiff. Sondeo 090.031.001 Romanzado.</i> .....	<b>32</b>

## **INDICE DE TABLAS**

<b><i>Tabla 1. Síntesis de la columna litológica atravesada (descripción en campo)..</i></b>	<b>19</b>
<b><i>Tabla 2. Entubación realizada.....</i></b>	<b>20</b>
<b><i>Tabla 3. Resumen de los escalones del ensayo de bombeo.....</i></b>	<b>25</b>
<b><i>Tabla 4. Resumen de la tabla de datos del Escalón continuo.....</i></b>	<b>29</b>

## **ANEJOS**

**ANEJO Nº 1: PERMISOS**

**ANEJO Nº 2: INFORMES DIARIOS DE PERFORACIÓN**

**ANEJO Nº 4: GEOFÍSICA**

**ANEJO Nº 5: ENSAYO DE BOMBEO**

**ANEJO Nº 6: ANÁLISIS QUÍMICOS REALIZADOS**

**ANEJO Nº 7: FICHA I.P.A. Y FICHA MMA**

# 1. PROYECTO

## 1.1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

El Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino lleva varios años desarrollando un programa de ampliación, mejora y optimización de las redes oficiales de control de las aguas subterráneas incluyendo, piezometría y calidad de las mismas.

A lo largo de los últimos ocho años se han realizado diferentes proyectos de ejecución e instalación de sondeos, de nueva construcción, que han pasado a formar parte y complementar la red oficial de seguimiento del estado cuantitativo y calidad de las aguas de la Cuenca Hidrográfica del Ebro. La localización de dichos sondeos atendió, fundamentalmente, a criterios técnicos en relación con la caracterización, estado y evaluación de los recursos de las masas de agua donde se ubicaban.

Con el fin de alcanzar los objetivos recogidos en la Directiva Marco del Agua (D.M.A.: Directiva 2000/60/CE) en sus artículos 4 y 8 y con las especificaciones del anexo V, la Confederación Hidrográfica del Ebro redactó, en diciembre de 2006, el **"Proyecto de Construcción de sondeos para la adecuación de las Redes de Piezometría y Calidad de las Aguas Subterráneas. Cuenca del Ebro"** en el que quedaron definidos el número, situación y características constructivas de 35 nuevos sondeos que pasarían a formar parte de la Redes Oficiales y que afectan a masas de agua poco definidas o sin ningún punto de control.

En junio de 2007 se licita, mediante concurso público, el contrato de Servicios para la **"Inspección y Vigilancia de las Obras de Construcción de sondeos para la Adecuación de las Redes de Piezometría y Calidad de las Aguas Subterráneas. Cuenca del Ebro"** en el que se prevé la asistencia técnica, a la dirección de obra, en la construcción de 35 sondeos

que totalizan 3.785 metros de perforación y de los que 13 se prevén hacer a rotopercusión con martillo neumático en fondo y circulación directa, 5 a rotación con circulación inversa y los 17 restantes a percusión.

Con fecha 27 de Abril de 2009 se acuerda la adjudicación definitiva a CONSULNIMA, S.L., firmándose el Contrato de Servicios de Referencia 09.822-0003/0611 con fecha 21 de mayo de 2009.

Con fecha 30 de septiembre de 2009, la Dirección de Obra de la Confederación Hidrográfica del Ebro, solicita autorización de redacción de la Modificación nº 1 del contrato para la ejecución de las obras del proyecto.

Con fecha 7 de octubre de 2009, el Presidente de la Confederación Hidrográfica del Ebro resuelve autorizar la redacción de esta MODIFICACIÓN Nº 1 del "PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO". Éste fue redactado en abril de 2010. En dicho modificado el número total de piezómetros a perforar o adecuar previsto es de 48, debido a la necesidad de realizar una serie de sondeos adicionales al objeto, sobre todo, de sustituir o adecuar ciertos piezómetros existentes que han quedado inoperativos o están en riesgo de estarlo.

Con ello se ve incrementado el número de sondeos a supervisar y vigilar durante las obras en el marco del contrato de servicios a ellas vinculado, por lo que con fecha 1 de octubre de 2009, la Dirección de Obra de la Confederación Hidrográfica del Ebro, solicita autorización de redacción de la Modificación nº 1 de dicho contrato de servicios.

Con fecha 7 de octubre de 2009, el Presidente de la Confederación Hidrográfica del Ebro resuelve autorizar la redacción de esta MODIFICACIÓN

Nº 1 del contrato para la "INSPECCIÓN Y VIGILANCIA DELAS OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO".

Las razones de interés general que justifican las modificaciones de obra consideradas en el Modificado Nº 1 son las que se describen a continuación:

- Existencia de determinados sondeos de titularidad pública que cumplen los mismos objetivos hidrogeológicos previstos y pueden ser incorporados a la red piezométrica (1 PIEZÓMETRO).
- Las características propias de determinadas masas de agua subterránea requieren el control del estado cuantitativo de diversos acuíferos característicos de la misma. Ello obliga a realizar diversos sondeos de menor profundidad para alcanzar las zonas alteradas de estos mismos acuíferos para una misma masa (3 PIEZÓMETROS).
- Necesidad de reponer algunos piezómetros de la red oficial que en el transcurso de los años desde la redacción del proyecto han quedado inoperativos; ello requiere que sean sustituidos por sondeos nuevos que permitan el mantenimiento del control con la menor carencia de registro posible, al objeto de poder realizar la correlación de los datos y de no tener pérdida de medidas (5 PIEZÓMETROS).
- Necesidad de intentar la adecuación de una serie de sondeos pertenecientes a la red piezométrica oficial que actualmente se encuentran obstruidos o en riesgo debido a la falta de protección de la tapa o brocal. En caso de no ser posible la desobstrucción sería necesario construir otro sondeo de similares características por entenderse inoperativos (6 PIEZÓMETROS).

- Variaciones constructivas de los piezómetros del proyecto durante la ejecución y planificación de las obras (mediciones, sistemas de perforación más adecuados, ubicación...).

Con ello el número total de piezómetros previsto a perforar o adecuar, y por tanto a inspeccionar y vigilar, es de 48 con la siguiente distribución:

- Número total de piezómetros: 48
- Sondeos a rotoperCUSión: 28
- Sondeos a percusión: 14
- Sondeos existentes a incorporar a la red: 1
- Sondeos existentes a acondicionar: 6
- Sondeos de hasta 100 m de profundidad prevista: 19
- Sondeos de entre 100-200 m de profundidad prevista: 22
- Sondeos de más de 200 m de profundidad prevista: 7

En Resumen, los trabajos realizados por CONSULNIMA, S.L. a lo largo de la ejecución del Proyecto se pueden agrupar en:

#### TRABAJOS DE INSPECCIÓN

- En relación con la supervisión de la obra.
- En relación con la documentación administrativa

#### TRABAJOS SISTEMÁTICOS DE CONTROL

- Control del Plan de Aseguramiento de la Calidad
- Control de ejecución de la obra
- Control de medición
- Control presupuestario
- Control de programación
- Control de Calidad

## 1.2 METODOLOGÍA SEGUIDA EN LOS TRABAJOS

Los trabajos desempeñados y que han sido objeto de control durante la ejecución del proyecto constructivo se pueden desglosar y resumir en:

- **Trabajos anteriores a la perforación**
  - Comprobación sobre el terreno de la ubicación del sondeo y posible replanteo.
  - Comprobación de accesos y permisos.
  - Presentación ante la Autoridad Laboral de los Avisos Previos y actualizaciones.
  - Revisión del Plan de Seguridad y Salud que será objeto de un informe donde se recogerá el seguimiento realizado antes, durante y al final de cada obra. Especial atención se pondrá en:
    - Control de documentación de maquinaria y trabajadores presentes en la obra.
    - Visitas periódicas a las obras con atención especial a la señalización de las áreas de trabajo y al uso correcto de los equipos de protección individual (EPIS'S).
  
- **Trabajos durante la perforación**
  - Perforación
    - Seguimiento de la perforación y control del cumplimiento de los objetivos hidrogeológicos.
    - Interpretación geológica, hidrogeológica y geofísica
    - Propuesta de la finalización del sondeo y de entubación a la Dirección de Obra
    - Control de las tareas de limpieza, toma de muestras, medición de niveles piezométricos, etc...

- **Trabajos finales**
  - Ensayos de Bombeo
    - Seguimiento del ensayo en campo (bombeo y recuperación).
    - Restauración del terreno a su estado original y construcción y colocación del cierre con arqueta antivandálica.
    - Representación e interpretación de los datos colectados.
    - Redacción de un informe final de cada uno de los sondeos/piezómetros.

Para facilitar la comunicación y la coordinación entre la Dirección de Obra, empresa adjudicataria de la construcción de los sondeos y empresa adjudicataria de la Inspección y Vigilancia, se creó un proyecto en un Centro de Trabajo Virtual en el que se han ido incorporando todos los datos y documentación generada durante la ejecución de cada sondeo.

### 1.3. OBJETIVO DEL PIEZÓMETRO

El objetivo de este piezómetro (090.031.002) es sustituir a otro pozo utilizado como punto de control y que se encuentra, parcialmente, obstruido de modo que, en ocasiones, no se pueden realizar medidas. Con la construcción de este nuevo piezómetro, en las cercanías del anterior, se mantendría un punto de control piezométrico en esta masa de agua (031) para el acuífero constituido por los materiales de edad Eoceno en la zona de la Foz de Arbayun.

Este piezómetro se encuentra ubicado, desde el punto de vista hidrogeológico, en la zona de descarga de este acuífero Eoceno hacia el río Salazar. Se trata de un acuífero por fracturación y/o kárstico.

El objetivo hidrogeológico es cortar las Calizas eocenas que constituyen el acuífero.

## **2. LOCALIZACIÓN**

El sondeo se ubica en la localidad de Romanzado, en el paraje de la Foz de Arbayun y, más concretamente, en la parcela 255 del polígono 11 de titularidad municipal. Se localiza enfrente del antiguo piezómetro del SGOP, en el aparcamiento de la antigua carretera de la Foz de Arbayun.

Se accede al mismo tomando el primer desvío, a la derecha, que sale de la carretera NA-178 una vez pasado el puerto de Iso y que viene indicado como Foz de Arbayun. A unos 500 metros del desvío tomando a la izquierda y, parcialmente cubierta por la vegetación, se accede al aparcamiento donde esta situados ambos piezómetros.

Las coordenadas UTM (ED-50 Huso 30) del punto son:

X: 649039      Y: 4728854      Z: 541 m.s.n.m



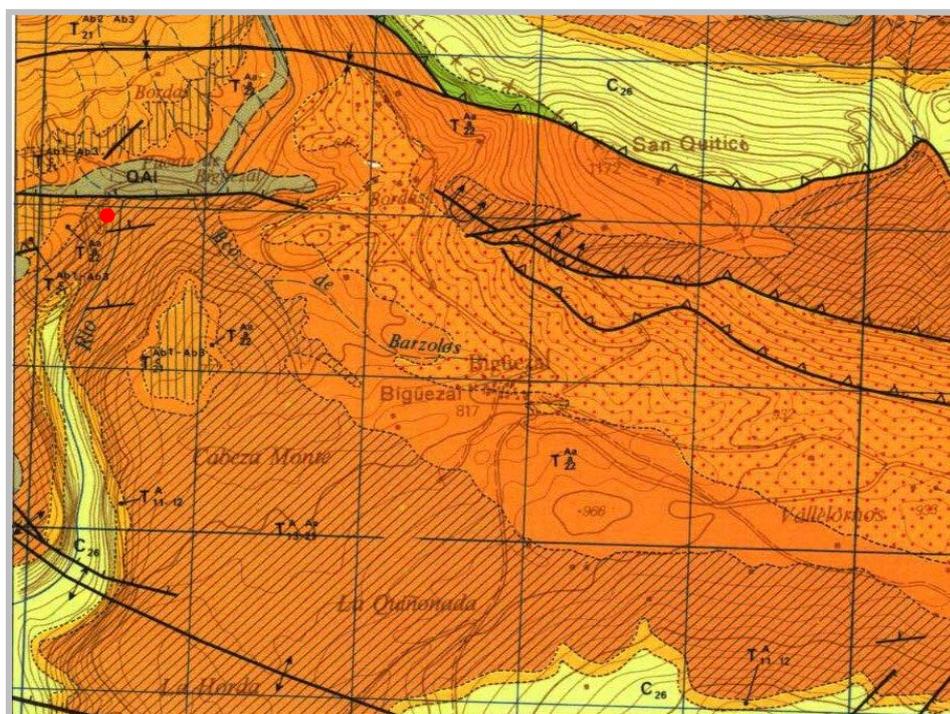
**Figura 1. Ubicación del piezómetro sobre base topográfica 1:25.000.**



**Figura 2. Ubicación del piezómetro sobre base del SIGPAC.**

### 3. SITUACIÓN GEOLÓGICA

El sondeo se sitúa sobre materiales de calizas bioclásticas, calcarenitas y margocalizas del Eoceno (Ilerdiense-Luteciense inferior) que afloran por encima del Maastrichtiense (Cretácico Superior) y el Paleoceno en esta zona de la Foz de Arbayun. Los materiales se disponen en el flanco norte de un anticlinal de orientación WNW-ESE, con ligeros buzamientos de 20° a 30° hacia el norte y antes de una falla normal de dirección W-E, que se corta en la zona del antiguo puente sobre el río Salazar.



**Figura 3. Ubicación del piezómetro sobre la Cartografía Geológica MAGNA 1:50.000 (143) Navascues.**

### 4. MARCO HIDROGEOLÓGICO

El sondeo está localizado en el dominio hidrogeológico 2 "Dominio Pirenaico del Sinclinal Jaca–Pamplona". Este dominio queda limitado al sur por el cabalgamiento surpirenaico (frente de Gavarnie), los ríos Arga y Cinca por el oeste y este respectivamente, y por el límite de los afloramientos permeables sobre la divisoria de la cuenca, al norte. Viene a corresponder con la cuenca

turbidítica de Jaca y con las dos alineaciones montañosas que separa, al norte las sierras interiores pirenaicas: Ezcaurri, Telera, Tendeñera, Monte Perdido; al sur las sierras exteriores: Santo Domingo, Gratal, Gabardiella, Guara. También son las rocas carbonatadas del Cretácico superior, y en especial del Eoceno, las que dan lugar al establecimiento de los principales acuíferos de este Dominio. En los trabajos del ITGE este ámbito se venía denominando como Sistema Acuífero 67 (Sinclinal de Jaca y calizas eocenas de borde).

Dentro de este dominio se encuentra la masa de agua 031 correspondiente a la denominada "Sierra de Leyre". Esta masa de agua se emplaza en la zona de contacto entre el dominio Pirenaico del sinclinal de Jaca-Pamplona y la Depresión del Ebro y engloba las últimas escamas aflorantes de los mantos de cabalgamiento pirenaicos. También contiene los afloramientos permeables de las sierras de Leyre, Illón y Orba, prolongándose hacia el E para incluir los niveles carbonatados del Eoceno inferior de la Foz de Biniés. El límite oriental se define en el cauce del río Subordán. Cuenta con una superficie de 490 km<sup>2</sup>, repartidos entre en las Comunidades Autónomas de Aragón (61%) y Navarra (39%).

El límite N se define sobre la alineación Navascués-Burguί, hasta el Sobordán al E, emplazado sobre las facies turbidíticas eocenas. En el S, por el cabalgamiento del Flysch sobre las formaciones margosas del Eoceno. Sigue por el enlace desde la traza del cabalgamiento con el río Aragón, sobre las facies margosas eocenas. Continúa por el río Aragón y falla de Izco-Liédena. Hacia el O, el río Salazar hasta aguas abajo de la Foz de Lumbier, donde se desvía al NNO para englobar los afloramientos paleocenos hasta alcanzar el río Areta, continuando por este cauce hasta algo más al N de los afloramientos paleocenos.

En cuanto a las características geológicas, de esta masa de agua, las sierras de Leyre-Orba e Illón están estructuradas por dos cabalgamientos

principales de dirección E-O y vergencia sur, con un armazón formado por las calizas del Cretácico-Paleoceno–Eoceno. Los cabalgamientos están enraizados en el Keuper. El cabalgamiento de la sierra de Illón se desdibuja hacia el O entre las facies margosas del flysch, donde puede haberse convertido en un cabalgamiento ciego a juzgar por la esquistosidad que origina. En el barranco que el río Salazar excava en Aspurz está configurado como un cabalgamiento simple. Hacia el E la estructura se complica con la presencia de varios planos de cabalgamiento con pliegues frontales asociados como en el corte del río Esca.

El cabalgamiento de la Sierra de Leyre muestra, igualmente, una mayor complejidad de O a E. En el sector occidental la sierra está configurada por un plegamiento suave que determina los amplios afloramientos de calizas eocenas en el valle del Salazar. Hacia el E, los pliegues se van apretando, convirtiéndose en cabalgamientos que cobijan a los más meridionales como se aprecia en el corte del Esca. Los ejes estructurales descienden hacia el O, de forma que en Lumbier la estructura queda oculta bajo las Margas de Pamplona. Hacia el E de estas sierras, las calizas ilderdienses de la Foz de Biniés, representan la culminación de un anticlinal de dirección NO-SE. Se trata de una estructura con una fuerte inmersión hacia el SE, un flanco S muy verticalizado y un flanco N que buza suavemente hacia el NE. La entidad de esta inmersión se puso de manifiesto en el sondeo Jaca-21 (280980006), donde a 3.575 m de profundidad se cortaron las calizas ilderdienses que afloran en la Foz de Biniés. Esta estructura se interpreta como un anticlinal de bloque superior asociado al cabalgamiento de Jaca, continuación oriental del cabalgamiento de la sierra de Illón.

Los diferentes acuíferos identificados en la masa de agua subterránea incluyen:

- *Cretácico superior:* No se reconocen indicios acerca de las características hidráulicas de las series calcáreas del Cretácico superior en esta zona, aunque se incluyen por similitud con otras áreas próximas del Pirineo. Su extensión de afloramiento es muy pequeña y está desconectado de los acuíferos calcáreos del terciario por los niveles detríticos del Mastrichtiense. Constituye un acuífero confinado a gran profundidad del que no se conocen sus características hidráulicas ni su geometría.
- *Paleoceno–Eoceno:* En cuanto a los niveles detríticos del Mastrichtiense, en este sector no se reconocen indicadores positivos acerca de sus características hidráulicas. Por el contrario, la disposición de algunas de las más importantes surgencias en el contacto Cretácico superior–Paleoceno induce a atribuir a estas formaciones una función predominante de yacente poco permeable de los acuíferos calcáreos suprayacentes. En este acuífero se incluyen las calizas y dolomías del Paleoceno con unos 140 m de espesor, sobre el que se dispone una serie de las calcarenitas, calizas y calizas margosas con alveolinas del Ilerdiense–Luteciense inferior con un espesor muy variable que aumenta hacia el N y hacia el E con valores entre 35 y 140 m. Todo el conjunto supone un espesor variable entre 200 y 300 m. Por su potencia y superficie de afloramiento constituye el acuífero más importante. Conformar el armazón y las principales cotas de las sierras de Leyre e Illón. La superficie de exposición aumenta de E a O, siendo máxima en el valle del Salazar a causa del plegamiento más suave. Su geometría está determinada por la presencia de dos láminas de cabalgamiento que enraízan en profundidad. Hacia el N queda fosilizado por la potente serie turbidítica, bajo la que se continua hasta que vuelve a aflorar en las sierras interiores pirenaicas.

Hacia el S del cabalgamiento basal de la sierra de Leyre, el acuífero se encuentra confinado bajo una potente serie formada por las margas de Pamplona y el flysch Luteciense. En esta zona, el sondeo surgente de Tiermas alcanza el acuífero y alumbró aguas de elevada mineralización y temperatura. La serie turbidítica contiene intercalados unos cuerpos carbonatados de potencia variable y gran continuidad lateral formados por brechas calcáreas, calcarenitas y margas. Aparecen en el sector más oriental, en torno a la Foz de Biniés, y en la parte occidental en el valle del Salazar. En el primero de ellos han sido estudiadas con detalle identificándose tres megacapas: la de Fago, con un espesor en torno a 15-20 m, la de Artesa con 8-10 m de potencia y la de Embún-Jaca con un espesor de 35 a 40 m. Si bien en conjunto cuentan con una superficie de afloramiento importante, esta se ordena según alineaciones dispersas en el flysch y asociadas a zonas de elevada pendiente.

- *Acuíferos cuaternarios:* Incluyen los aluviales del Aragón al S, los aluviales del Irati y Salazar al O y los glaciares asentados en las estribaciones meridionales de la sierra de Leyre.

Sólo se dispone de ensayos sobre los parámetros hidráulicos del acuífero Paleoceno en Lumbier, donde se puede registrar un descenso específico de 3,7 l/s/m. El sistema de flujo subterráneo está condicionado por las directrices estructurales E-O y su intersección subortogonal con la red fluvial. Esto hace que la circulación subterránea se efectúe subparalela a las direcciones tectónicas desde las zonas altas de los interfluvios hacia los valles, donde es drenado por manantiales puntuales de origen estructural o mediante flujo difuso hacia los ríos. El funcionamiento hidrogeológico puede diferenciarse según dos zonas, una zona dinámica por encima del nivel de descarga caracterizada por un marcado carácter cárstico en dirección a los valles y que viene a coincidir con los límites establecidos para esta masa de

agua subterránea. Los drenajes de están caracterizados por su gran variabilidad estacional, respuesta rápida a las precipitaciones y mineralizaciones no muy elevadas (entre 300 y 450  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) con tiempos de residencia generalmente pequeños. Por debajo de esta zona y a partir del contacto con el flysch se desarrolla otra zona de confinamiento de las formaciones calcáreas que recoge los recursos no drenados por los ríos en la que la karstificación es presumiblemente menor, con un progresivo estancamiento del flujo y mineralización de las aguas. El ámbito de esta zona trasciende a los límites de la masa de agua, extendiéndose bajo el sinclinal de Jaca hasta las estribaciones de las Sierras Interiores Pirenaicas. En función del contenido isotópico registrado en los drenajes de Tiermas, su zona de recarga podría ubicarse en la Sierra de Leyre. Para justificar esta descarga se puede invocar la presencia de una estructura subaflorante, probablemente una escama de cabalgamiento ciego bajo las margas grises del Eoceno medio-superior y cuya manifestación superficial puede estar constituida por el anticlinal que se refleja en la cartografía al S del embalse de Yesa. El funcionamiento de los afloramientos de calizas del eoceno de la Foz de Biniés representa una incógnita, si bien ya se ha apuntado anteriormente su posible papel como zona de infiltración de los caudales del Veral y su posible transferencia hacia la cuenca del Subordán. En cuanto a su área de recarga está articulada en dos alineaciones E-O constituidas por las sierras de Leyre e Illón, ambas separadas por una zona deprimida formada por los depósitos terrígenos del flysch. En la zona de la sierra de Leyre, el único acuífero presente es el Paleoceno-Eoceno medio y aflora de forma continua desde el Salazar al O hasta la cuenca del Esca al E, si bien va reduciendo progresivamente la superficie de afloramiento en esta misma dirección. Las cotas alcanzan 1.300 m de altitud.

Las culminaciones de la sierra de Illón constituyen otra segunda banda de afloramientos del acuífero del Paleoceno-Eoceno medio aunque con menor desarrollo areal que la anterior, con cotas máximas próximas a 1.200 m de

altitud. El acuífero del Cretácico superior, que aflora en este sector con una superficie de 1 km<sup>2</sup> y en el fondo de los valles excavados por el Esca y el Salazar no tiene apenas significación como área de recarga en esta zona.

En el sector del anticlinal de la Foz de Biniés existen otros afloramientos del acuífero Paleoceno:

– Eoceno medio aislado de los anteriores (si bien entroncan a gran profundidad) y a cotas inferiores a 1.000 m de altitud. Se desconoce en cambio el sentido de la relación entre el río Veral y las calizas eocenas de la Foz de Biniés. La notable pérdida de recursos que se observa durante épocas de estío en este río entre la estación de aforo nº80 en Zuriza y nº62 en Biniés (entre 1 y 8 hm<sup>3</sup>/año), no se justifican con los usos consuntivos en el tramo intermedio, lo que apunta al comportamiento perdedor del río merced a las megacapas inmersas en el flysch o, preferentemente, en las calizas eocenas de la Foz de Biniés, donde no se localizan manantiales significativos. Se ha apuntado como posible destino de estas infiltraciones la cuenca del Subordán.

Por último, las megabrechas calcáreas del Eoceno, sólo adquieren cierta importancia en la cuenca del Salazar y en la Foz de Biniés, en este caso cuando están adosadas al acuífero del Paleoceno–Eoceno medio.

La descarga de esta masa de agua se realiza en dirección a los principales ríos que atraviesan la masa de agua subterránea: Irati-Salazar y Esca, que imponen los niveles de drenaje regional. En el valle del Salazar se han constatado mediante aforos directos ganancias, en estiaje, del orden de 0.5 m<sup>3</sup>/s entre Aspurz y Usún y que incluye las ganancias ocurridas en las foces de Aspurz y de Arbayún. Aguas abajo, tras su confluencia con el Irati, este río atraviesa el acuífero en la Foz de Lumbier donde, aunque no se dispone de pruebas directas, es de suponer que constituya otra zona de descarga del acuífero.

El Esca constituye otra zona de descarga a su paso por las sierras de Illón y Leyre. Prueba de ello son los manantiales ubicados en sus inmediaciones y "trop plein" ("La Moraida", en Salvatierra de Esca) con niveles inferiores de descarga directa al río.

La descarga puntual más importante es el manantial de la Foz de Arbayún (270850001), explotado como abastecimiento a Lumbier. Se trata de un manantial de control estructural que aparece en el contacto entre las facies arenosas del Cretácico superior y Paleoceno que drena un importante sector del acuífero descolgado sobre el nivel regional impuesto por los cauces fluviales. Dada la comprometida accesibilidad del manantial no se dispone de series hidrométricas. Su caudal de explotación es variable entre 20 y 100 l/s y su caudal medio se estima en torno a 80 l/s. Existen otros manantiales que surgen por control litológico como es el caso de la Foz de Benasa (270860008) en Navascués o la fuente del Pastor en Burgui. En Salvatierra de Esca existen varias surgencias asociadas a sector de contacto entre el acuífero Paleoceno–Eoceno medio y el flysch. La más significativa, el manantial del lavadero (270870006) muestra un comportamiento notablemente kárstico, con un caudal muy irregular que oscila entre mínimos del orden de 1 l/s a puntas por encima de 350 l/s. Los manantiales de Tiermas suponen una de los más importantes drenajes de la zona, próximos a 200 l/s, según los aforos efectuados por la OPH.

En cuanto a su hidroquímica las aguas subterráneas muestran unas características en cuanto a mineralización y alcalinidad similares, salvo las aguas alumbradas en el sondeo de Tiermas, que muestran una elevada mineralización y un Eh negativo. Los resultados analíticos muestran para las aguas procedentes de manantiales una composición bastante uniforme de tipo  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$  o  $\text{HCO}_3\text{-Mg-Ca}$  con valores de conductividad eléctrica entre 340 y 460 mS/cm. El sondeo de Tiermas alumbró unas aguas claramente

diferenciadas del resto, con una elevada mineralización del orden de 5.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , y facies de tipo  $\text{SO}_4\text{-Cl-Na}$ .

No se reconocen sobre la masa de agua presiones significativas que pongan en riesgo su estado cuantitativo o cualitativo. La densidad de población es muy baja. Las localidades con más de 100 habitantes se sitúan junto a los cauces de los ríos Esca, Subordán y Aragón y en el límite sur de la masa de agua donde se encuentran varias industrias IPPC en las inmediaciones de Yesa y Lumbier, todas ellas son zonas marginales y asociadas a áreas de descarga, por lo que la vulnerabilidad del acuífero, en estos sectores, es muy baja. La agricultura tan solo supone el 14 % de la superficie de la masa de agua, constituido por cultivos de secano. El resto corresponde a masas forestales y matorral arbustivo.

## 5. EQUIPO DE PERFORACIÓN

La perforación del sondeo y construcción del piezómetro ha sido realizada por la Compañía General de Ingeniería y Sondeos C.G.S., S.A. actuando de subcontratista la empresa Perforaciones Jiennenses Marchal S.L.

Se ha contado con un equipo de perforación a rotoperCUSión formado por una sonda FDO 400 con capacidad de tiro de 60 toneladas, sobre camión contracción total 4 x 4 y un compresor de 25 bares IR (Ingersoll Rand) 1170 25/33.

## 6. DATOS DE LA PERFORACIÓN

La perforación se inicia el 12 de Abril de 2011 a las 11 horas y se termina el 13 de Abril de 2011 a las 13:30 horas.

Se produce la llegada, del equipo de perforación, a las 19:00 h, aproximadamente, y se posiciona la maquinaria, en el punto elegido, que está situado enfrente del sondeo a sustituir en el aparcamiento donde inicia el recorrido de la Foz de Arbayun. A continuación se comienza el sondeo con la realización y entubación del emboquille hasta 4 m de profundidad y con un diámetro de 324 mm y 250 mm respectivamente. Continúa la perforación por el interior del emboquille con el martillo de 220 mm. A las 21:30 se llevan perforados 12 m finalizando la jornada sin que se haya alumbrado agua.

El día 13 de abril del 2011 comienza la jornada a las 8:30 h y se continúa la perforación con el martillo de 224 mm. La velocidad de avance se ve ralentizada conforme se profundiza debido a la dureza de los materiales, de forma que la velocidad media durante la jornada de hoy es de 13 m/hora entre los 12 y 25 m de profundidad y de 10m/h entre 25 y 72 m. A las 13:30 perforan el metro 72 y se concluye la perforación al haberse alcanzado el objetivo hidrogeológico. Los aportes de agua se detectan en los siguientes tramos: a los 38 m, entre 50 y 55 m y entre 60 y 62 m. (*Ver Anejo Nº 2, Informes diarios de perforación*).

## **7. COLUMNA LITOLÓGICA**

Durante la realización de la perforación, se efectúa una primera descripción litológica, de los materiales cortados, mediante observación del ripio extraído de la de perforación a intervalos de metro. Cada 5 metros de avance se realiza una toma de muestra representativa y se guarda en recipiente, bien identificado, para su posterior envío a la litoteca que el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) dispone en el Km. 192 de la Ctra de Badajoz-Granada en la localidad de Peñarroya (Córdoba).

0-4 m	Relleno cuaternario de gravas calcáreas y limos de tonos marrones a ocre
4-17 m	Calizas grises a beige, bioclásticas con restos de alveolinas
17-29 m	Calizas grises a beige micríticas con pasadas margosas y restos de alveolinas
29-34 m	Calizas micríticas a margosas de aspecto masivo y tonos grises oscuros
34-44 m	Calizas a calcarenitas de tonos grises a marrones a veces algo recristalizadas, las calcarenitas tienen tamaño de grano medio a fino.
44-54 m	Calizas grises a bioclásticas con pasadas de calcarenitas y calizas recristalizadas
54-72 m	Calizas micríticas bioclásticas de color gris a negro con frecuentes restos de grietas rellenas de calcita, así como frecuentes bioclastos de macroforaminíferos (alveolinas y nummulites). Se observa una fractura en el metro 58.

**Tabla 1. Síntesis de la columna litológica atravesada (descripción en campo).**

La edad asignada a las litologías atravesadas, según su contexto geológico y las facies observadas, es la siguiente: Del metro 0 al 4 corresponde con el relleno antrópico del aparcamiento y un posible depósito cuaternario coluvial. A partir del metro 4 y hasta final del sondeo se relaciona con calizas de micríticas a margosas que pasan a calcarenitas y calizas bioclásticas con abundantes macroforaminíferos (alveolinas y nummulites) que permite datarlo como Eoceno con una edad de (Ilerdiense–Luteciense inferior).

## 8. TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA

La testificación geofísica se realiza el día 13 de Abril de 2011 y la realiza la Compañía General de Ingeniería y Sondeos, CGS, S.A., con medios propios constituido por un equipo CENTURY SYSTEM – IV, montado sobre Furgoneta Volkswagen 4X4 y equipado con una sonda 9.055, que mide la desviación e inclinación del sondeo, y una sonda 8044 (hidrogeológica), que registra los

parámetros de gamma natural, resistividad normal corta y larga, resistividad lateral, potencial espontáneo, temperatura y conductividad.

A las 15 horas se comienza la testificación y se termina a las 16:30 horas. Con los resultados obtenidos se corrobora que la columna es la prevista (Calizas). La desviación medida es de unos 2 metros en 72 metros de sondeo lo que implica que, dicha desviación, es menor de un 5 % dándose, la mayor desviación, en la parte final del sondeo a partir de los 50 metros. Los aportes, de agua más significativos se detectan a 38 m, 51m y 62 m y el nivel se encuentra a 48 m. La temperatura disminuye desde los 18º a los 17º coincidiendo con la zona de aportes entre 50 a 60 metros.

## 9. ENTUBACIÓN REALIZADA

Se utilizan dos tipos de tubería de acero en tramos de 6, 4 y 3 m. de longitud. Una primera de 250 mm de diámetro y 5 mm de espesor de la que se colocan 4 metros y una segunda, en chapa de acero, de 180 x 4 mm, de los que se colocan 72 m: 54 m corresponden a tubería ciega y 18 m a filtro de puentecillo que se coloca en cotas donde se detecta el aporte de agua.

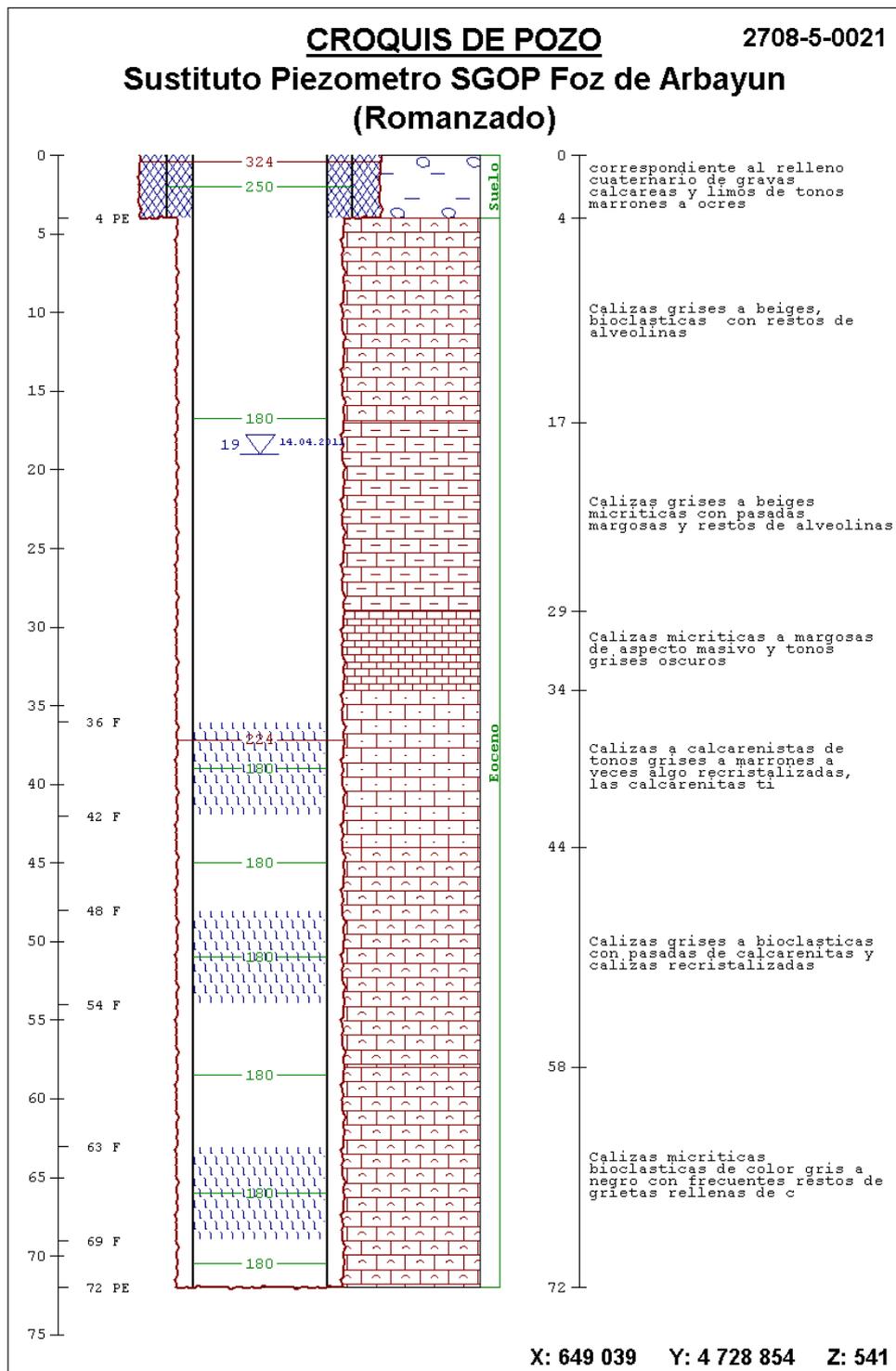
REVESTIMIENTO				
Tramo (m)	Diámetro tubería (mm)	Espesor pared (mm)	Tipo	Filtro
0-4	250	4	Acero al carbono	Ciega
0-36	180	4	Chapa de acero	Ciega
36-42	180	4	Chapa de acero	Filtro
42-48	180	4	Chapa de acero	Ciega
48-54	180	4	Chapa de acero	Filtro
54-63	180	4	Chapa de acero	Ciega
63-69	180	4	Chapa de acero	Filtro
69-72	180	4	Chapa de acero	Ciega

**Tabla 2. Entubación realizada.**

La unión entre tramos de tubería es mediante soldadura y la tubería se dispone apoyada sobre el fondo del sondeo.

Se ha realizado una cementación de la parte superior del sondeo (4 metros) para aislar los aportes superficiales.

Para terminar la adecuación del piezómetro, en la cabeza del sondeo se coloca una arqueta antivandálica que se protege mediante un dado de hormigón de 1m<sup>2</sup> de base x 0.7 m de altura.



**Figura 4. Esquema constructivo con las características litológicas y la entubación realizada en el sondeo.**

## 10. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

El acuífero atravesado está constituido por Calizas con alveolinas del Eoceno.

El agua se ha cortado entre los 38 y 40 metros detectándose, aportes menos importantes, a los 38 m, entre 50 y 55 m, y entre los 60 y 62 m. El caudal estimado es de unos 0,5 l/sg siendo constante durante todo el sondeo a partir desde el momento que se hace el primer alumbramiento importante. La testificación geofísica pone de manifiesto que los aportes, más significativos, se localizan a los 38 m, 51m y 62 m y el nivel está a 48 m.

Antes del ensayo de bombeo (15/03/2011) se mide el nivel piezométrico que se localiza a 19 metros.

### 10.1. ENSAYO DE BOMBEO Y PARÁMETROS DEL ACUÍFERO

Durante los días 14 y 15 de Abril de 2011 se realiza el ensayo de bombeo.

El equipo de bombeo está constituido por un grupo generador marca Mecc Alte de 250 KVA, motor Fiat Alfo de 400 CV y una tubería de impulsión de 70 mm de diámetro. Se utiliza una bomba Grundfos modelo SP-60-20 con una potencia de 50 CV.

Se posiciona la bomba a 57 m y se mide el nivel, localizándose a 19,00 metros.

El primer escalón comienza a las 10:00 h, dura 120 minutos y con un caudal de 0,25 l/sg. En este escalón se observa como el caudal, si bien no se estabiliza, desciende muy lentamente alcanzando los 24,73 m habiéndose producido un descenso de 5,73 m por lo que se decide aumentar el caudal.

El siguiente escalón comienza a las 12:00 horas con un caudal de 0,5 l/s y una duración de 120 minutos. Comienza con el nivel a 24,73 m, y finaliza en 34,14 m, con lo que el descenso es de 9,41 m. El nivel no se ha estabilizado pero los descensos se han ralentizado, sobre todo en las últimas medidas, por lo que se decide probar y aumentar el caudal a extraer en el siguiente escalón hasta 1 l/s.

Este tercer escalón que comienza a las 14:00 horas se realiza con un caudal de 1 l/sg. Durante el transcurso del mismo y tras 30 minutos el nivel desciende hasta la rejilla, por lo que se decide iniciar la recuperación y bombear a caudal continuo menor de 0,4 l/sg. Durante el mismo el descenso experimentado es de 22,86 m.

La recuperación dura desde las 14:30 h hasta las 16:30 horas (120 minutos) y se observa como el nivel del agua asciende hasta alcanzar los 20,23 m de profundidad, por lo que el ascenso es de 36,77 m.

Se inicia el escalón continuo a las 16:30 horas con un caudal de 0,4l/sg. El descenso es de 12,98 m ya que el nivel, antes de comenzar a bombear, está a 20,23 m y el nivel, al final de este escalón, se encuentra a 33,21 m. La duración es de 1.080 minutos (18 horas) hasta las 10 horas del día 15 de abril de 2011.

A las 10:00 h comienza la recuperación (Recuperación 2) con una duración de 60 minutos (1 hora), durante la que el nivel del agua asciende

hasta alcanzar los 21,82 m de profundidad, con lo que el ascenso es de 11,39 m.

Escalón	Q(L/sg)	T(min)	N. inicial (m)	N. final (m)	Descenso (m)
<b>Escalón 1</b>	0,25	120	19,00	24,73	5,73
<b>Escalón 2</b>	0,50	120	24,73	34,14	9,41
<b>Escalón 3</b>	1	30	34,14	57,00	22,86
<b>Recuperación 1</b>	0	120	57,00	20,23	36,77 (ascenso)
<b>Escalón 4</b>	0,40	1.080	20,23	33,21	12,98
<b>Recuperación 2</b>	0	60	33,21	21,82	11,39 (ascenso)

**Tabla 3. Resumen de los escalones del ensayo de bombeo.**

Simultáneamente a la realización del ensayo de bombeo, se toman medidas, en cada escalón, de conductividad (CE), y pH.

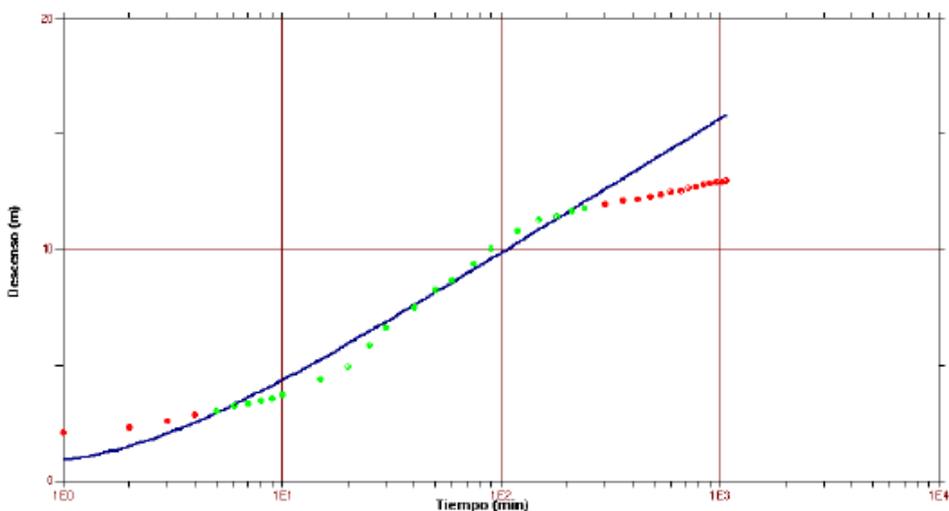
- Escalón 1 (Q= 0,25 l/s)
  - Final del Escalón 1:  
CE= 545  $\mu$ S/cm  
pH= 7,08.
- Escalón 2 (Q= 0,50 l/s)
  - Final del Escalón 2:  
CE= 548  $\mu$ S/cm  
pH= 6,38.
- Escalón 3 (Q= 1 l/s)
  - Final del Escalón 3:  
CE= 536  $\mu$ S/cm  
pH= 6,45.
- Escalón 4 (Q= 0,40 l/s)
  - Inicio del Escalón 4:  
CE= 535  $\mu$ S/cm  
pH= 7,00.
  - Mitad del Escalón 4:  
CE= 521  $\mu$ S/cm  
pH= 6,72.

- Final del Escalón 4:  
CE= 536  $\mu$ S/cm  
pH= 7,29.

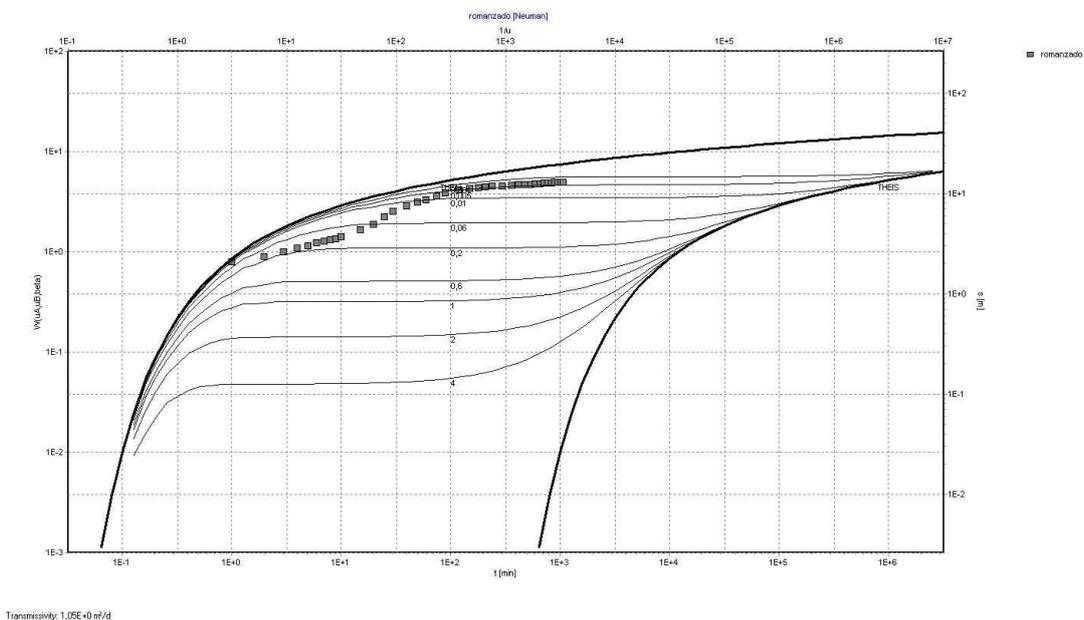
Los resultados de este ensayo de bombeo se han analizado e interpretado con el programa **Pibe 2.0** de la Diputación Provincial de Alicante y con el software de **Aquifer-Test v.3.5** de la empresa *Waterloo Hidrogeologic*. Se ha interpretado el ensayo continuo. Partiendo del supuesto que se trata de un acuífero de tipo confinado, que se encuentra parcialmente alimentado por el río Salazar, por lo que se podría considerar casi como libre por lo que se ha aplicado la modificación de Neuman de la ecuación de Theis y la simplificación de esta última por Cooper-Jacob,. Los resultados de estos análisis son los siguientes:

Con el **Pibe 2.0** es necesario tomar en consideración varias cosas. La primera que es preciso eliminar los primeros valores del ensayo, donde se produce irregularidades en la regulación del bombeo, lográndose un ajuste no muy bueno, que mejora si se eliminan del ajuste los resultados de la última parte del ensayo. Esto es así ya que estos descensos son menores de lo esperable lo que parece apuntar a una posible recarga del acuífero por parte del río Salazar. También hay que considerar que se han tenido en cuenta la existencia de pérdidas de carga durante el ensayo de bombeo, debido a las limitaciones del caudal.

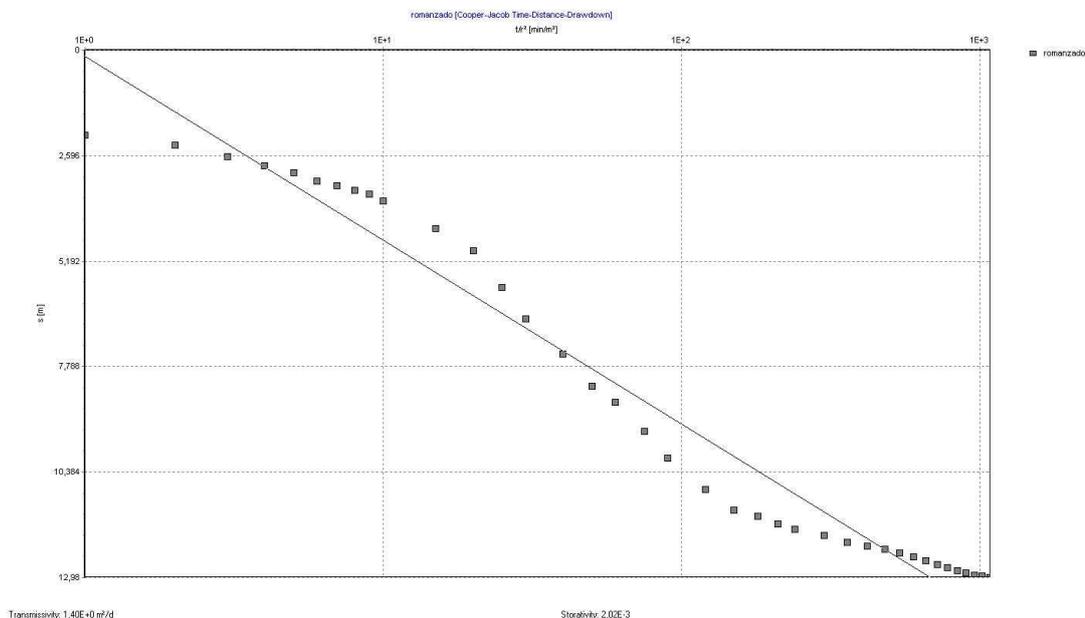
De este modo se obtienen unos valores de Transmisividad de **1.087 m<sup>2</sup>/día**, un coeficiente de almacenamiento de 0.01 y un radio eficaz de 0.6701. Una porosidad eficaz de Log (Sy/S) 8.2501 un factor  $\beta$  0.00039 y unas pérdidas de carga de B x Q<sub>n</sub> siendo B:1 y n: 0.7. Con el siguiente Gráfico de evolución y ajuste para la solución de Neuman, .



Con el Aquifer-Test v.3.5 los valores obtenidos para el ensayo continuo, usando la solución de Neuman, se obtiene una transmisividad de  $T: 1,03 \text{ m}^2/\text{día}$ . Cuya grafica es la siguiente.



Usando la simplificación de Cooper-Jacob de la ecuación de Theis se obtienen unos valores de transmisividad de **T: 1,4 m<sup>2</sup>/día**. Con la siguiente gráfica.



<b>Tiempo de bombeo (minutos)</b>			
<b>Tiempo de bombeo (minutos)</b>	<b>Profundidad (metros)</b>	<b>Descenso (metros)</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
0	20,23	0	0,4
1	22,32	2,09	0,4
2	22,57	2,34	0,4
3	22,85	2,62	0,4
4	23,07	2,84	0,4
5	23,24	3,01	0,4
6	23,45	3,22	0,4
7	23,57	3,34	0,4
8	23,67	3,44	0,4
9	23,78	3,55	0,4
10	23,94	3,71	0,4
15	24,62	4,39	0,4
20	25,17	4,94	0,4
25	26,07	5,84	0,4

<b>Tiempo de bombeo (minutos)</b>			
<b>Tiempo de bombeo (minutos)</b>	<b>Profundidad (metros)</b>	<b>Descenso (metros)</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
30	26,85	6,62	0,4
40	27,71	7,48	0,4
50	28,50	8,27	0,4
60	28,90	8,67	0,4
75	29,61	9,38	0,4
90	30,28	10,05	0,4
120	31,05	10,82	0,4
150	31,55	11,32	0,4
180	31,70	11,47	0,4
210	31,90	11,67	0,4
240	32,03	11,80	0,4
300	32,18	11,95	0,4
360	32,34	12,11	0,4
420	32,43	12,20	0,4
480	32,51	12,28	0,4
540	35,60	15,37	0,4
600	32,71	12,48	0,4
660	32,80	12,57	0,4
720	32,89	12,66	0,4
780	32,97	12,74	0,4
840	33,04	12,81	0,4
900	33,10	12,87	0,4
960	33,15	12,92	0,4
1020	33,18	12,95	0,4
1080	33,21	12,98	0,4

**Tabla 4. Resumen de la tabla de datos del Escalón continuo.**

(Los partes, gráficos e interpretación ampliada del ensayo de bombeo se encuentran en el Anejo Nº 5)

## 11. HIDROQUÍMICA

Además de los datos tomados *in situ* de conductividad eléctrica, pH y temperatura durante el ensayo de bombeo, recogidos en el capítulo 10, se tomaron dos muestras de agua en el *sondeo 090.031.001 situado en el municipio de Romanzado (Navarra)*, una al final de la limpieza y la segunda al final del aforo, para su posterior análisis físico-químico. El muestreo se realizó los días 14 y 15 de abril de 2011 respectivamente. Se tomó una muestra duplicada del aforo para el control externo del laboratorio. Durante la toma de las muestras se llevaron a cabo las siguientes medidas *in situ*:

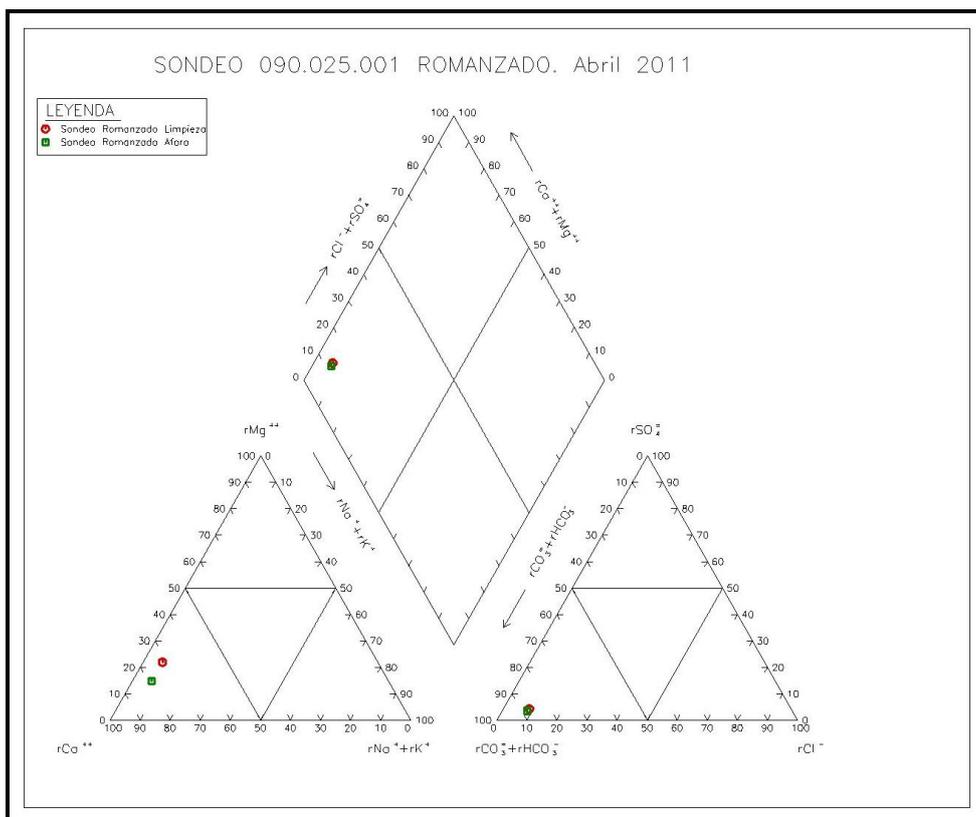
<b>DETERMINACIONES <i>IN SITU</i></b>	<b>Sondeo 090.025.001 Romanzado (muestra 1: final de la limpieza) (14/04/2011)</b>	<b>Sondeo 090.025.001 Romanzado (muestra 2: final del aforo) (15/04/2011)</b>
Temperatura (°C)	15,6	-
Conductividad (µS/cm)	456	536
pH	6,01	7,29

Los parámetros analizados en el laboratorio y los resultados obtenidos se resumen a continuación:

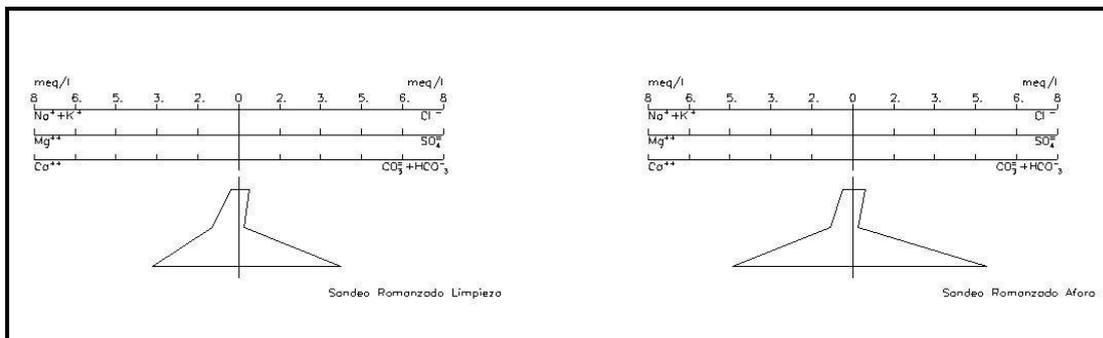
<b>DETERMINACIÓN</b>	<b>Sondeo 090.025.001 Romanzado (muestra 1: final de la limpieza) (14/04/2011)</b>	<b>Sondeo 090.025.001 Romanzado (muestra 2: final del aforo) (15/04/2011)</b>
AMONIO (mg/l)	0,02	0,00
ANHIDRIDO SILICICO (mg/l)	5,86	6,14
BICARBONATOS (mg/l)	<b>242,49</b>	<b>318,12</b>
BORO (mg/l)	0,06	0,05
CALCIO (mg/l)	<b>67,52</b>	<b>93,73</b>
CARBONATOS (mg/l)	0,00	0,00
CLORUROS (mg/l)	13,98	17,57
CONDUCTIVIDAD 20 °C (µS/cm)	412	516
FOSFATOS (mg/l)	0,00	0,00
HIDROXIDOS (mg/l)	0,00	0,00
HIERRO (mg/l)	0,10	0,03
MAGNESIO (mg/l)	12,52	10,60
MANGANESO (mg/l)	0,01	0,00

DETERMINACIÓN	Sondeo 090.025.001 Romanzado (muestra 1: final de la limpieza) (14/04/2011)	Sondeo 090.025.001 Romanzado (muestra 2: final del aforo) (15/04/2011)
NITRATOS (mg/l)	1,85	1,62
NITRITOS (mg/l)	0,02	0,07
pH (ud pH)	7,65	7,47
POTASIO (mg/l)	0,73	0,75
SODIO (mg/l)	6,58	8,44
SULFATOS (mg/l)	9,64	10,02
Dureza (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	221	278
Facies hidroquímica	Bicarbonatada cálcica	Bicarbonatada cálcica

Según los valores de conductividad eléctrica es un agua de MINERALIZACIÓN MEDIA-BAJA, por su dureza se considera MODERADAMENTE DURA, y por su composición se clasifica como AGUA BICARBONATADA CÁLCICA (según clasificación de Piper, en función de iones dominantes), con un contenido bajo del resto de los constituyentes, aunque destaca el contenido relativamente más alto de *magnesio* respecto al sodio, como se observa también en los diagramas de Stiff. Esta composición química es característica del agua que circula por el acuífero paleógeno carbonatado sin influencia de otras litologías.



**Figura 5. Diagrama de Piper. Sondeo 090.031.001 Romanzado.**



**Figura 6. Diagramas de Stiff. Sondeo 090.031.001 Romanzado.**

Hay pequeñas diferencias en la composición del agua tras la limpieza y el aforo: al final del aforo, cuando se ha bombeado durante más tiempo, aumenta la conductividad y el contenido en bicarbonatos y calcio y disminuye el contenido en magnesio.

Por otra parte, los resultados de las dos muestras tomadas en el aforo para el análisis de contraste son muy similares y confirman la calidad y representatividad de los mismos.

Los valores obtenidos se han comparado con los recogidos en el R.D. 140/2003 *por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano*, y en el Real Decreto 1514/2009 *por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro*.

Teniendo en cuenta los constituyentes analizados, son aguas aptas para el consumo, ya que los contenidos de todos ellos no superan los límites máximos fijados en el RD 140/2003.

Los indicadores de contaminación (*nitratos, nitritos y amonio*) no constituyen un problema de calidad: el contenido en nitratos es bajo (1,85 y 1,62 mg/l) y por tanto no supera los límites establecidos por el RD 1514/2009 para consumo y el RD 140/2003 como norma de calidad. El amonio encontrado después de la limpieza (en baja concentración) ya no aparece al final del bombeo, y el contenido en nitritos es igualmente bajo en ambos casos (0,02 y 0,07 mg/l).

## **12. CONCLUSIONES**

Se ha construido un piezómetro en el término municipal de Romanzado, en el paraje de la Foz de Arbayun, con objeto de tener un punto de medida de los niveles piezométricos para la toma de muestras y medida de parámetros físico-químicos y complementar la red operativa de piezometría en la Cuenca del Ebro. Así como sustituir el que se media dentro de la Red Piezométrica de la CHE construido por el S.G.O.P. que se encuentra actualmente obstruido y en riesgo de perderse.

Con este piezómetro se pretende la caracterización de la masa de agua 031 y determinar la calidad química de las aguas subterráneas definidas. Asimismo, el control mensual de la profundidad a la que se encuentra el nivel del agua dentro del acuífero.

El sondeo se ha realizado por el método de Rotoperusión con diámetro de 224 mm y la profundidad alcanzada ha sido de 72 m.

El acuífero atravesado está constituido por Calizas con alveolinas del Eoceno, cortándose el agua a los 38-40 metros de profundidad.

Actualmente el nivel estático (15/03/2011) se sitúa alrededor de los 19,00 metros de profundidad.

Los datos interpretados a partir del ensayos de bombeo dan unos valores de transmisividad que oscilan entre 1,03 y 1,4 m<sup>2</sup>/día

El agua extraída tras la limpieza y el bombeo tiene una MINERALIZACIÓN MEDIA-BAJA, se considera MODERADAMENTE DURA, y se clasifica como AGUA BICARBONATADA CÁLCICA con un contenido bajo del resto de los constituyentes, aunque destaca el contenido relativamente más alto de *magnesio* respecto al sodio. Esta composición química es característica del agua que circula por el acuífero paleógeno carbonatado sin influencia de otras litologías.

Son aguas aptas para el consumo, ya que los contenidos de los constituyentes analizados no superan los límites máximos fijados en el RD 140/2003. Los indicadores de contaminación (*nitratos, nitritos y amonio*) no constituyen un problema de calidad: el contenido en nitratos es bajo (1,85 y 1,62 mg/l) y por tanto no supera los límites establecidos por el RD 1514/2009

para consumo y el RD 140/2003 como norma de calidad. El amonio encontrado después de la limpieza (en baja concentración) ya no aparece al final del bombeo, y el contenido en nitritos es igualmente bajo en ambos casos (0,02 y 0,07 mg/l).



# **ANEJOS**



## **ANEJO N° 1: PERMISOS**



01/02/2011 13:55

*Elena Rodríguez Sánchez*



AYUNTAMIENTO  
DE  
**ROMANZADO**  
(Navarra)



RESOLUCION N° 5/2011 (31 DE ENERO DE 2011)

**D. ELENA RODRIGUEZ SANCHEZ,**  
**ALCALDESA DEL AYUNTAMIENTO DE ROMANZADO, HA DICTADO, CON**  
**FECHA 31 DE ENERO DE 2011, LA SIGUIENTE RESOLUCIÓN:**

Vista la solicitud de Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Confederación Hidrográfica del Ebro, para la construcción de un sondeo piezométrico en la zona de Romanzado-Foz de Arbayún, parcela 225 del polígono 11 de Romanzado,

Vista la Resolución 15/2011, de 19 de enero, del Director del Servicio de Calidad Ambiental, por la que se autoriza con condiciones el Proyecto de Construcción de un sondeo piezométrico en la zona de Romanzado-Foz de Arbayún (Navarra),

RESUELVO

1° Autorizar las obras de construcción de un sondeo piezométrico en la zona de Romanzado-Foz de Arbayún, parcela 225 del polígono 11 de Romanzado.

2° La presente autorización estará sujeta a la aplicación de las medidas correctoras establecidas en la Resolución 15/2011, de 19 de enero.

Lo que le notifico a usted para su conocimiento y efectos, advirtiéndole que contra dicho acuerdo podrá interponer optativamente uno de los siguientes recursos:

a) Recurso de reposición ante el mismo órgano autor del acto en el plazo de un mes contado a partir del día siguiente al de la notificación.

b) Recurso contencioso-administrativo ante el Juzgado o la Sala de lo contencioso-administrativo del Tribunal Superior de Justicia de Navarra en el plazo de dos meses contados desde el día siguiente a esta notificación.

c) Recurso de alzada ante el Tribunal Administrativo de Navarra dentro del mes siguiente a la fecha de notificación de esta resolución.

Romanzado a 31 de enero de 2011.

LA ALCALDESA

LA SECRETARIA



D. ELENA RODRIGUEZ SANCHEZ

Dña. ARANZAZU ESQUISABEL DE ESTEBAN

CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL EBRO

**ANEJO N° 2: INFORMES DIARIOS DE  
PERFORACIÓN**



**OBRA: PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LA RED DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO. CLAVE 09.822-0003/2111**

CONSTRUCCIÓN DEL SONDEO ROMANZADO (090.031)

Localización Geográfica (UTM, Uso 30):

X: 649.039 Y: 4.728.854 Z: 541 (m s. n. m)

RESUMEN DE UNIDADES			
Perforación		0 – 4 m	324 mm
		4 – 72 m	220 mm
Entubación	Ciega	4 m	300 x 5 mm
		54 m	180 x 4 mm
	Filtro Puentecillo	18 m	180 x 4 mm
Limpieza		4 horas	

**12/04/2011**

**EMPLAZAMIENTO Y PERFORACIÓN**

El equipo de perforación está compuesto por una Máquina FDO 400 con capacidad de tiro de 60 toneladas, montada sobre camión 4 x 4; y un compresor IR 1170 25/33.



**Imagen 1.** Vista general del emplazamiento del sondeo de Romanzado (Pamplona).

Se produce la llegada del equipo de perforación a las 19:00 h aproximadamente, y se conduce la máquina al punto indicado por la asistencia técnica. Este punto se encuentra ubicado en el aparcamiento donde inicia el recorrido de la Foz de Arbayun.

#### PERFORACIÓN

A continuación, se ubica la máquina y se comienza a perforar y entubar el emboquille, de 4 m de profundidad y un diámetro de 324 mm. y 250 mm. respectivamente.

Continúa la perforación por el interior del emboquille con el martillo de 220 mm. A las 21:30 llevan perforados 12 m. profundidad en la que finalizan la jornada.

**13/04/2011**

#### PERFORACIÓN

Se comienza la jornada a las 8:30 h, y se continúa con la perforación con el martillo de 220 mm.



**Imagen 2.** Perforación del sondeo a 220 mm. de diámetro.

La velocidad de avance se ve ralentizada conforme se profundiza en el sondeo debido a la dureza de los materiales, de forma que la velocidad media durante la jornada de hoy es de 13 m/hora. De 12 a 25 m y de 10m/h de 25 a 72 m

A las 19:00 han perforado 250 m.

A las 12:30 llevan 60 m.

A las 13:30 perforan el metro 72, a esta profundidad se concluye la perforación.

Se intuye aportes importante sobre los 38 m, entre 50 y 55 m, y a los 60 - 62 m.



***Imagen 3. Extracción del detrito.***

De 14:00 a 15:00 extraen la sarta de perforación.

La columna litológica obtenida durante la perforación de este sondeo es la siguiente:

- 1 – 5 m: Calcarenitas marrones oscuras.
- 6 – 17 m: Calizas bioclasticas grises.
- 18 – 29 m: Calizas bioclasticas negras con matriz calcarenítica.
- 30 – 33 m: Calizas masivas grises.
- 34 – 44 m: Calcarenita marrón claro con aumento de tamaño de grano de techo a base.
- 45 – 47 m: Calcarenita gris oscuro.
- 48 - 50 m: Calizas bioclasticas gris.
- 51 – 57 m: Calizas bioclasticas negras con matriz calcarenítica.
- 58 – 61 m: Caliza bioclastica negra.
- 62 – 64 m: Calizas bioclasticas negras con matriz calcarenítica.
- 65 – 69 m: Caliza bioclastica negra.
- 70 – 72 m: Caliza bioclastica negra más blandas.



**Imagen 4.** Muestras obtenidas durante la perforación del sondeo.

## TESTIFICACIÓN

Se produce la llegada del equipo de testificación a las 15:00 h, compuesto por un equipo equipo COMPULOG III, montado sobre un vehículo Volkswagen emotion 4x4 cuyo operador es Francisco Socuellamos.

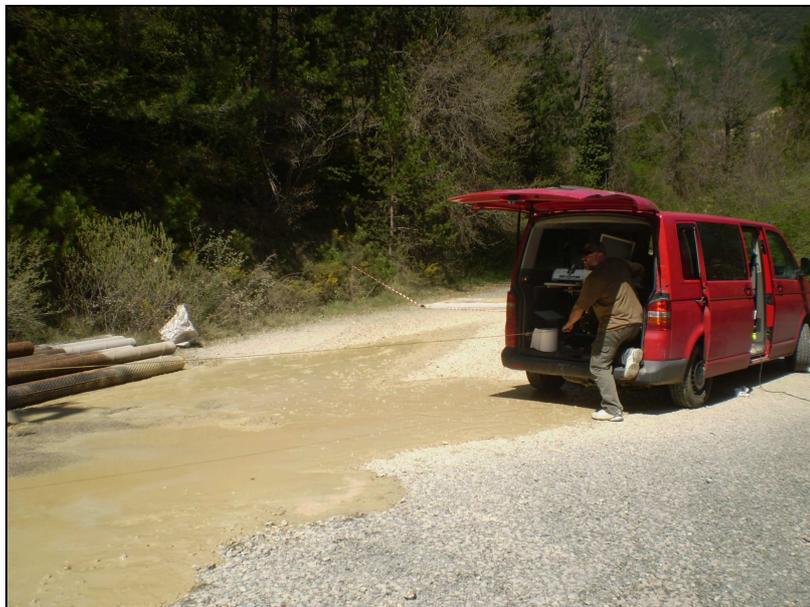
La sonda hidrogeológica y de desviación baja hasta una profundidad de 72 metros.

A partir de la testificación se ha podido observar:

Hay aportes a lo largo de todo el sondeo-

Los aportes más significativos se encuentran a 38 m, 51m y 62 m.

El nivel está a 48 m.



*Imagen 5. Equipo de testificación*

Con los datos obtenidos con la geofísica se diseña la columna de entubación entre Javier Ramajo, por parte de la asistencia técnica e Iván Molina, por parte de la contrata. La columna propuesta es la siguiente:

<b>Profundidad</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tipo</b>	<b>Material</b>
72 – 69	180 x 4	3 m	Ciego	Chapa de acero
69 – 63	180 x 4	6 m	Filtro Puentecillo	Chapa de acero
63 – 54	180 x 4	9 m	Ciego	Chapa de acero
54 – 48	180 x 4	6 m	Filtro Puentecillo	Chapa de acero
48 – 42	180 x 4	6 m	Ciego	Chapa de acero
42 – 36	180 x 4	6 m	Filtro Puentecillo	Chapa de acero
36 – 0	180 x 4	36 m	Ciego	Chapa de acero

En total, la entubación final está constituida por 72 m de tubería metálica en chapa de acero de 180 x 4 mm. de los cuales 54 m corresponden a tubería ciega y 18 m corresponden a filtro puentecillo.

## ENTUBACIÓN

A las 16:00 h, comienzan las labores de entubación del sondeo, siguiendo el diseño propuesto.



*Imagen 6. Trabajo de soldadura.*

Los trabajos de entubación finalizan a las 17:30.

A las 17:30 introducen en el sondeo el varillaje para la limpieza.

## LIMPIEZA

A las 18:00 h, comienza la fase de limpieza mediante la inyección de aire comprimido. La duración de la fase de limpieza es de 4 horas.



*Imagen 7. Limpieza del sondeo*

Se han tomado medida de parámetros, al final de la limpieza de  $456 \mu\text{S}/\text{cm.}$ , 6,01 ud. de pH. y  $15,6 \text{ }^\circ\text{C}$  También se ha tomado una muestra de agua para su posterior análisis en el laboratorio.

A continuación se comienza a extraer el varillaje de limpieza.

#### CIERRE Y SELLADO

Por último, se lleva a cabo el cierre provisional del sondeo y la cementación del mismo, desde el metro 6 hasta el metro 0,50.

La restauración del emplazamiento se realizó al día siguiente durante el aforo del piezómetro.



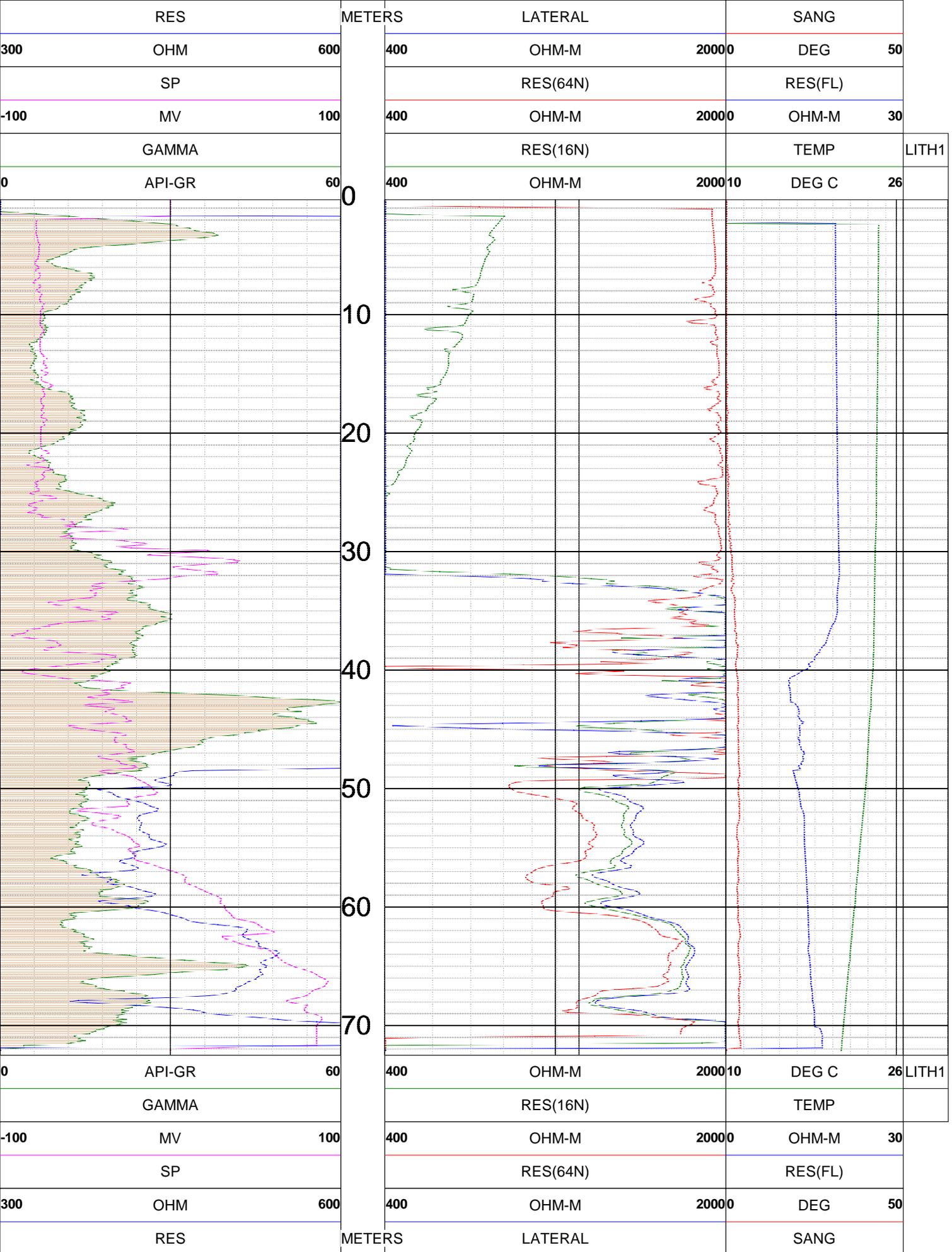
***Imagen 8. Limpieza del emplazamiento.***

Iván Molina Durán  
Hidrogeólogo.



## **ANEJO N° 4: GEOFÍSICA**



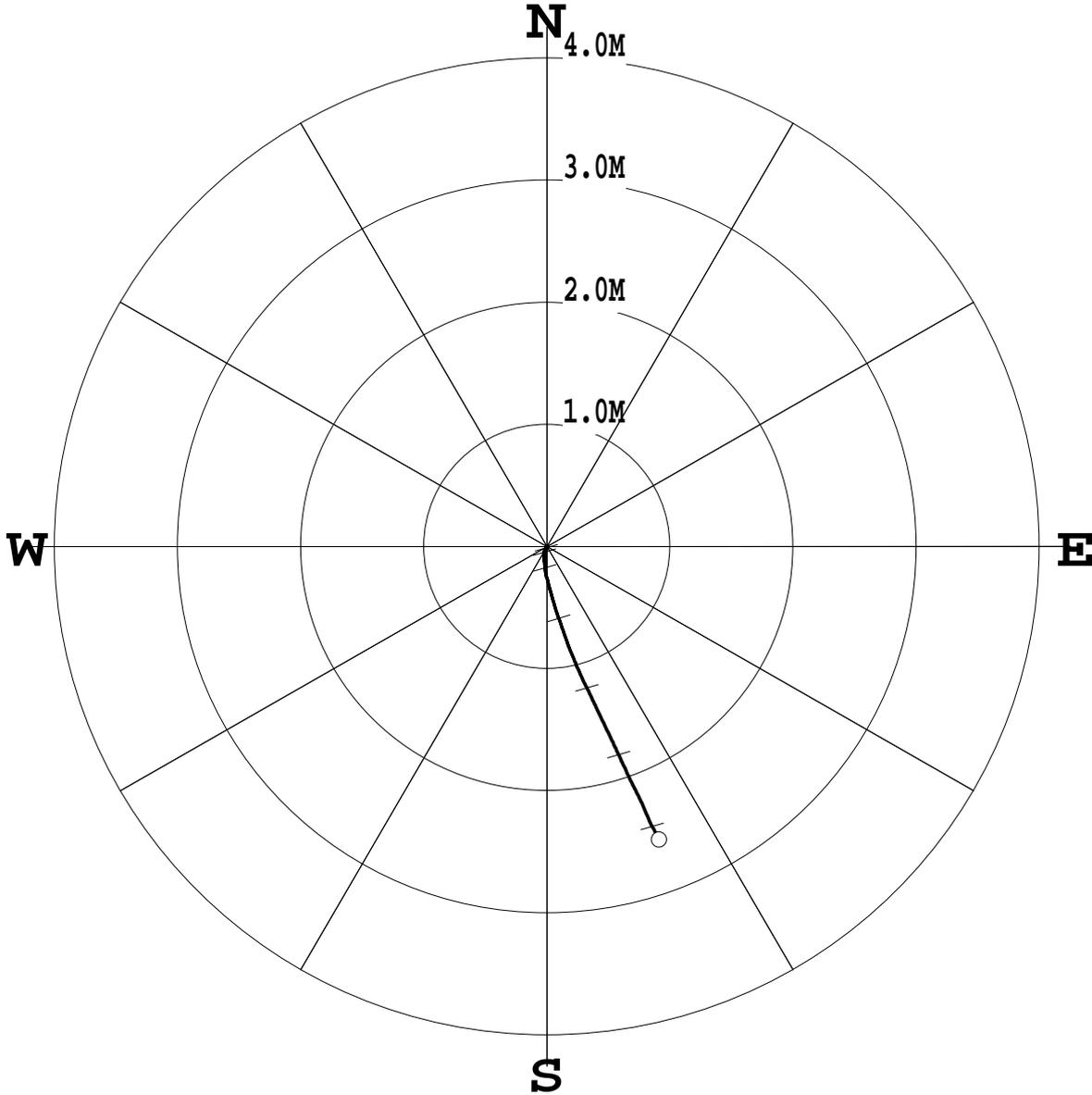


# PLAN VIEW COMPU-LOG DEVIATION

CLIENT:  
LOCATION: ROMANZADO  
HOLE ID: ROMANZADO  
DATE OF LOG: 04/13/11  
PROBE: 9144A 1243

MAG DECL: 0.0

SCALE: 1 M/CM  
TRUE DEPTH: 71.83 M  
AZIMUTH: 159.2  
DISTANCE: 2.6 M  
+ = 10 M INCR  
○ = BOTTOM OF HOLE



## **ANEJO N° 5: ENSAYO DE BOMBEO**



**OBRA: PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LA RED DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO. CLAVE 09.822-0003/2111**

**AFORO DEL SONDEO ROMANZADO (090.031)**

Localización Geográfica (UTM, Uso 30):

X: 649.039 Y: 4.728.854 Z: 541 (m s. n. m)

RESUMEN DE UNIDADES	
Profundidad de la bomba	57 m
Horas de bombeo	22,50 h
Horas de recuperación	3 h

**ENSAYO DE BOMBEO**

Llegada del equipo de aforos, a fecha 14 de abril de 2011, al sondeo a las 9:00 horas, comienzan los trabajos de montaje, y a las 10:00 comienzan el ensayo de bombeo. La maquinaria está formada por un equipo de aforo, con un grupo generador marca Mecc Alte de 250 KVA, motor Fiat Alfo de 400 CV y una tubería de impulsión de 70 mm. de diámetro. Se utiliza una bomba Grundfos modelo SP- 45-31 con una potencia de 50 CV situada a 57 m de profundidad.



**Imagen 1.** Montaje de la bomba.

El ensayo de bombeo comienza a las 10:00 h del 14 de abril, una vez equipado el sondeo. Las características del ensayo de bombeo son las que se describen en la siguiente tabla:

	ROMANZADO				
	Q (l/s)	t (min.)	N inicial	N final	s (m)
<b>Escalón 1</b>	0,25	120	19,00	24,73	5,73
<b>Escalón 2</b>	0,50	120	24,73	34,14	9,41
<b>Escalón 3</b>	1	30	34,14	57,00	22,86
<b>Recuperación 1</b>	-	120	57,00	20,23	36,77 (*)
<b>Escalón 4</b>	0,40	1.080	20,23	33,21	12,98
<b>Recuperación 2</b>	-	60	33,21	21,82	11,39 (*)

(\*) El nivel asciende.

- **Escalón 1**

El Escalón 1 comienza a las 10:00 h y acaba a las 12:00 h, teniendo una duración de 120 minutos y con un caudal de 0,25 l/s. El descenso observado durante el desarrollo de este escalón ha sido de 5,73 m, ya que el nivel inicial antes de comenzar a bombear era de 19,00 m, y el nivel al final de este escalón se encuentra a 24,73 m.



***Imagen 2. Caudal durante el primer escalón.***

El agua cambia de sucia a color a los setenta y cinco minutos del escalón.

- **Escalón 2**

El Escalón 2 comienza a las 12:00 h y acaba a las 14:00 h, teniendo una duración de 120 minutos. Se extrae un caudal de 0,50 l/s. El descenso observado durante el desarrollo de este escalón ha sido de 9,41 m, ya que el nivel inicial antes de comenzar a bombear era de 24,73 m, y el nivel al final de este escalón se encuentra a 34,14 m.



*Imagen 3. Caudal de medio litro por segundo.*

El agua sale sucia pero a los cinco minutos del escalón comienza a salir con algo de color.

- **Escalón 3**

Este escalón comienza a las 14:00 h, y finaliza a las 14:30 h, con una duración de 30 minutos. En éste se ha bombeado un caudal de 1 l/s, finaliza el escalón a nivel de 57 m de profundidad, con lo que el descenso experimentado ha sido de 22,86 m.



***Imagen 4. Caudal del tercer escalón.***

A las 14:30 h comienza la recuperación (Recuperación 1) con una duración estimada de 120 min., donde el nivel del agua asciende hasta alcanzar los 20,23 m de profundidad.

- **Escalón 4**

Al las 14:30 comienza el escalón de larga duración, estimado por los resultados obtenidos a partir de los ensayos anteriores.

Este escalón tiene una duración de 18 horas en los cuales el nivel ha descendido 12,98 m. ya que el nivel final al las 10:30 del día siguiente está a 33,21 m.



***Imagen 5. Caudal al final del escalón del escalón de larga duración.***

A las 10:30 h comienza la recuperación (Recuperación 2) con una duración estimada de 60 min., donde el nivel del agua asciende hasta alcanzar los 21,82 m de profundidad.

Simultáneamente al ensayo de bombeo se toman medidas de CE, Tª y pH en cada escalón:

- **Escalón 1 (Q= 0,25 l/s)**

Final del Escalón 1: CE= 545  $\mu\text{S}/\text{cm}.$ ; pH= 7,08.

- **Escalón 2 (Q= 0,50 l/s)**

Final del Escalón 2: CE= 548  $\mu\text{S}/\text{cm}.$ ; pH= 6,38.

- **Escalón 3 (Q= 1 l/s)**

Final del Escalón 3: CE= 536  $\mu\text{S}/\text{cm}.$ ; pH= 6,45.

- **Escalón 4 (Q= 0,40 l/s)**

Inicio del Escalón 4: CE= 535  $\mu\text{S}/\text{cm}.$ ; pH= 7,00.

Mitad del Escalón 4: CE= 521  $\mu\text{S}/\text{cm}.$ ; pH= 6,72.

Final del Escalón 4: CE= 536  $\mu\text{S}/\text{cm}.$ ; pH= 7,29.

También se ha tomado una muestra de agua para su posterior ensayo en el laboratorio.

Durante el ensayo se midió con sonda manual un sondeo situado cerca del piezómetro en el que no tuvo ninguna variación a considerar.

Iván Molina Durán  
Hidrogeólogo.



1º Escalon				2º Escalon				3º Escalon			
Hora	Q	N.D.		Hora	Q	N.D.		Hora	Q	N.D.	
10:00	l/s	m.			l/s	m.			l/s	m.	
0m	NE	19,00	NE	0m	ND	24,73	ND	0m	ND	34,14	ND
1m	0,25	20,90	SUCIA	1m	0,5	25,00	SUCIA	1m	1	34,50	SUCIA
2m	0,25	21,00	SUCIA	2m	0,5	25,08	SUCIA	2m	1	35,24	SUCIA
3m	0,25	21,12	SUCIA	3m	0,5	25,19	SUCIA	3m	1	35,72	SUCIA
4m	0,25	21,25	SUCIA	4m	0,5	25,37	SUCIA	4m	1	36,30	SUCIA
5m	0,25	21,37	SUCIA	5m	0,5	25,74	SUCIA	5m	1	37,30	SUCIA
6m	0,25	21,46	SUCIA	6m	0,5	26,00	COLOR	6m	1	37,98	SUCIA
7m	0,25	21,57	SUCIA	7m	0,5	26,28	COLOR	7m	1	38,64	SUCIA
8m	0,25	21,68	SUCIA	8m	0,5	26,54	COLOR	8m	1	39,33	SUCIA
9m	0,25	21,81	SUCIA	9m	0,5	26,82	COLOR	9m	1	40,13	SUCIA
10m	0,25	21,91	SUCIA	10m	0,5	27,03	COLOR	10m	1	40,82	SUCIA
15m	0,25	22,36	SUCIA	15m	0,5	28,07	COLOR	15m	1	44,74	SUCIA
20m	0,25	22,76	SUCIA	20m	0,5	28,72	COLOR	20m	1	48,29	SUCIA
25m	0,25	23,00	SUCIA	25m	0,5	29,36	COLOR	25m	1	51,86	SUCIA
30m	0,25	23,22	SUCIA	30m	0,5	30,00	COLOR	30m	1	57,00	SUCIA
40m	0,25	23,51	SUCIA	40m	0,5	30,98	COLOR				
50m	0,25	23,78	SUCIA	50m	0,5	31,79	COLOR				
60m	0,25	24,00	SUCIA	60m	0,5	32,50	COLOR				
75m	0,25	24,23	COLOR	75m	0,5	33,14	COLOR				
90m	0,25	24,39	COLOR	90m	0,5	33,38	COLOR				
120m	0,25	24,73	COLOR	120m	0,5	34,14	COLOR				

Recuperacion				4º Escalon				Recuperacion			
Hora	Q l/s	N.D. m.		Hora	Q l/s	N.D. m.		Hora	Q l/s	N.D. m.	
0m	ND	57,00	ND	0m	NE	20,23	NE	0m	ND	33,21	ND
1m		49,33		1m	0,40	22,32	SUCIA	1m		29,74	
2m		47,24		2m	0,40	22,57	SUCIA	2m		29,42	
3m		46,41		3m	0,40	22,85	SUCIA	3m		29,07	
4m		45,68		4m	0,40	23,07	SUCIA	4m		28,76	
5m		44,90		5m	0,40	23,24	SUCIA	5m		28,41	
6m		44,14		6m	0,40	23,45	SUCIA	6m		28,15	
7m		43,44		7m	0,40	23,57	SUCIA	7m		27,94	
8m		42,70		8m	0,40	23,67	SUCIA	8m		27,59	
9m		41,90		9m	0,40	23,78	SUCIA	9m		27,27	
10m		41,23		10m	0,40	23,94	SUCIA	10m		26,95	
15m		38,19		15m	0,40	24,62	SUCIA	15m		25,47	
20m		35,54		20m	0,40	25,17	SUCIA	20m		24,61	
25m		33,67		25m	0,40	26,07	SUCIA	25m		24,05	
30m		32,73		30m	0,40	26,85	SUCIA	30m		23,48	
40m		28,52		40m	0,40	27,71	COLOR	40m		22,69	
50m		26,13		50m	0,40	28,50	COLOR	50m		22,01	
60m		24,27		60m	0,40	28,90	COLOR	60m		21,82	
75m		22,52		75m	0,40	29,61	COLOR				
90m		21,28		90m	0,40	30,28	COLOR				
120m		20,23		120m	0,40	31,05	COLOR				
				150m	0,40	31,55	COLOR				
				180m	0,40	31,70	COLOR				
				210m	0,40	31,90	COLOR				
				240m	0,40	32,03	COLOR				
				300m	0,40	32,18	COLOR				
				360m	0,40	32,34	COLOR				
				420m	0,40	32,43	COLOR				
				480m	0,40	32,51	COLOR				
				540m	0,40	35,60	COLOR				
				600m	0,40	32,71	COLOR				
				660m	0,40	32,80	COLOR				
				720m	0,40	32,89	COLOR				
				780m	0,40	32,97	COLOR				
				840m	0,40	33,04	CLARA				
				900m	0,40	33,10	CLARA				
				960m	0,40	33,15	CLARA				
				1020m	0,40	33,18	CLARA				
				1080m	0,40	33,21	CLARA				

## **ANEJO N° 6: ANÁLISIS QUÍMICOS REALIZADOS**



**INFORME DE RESULTADO DE ENSAYO N° 000044970**

Solicitado por:

 COMPAÑÍA GENERAL DE SONDEOS, S.A.  
 C/ ANABEL SEGURA, 11 EDIF. A - 4º OF. B 28108 ALCOBENDAS (MADRID)

Denominación de la muestra:

SONDEO ROMANZADO (FIN DE LIMPIEZA)

 Matriz: **Agua continental**

 N° de muestra: **000041381**

 Tipo de muestra: **Puntual**

 Tomada por: **El cliente**

 Toma de Muestra: **13/04/2011**

 Recepción: **10/05/2011**

 Inicio análisis: **10/05/2011**

 Fin análisis: **13/05/2011**

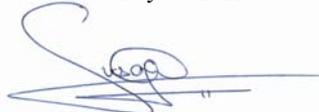
PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	INCERT.	METODOLOGIA
AMONIO	< 0,04	mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-AMON)
*ANHIDRIDO SILICICO	5,86	mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-SILI)
*BICARBONATOS	242,49	mg/l		Acidimetría, con anaranjado de metilo (PIE-ALCA)
*BORO	0,06	mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-BORO)
*CALCIO	67,52	mg/l		Complexometría (PIE-CALC)
*CARBONATOS	< 5	mg/l		Acidimetría, con fenolftaleína (PIE-ALCA)
CLORUROS	13,98	mg/l	±0,84	Cromatografía iónica. (PIE-CION)
CONDUCTIVIDAD 20 °C	412	µS/cm	±8	Electrometría (PIE-COND)
FOSFATOS	< 0,16	mg P-PO4 <sup>3-/1</sup>		Cromatografía Iónica. (PIE-CION)
*HIDROXIDOS	0,00	mg/l		Volumetría (PIE-ALCA)
*HIERRO	0,10	mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-FeAA)
*MAGNESIO	12,52	mg/l		Complexometría (PIE-DURE)
*MANGANESO	< 0,02	mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-MnAA)
NITRATOS	1,85	mg/l	±0,22	Cromatografía iónica. (PIE-CION)
NITRITOS	< 0,1	mg/l		Cromatografía iónica. (PIE-CION)
pH	7,65	ud. de pH	±0,20	Electrometría (PIE-PH)
*POTASIO	0,73	mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
*SODIO	6,58	mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
SULFATOS	9,64	mg/l	±1,16	Cromatografía iónica. (PIE-CION)

**OBSERVACIONES:**

 AMONIO  
 NITRITOS

 0,02 mg/l  
 0,02 mg/l

23 de mayo de 2011



 Fdo.: Susana Avilés Espiñeiro  
 Lcda. en Ciencias Químicas  
 Directora Técnica del Laboratorio de CAASA

El presente informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo y no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de CAASA. Los procedimientos empleados son normas internas de CAASA. El Laboratorio dispone de la incertidumbre de sus medidas a disposición del cliente.

CAASA dispone de un sistema de gestión de la calidad certificado conforme a los requisitos de las normas ISO 9001:2008 e ISO 14001:2004.

Los ensayos marcados en este informe con (\*), las interpretaciones, los comentarios y los resultados expresados en observaciones, no están amparados por la acreditación ENAC.

## ANÁLISIS GEOQUÍMICO. DATOS INFORMATIVOS

### MACROCONSTITUYENTES

	<u>mg/l</u>	<u>meq/l</u>	<u>% meq/l</u>
CLORUROS	13,98	0,39	8,57
SULFATOS	9,64	0,20	4,36
BICARBONATOS	242,49	3,97	86,41
CARBONATOS	0,00	0,00	0,00
NITRATOS	1,85	0,03	0,65
SODIO	6,58	0,29	6,08
MAGNESIO	12,52	1,03	21,90
CALCIO	67,52	3,37	71,62
POTASIO	0,73	0,02	0,40

CLASIFICACIÓN DEL AGUA: **BICARBONATADA - CÁLCICA**

### OTROS DATOS DE INTERÉS

Punto de congelación	-0,01 °C
Sólidos disueltos	361,38 mg/l
CO2 libre	8,64 mg/l
Dureza total	22,02 °Francés
Dureza total	220,15 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Dureza permanente	21,39 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de bicarbonatos	198,88 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de carbonatos	0,00 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de hidróxidos	0,00 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad total	198,88 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca

### RELACIONES GEOQUÍMICAS E INDICES DE EQUILIBRIO AGUA-LITOFACIE

$rCl+rSO_4/rHCO_3+rCO_3$	0,15
$rNa+rK/rCa+rMg$	0,07
$rNa/rK$	15,33
$rNa/rCa$	0,08
$rCa/rMg$	3,27
$rCl/rHCO_3$	0,10
$rSO_4/rCl$	0,51
$rMg/rCa$	0,31
i.c.b.	0,23
i.d.d.	0,02

Nº Registro: 41381

**INFORME DE RESULTADO DE ENSAYO N° 000044905**

Solicitado por:

 COMPAÑÍA GENERAL DE SONDEOS, S.A.  
 C/ ANABEL SEGURA, 11 EDIF. A - 4º OF. B 28108 ALCOBENDAS (MADRID)

Denominación de la muestra:

SONDEO ROMANZADO (FIN DE AFORO)

 Matriz: **Agua continental**

 N° de muestra: **000041375**

 Tipo de muestra: **Puntual**

 Tomada por: **El cliente**

 Toma de Muestra: **15/04/2011**

 Recepción: **10/05/2011**

 Inicio análisis: **10/05/2011**

 Fin análisis: **13/05/2011**

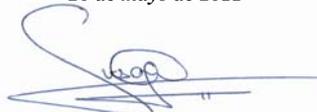
PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	INCERT.	METODOLOGIA
AMONIO	< 0,04	mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-AMON)
*ANHIDRIDO SILICICO	6,14	mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-SILI)
*BICARBONATOS	318,12	mg/l		Acidimetría, con anaranjado de metilo (PIE-ALCA)
*BORO	0,05	mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-BORO)
*CALCIO	93,73	mg/l		Complexometría (PIE-CALC)
*CARBONATOS	< 5	mg/l		Acidimetría, con fenolftaleína (PIE-ALCA)
CLOURS	17,57	mg/l	±1,05	Cromatografía iónica. (PIE-CION)
CONDUCTIVIDAD 20 °C	516	µS/cm	±10	Electrometría (PIE-COND)
FOSFATOS	< 0,16	mg P-PO4 <sup>3-/l</sup>		Cromatografía Iónica. (PIE-CION)
*HIDROXIDOS	0,00	mg/l		Volumetría (PIE-ALCA)
*HIERRO	< 0,05	mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-FeAA)
*MAGNESIO	10,60	mg/l		Complexometría (PIE-DURE)
*MANGANESO	< 0,02	mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-MnAA)
NITRATOS	1,62	mg/l	±0,19	Cromatografía iónica. (PIE-CION)
NITRITOS	< 0,1	mg/l		Cromatografía iónica. (PIE-CION)
pH	7,47	ud. de pH	±0,20	Electrometría (PIE-PH)
*POTASIO	0,75	mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
*SODIO	8,44	mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
SULFATOS	10,02	mg/l	±0,60	Cromatografía iónica. (PIE-CION)

**OBSERVACIONES:**

NITRITOS

0,07 mg/l

20 de mayo de 2011



 Fdo.: Susana Avilés Espiñeiro  
 Lcda. en Ciencias Químicas

Directora Técnica del Laboratorio de CAASA

El presente informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo y no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de CAASA. Los procedimientos empleados son normas internas de CAASA. El Laboratorio dispone de la incertidumbre de sus medidas a disposición del cliente.

CAASA dispone de un sistema de gestión de la calidad certificado conforme a los requisitos de las normas ISO 9001:2008 e ISO 14001:2004.

Los ensayos marcados en este informe con (\*), las interpretaciones, los comentarios y los resultados expresados en observaciones, no están amparados por la acreditación ENAC.

## ANÁLISIS GEOQUÍMICO. DATOS INFORMATIVOS

### MACROCONSTITUYENTES

	<u>mg/l</u>	<u>meq/l</u>	<u>% meq/l</u>
CLORUROS	17,57	0,50	8,34
SULFATOS	10,02	0,21	3,51
BICARBONATOS	318,12	5,21	87,71
CARBONATOS	0,00	0,00	0,00
NITRATOS	1,62	0,03	0,44
SODIO	8,44	0,37	6,18
MAGNESIO	10,60	0,87	14,69
CALCIO	93,73	4,68	78,80
POTASIO	0,75	0,02	0,32

CLASIFICACIÓN DEL AGUA: **BICARBONATADA - CÁLCICA**

### OTROS DATOS DE INTERÉS

Punto de congelación	-0,01 °C
Sólidos disueltos	467,14 mg/l
CO2 libre	17,15 mg/l
Dureza total	27,77 °Francés
Dureza total	277,69 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Dureza permanente	16,93 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de bicarbonatos	260,91 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de carbonatos	0,00 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de hidróxidos	0,00 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad total	260,91 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca

### RELACIONES GEOQUÍMICAS E INDICES DE EQUILIBRIO AGUA-LITOFACIE

$rCl+rSO_4/rHCO_3+rCO_3$	0,14
$rNa+rK/rCa+rMg$	0,07
$rNa/rK$	19,14
$rNa/rCa$	0,08
$rCa/rMg$	5,36
$rCl/rHCO_3$	0,10
$rSO_4/rCl$	0,42
$rMg/rCa$	0,19
i.c.b.	0,22
i.d.d.	0,02

Nº Registro: 41375

**INFORME DE RESULTADO DE ENSAYO N° 000045074**

Solicitado por:

**CONSULNIMA, S.L.**  
**INFANTA MERCEDES, 90 28020 MADRID**

Denominación de la muestra:

**ROM2-ROMANZADO**

 Matriz: **Agua continental**

 N° de muestra: **000041611**

 Tipo de muestra: **Puntual**

 Tomada por: **El cliente**

 Recepción: **18/05/2011**

 Inicio análisis: **18/05/2011**

 Fin análisis: **23/05/2011**

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	INCERT.	METODOLOGIA
AMONIO	< 0,04	mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-AMON)
*ANHIDRIDO SILICICO	6,01	mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-SILI)
*BICARBONATOS	303,71	mg/l		Acidimetría, con anaranjado de metilo (PIE-ALCA)
*BORO	0,10	mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-BORO)
*CALCIO	88,17	mg/l		Complexometría (PIE-CALC)
*CARBONATOS	< 5	mg/l		Acidimetría, con fenolftaleína (PIE-ALCA)
CLOURS	18,76	mg/l	±1,13	Cromatografía iónica. (PIE-CION)
CONDUCTIVIDAD 20 °C	487	µS/cm	±10	Electrometría (PIE-COND)
FOSFATOS	< 0,16	mg P-PO4 <sup>3-/l</sup>		Cromatografía Iónica. (PIE-CION)
*HIDROXIDOS	0,00	mg/l		Volumetría (PIE-ALCA)
*HIERRO	< 0,05	mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-FeAA)
*MAGNESIO	12,04	mg/l		Complexometría (PIE-DURE)
*MANGANESO	< 0,02	mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-MnAA)
NITRATOS	1,28	mg/l	±0,15	Cromatografía iónica. (PIE-CION)
NITRITOS	< 0,1	mg/l		Cromatografía iónica. (PIE-CION)
pH	7,50	ud. de pH	±0,20	Electrometría (PIE-PH)
*POTASIO	0,63	mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
*SODIO	8,09	mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
SULFATOS	11,00	mg/l	±0,66	Cromatografía iónica. (PIE-CION)

**OBSERVACIONES:**

NITRITOS

0,02 mg/l

25 de mayo de 2011



 Fdo.: *Susana Avilés Espiñeiro*  
 Lcda. en Ciencias Químicas

Directora Técnica del Laboratorio de CAASA

El presente informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo y no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de CAASA. Los procedimientos empleados son normas internas de CAASA. El Laboratorio dispone de la incertidumbre de sus medidas a disposición del cliente.

CAASA dispone de un sistema de gestión de la calidad certificado conforme a los requisitos de las normas ISO 9001:2008 e ISO 14001:2004.

Los ensayos marcados en este informe con (\*), las interpretaciones, los comentarios y los resultados expresados en observaciones, no están amparados por la acreditación ENAC.

## ANÁLISIS GEOQUÍMICO. DATOS INFORMATIVOS

### MACROCONSTITUYENTES

	<u>mg/l</u>	<u>meq/l</u>	<u>% meq/l</u>
CLORUROS	18,76	0,53	9,19
SULFATOS	11,00	0,23	3,98
BICARBONATOS	303,71	4,98	86,47
CARBONATOS	0,00	0,00	0,00
NITRATOS	1,28	0,02	0,36
SODIO	8,09	0,35	6,11
MAGNESIO	12,04	0,99	17,20
CALCIO	88,17	4,40	76,41
POTASIO	0,63	0,02	0,28

CLASIFICACIÓN DEL AGUA: **BICARBONATADA - CÁLCICA**

### OTROS DATOS DE INTERÉS

Punto de congelación	-0,01 °C
Sólidos disueltos	449,83 mg/l
CO2 libre	15,28 mg/l
Dureza total	26,97 °Francés
Dureza total	269,74 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Dureza permanente	20,79 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de bicarbonatos	249,09 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de carbonatos	0,00 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de hidróxidos	0,00 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad total	249,09 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca

### RELACIONES GEOQUÍMICAS E INDICES DE EQUILIBRIO AGUA-LITOFACIE

$rCl+rSO_4/rHCO_3+rCO_3$	0,15
$rNa+rK/rCa+rMg$	0,07
$rNa/rK$	21,84
$rNa/rCa$	0,08
$rCa/rMg$	4,44
$rCl/rHCO_3$	0,11
$rSO_4/rCl$	0,43
$rMg/rCa$	0,23
i.c.b.	0,30
i.d.d.	0,03

Nº Registro: 41611

**ANEJO N° 7: FICHA I.P.A. Y FICHA MMA**



## FICHA DE PIEZÓMETRO

TOPONIMIA		Sustituto Piezometro SGOP Foz de Arbayun			CÓDIGO IDENTIFICACIÓN		09.203.006	
CÓDIGO IPA		2708-5-0021	Nº MTN 1:50.000	2708	MUNICIPIO Romanzado		PROVINCIA Navarra	
CUENCA HIDROGRÁFICA		EBRO						
MASA AGUA SUBTERRÁNEA		031   SIERRA DE LEYRE						
U. HIDROGEOLÓGICA		Sinclinal de Jaca - Pamplona						
ACUÍFERO(S)		03101   Cretácico sup.- Paleoceno- Eoceno - Calcarenitas, calizas bioclásticas, dolomicritas, areniscas, calizas arenosas						
COORDENADAS UTM HUSO 30	X	649039	DATOS OBTENIDOS DE:		GIS-Oleícola		REFERENCIA DE LAS MEDIDAS	BROCAL
	Y	4728854						
COTA DEL SUELO msnm	Z	541	DATOS OBTENIDOS DE:		GPS		ALTURA SOBRE EL SUELO m	0
POLÍGONO		11			PARCELA		255	
TITULARIDAD DEL TERRENO		Ayuntamiento de Romanzado						
PERSONA DE CONTACTO								
ACCESO		El sondeo se sitúa enfrente del antiguo piezómetro del SGOP, se ubica en el aparcamiento de la antigua carretera en la Foz de Arbayun. Se accede al mismo tomando el primer desvío a mano derecha que sale de la carretera una vez pasado el puerto de Iso y que viene indicado como Foz de Arbayun. A unos 500 metros del desvío a mano izquierda y parcialmente cubierta por la vegetación se accede al aparcamiento donde esta situados ambos piezómetros.						

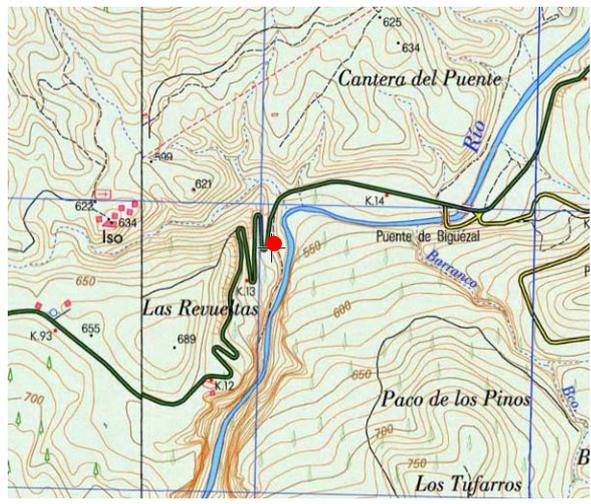
### CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y DE USO

METODO		PROFUNDIDAD DEL SONDEO						72			EMPAQUE		No	
PERFORACIÓN (m)			ENTUBACIÓN (m)				FILTROS (m)			CEMENTACION				
DESDE	HASTA	Ø(mm)	DESDE	HASTA	Ø(mm)	NATURAL.	DESDE	HASTA	NATURALEZA	DESDE	HASTA			
0	4	324	0	4	250	Metálica	36	42	Puentecillo	0	4			
4	72	224	0	72	180	Metálica	48	54	Puentecillo					
							63	69	Puentecillo					

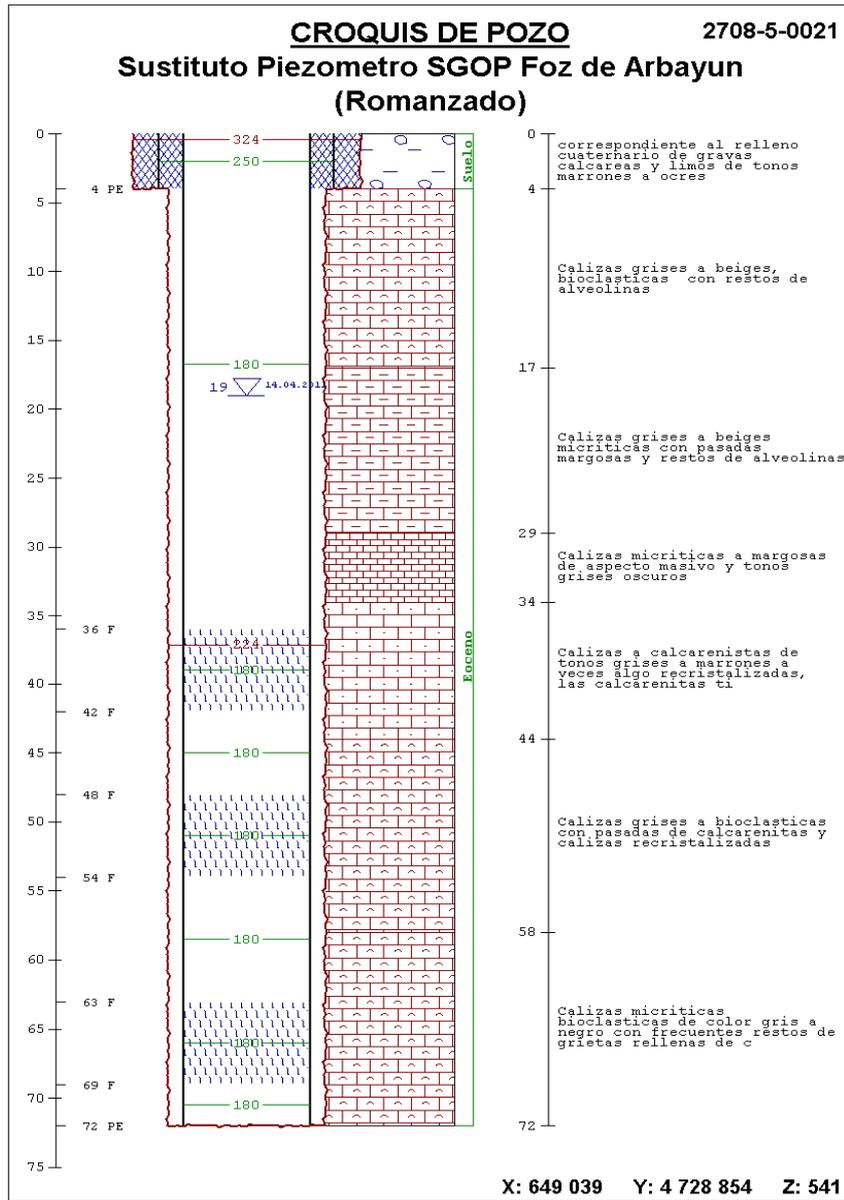
### HISTORIA

PERTENECE A REDES HISTÓRICAS	No	PERIODO DE MEDIDAS	
ORGANISMO	CHE (OPH)		

### LOCALIZACIÓN

MAPA TOPOGRÁFICO 1.25.000	FOTO AÉREA
	

# CROQUIS DEL SONDEO Y DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA SUCINTA



## FOTOGRAFÍAS DEL EMPLAZAMIENTO : ENTORNO Y DETALLE




**CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO**
*Oficina de Planificación Hidrológica*
**INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA**
**Tipo:** SONDEO

**Fuente de información:** CHE (OPH)

**Mapa 1:50.000:** (2708) NAVASCUES

**UTMX:** 649039

**UTMY:** 4728854

**COTA:** 541

**Provincia:** NAVARRA

**Municipio:** ROMANZADO

**Localidad:** DOMEÑO

**Paraje:** Sustituto Piezometro SGOP Foz de Arbayun

**Polígono:** 11

**Parcela:** 255

**Dominio Hidrogeológico:** Sinclinal de Jaca - Pamplona

**Unidad:** Sierra de Leyre

**Acuífero:** Cretácico sup.-Paleoceno-Eoceno

**Masa Subterránea A:** SIERRA DE LEYRE

**Masa Subterránea B:**
**Acuífero:** Cretácico sup.- Paleoceno- Eoceno

**Redes:**

<b>PG</b>	<b>PL</b>	<b>PH</b>	<b>CG</b>	<b>CL</b>	<b>CH</b>	<b>CE</b>	<b>L</b>	<b>T</b>	<b>LH</b>	<b>I</b>	<b>OT</b>
<input type="checkbox"/>											

**Río:** SALAZAR

**Cuenca:** EBRO

**Acceso:** El sondeo se situa enfrente del antiguo piezometro del SGOP, que se ubica en el aparcamiento de la antigua carretera en la Foz de Arbayud. Se accede al mismo tomando el primer desvío a mano derecha que sale de la carretera una vez pasado el pueto de Iso; este desvío viene indicado como Foz de Arbayun. A unos 500 metros del desvío a mano izquierda y parcialmente cubierta por la vegetación, se accede al aparcamiento donde esta situados ambos piezometros.

**Observaciones:**


Acceso aparcamiento (11/05/2012)

Nº	RealizacionFicha	Fuente de informacion	FECHA	FECHAINFO	OBSERVACIONES
1	TCL	COMUNIDAD AUTONOMA	25/05/2011		
19	TCL	CHE (OPH)	28/06/2012		meto ortoimagen de situación facilitada por Javier Ramajo.

## PERFORACIÓN

**Contratista:** CGS (Perforaciones Jiennenses Marchal S.L)

**Año:** 2011

**Tipo perforación:** ROTOPERCUSION CON CIRCULACION DIRECTA **Profundidad total:** 72

**Observaciones:**

Desde	Hasta	Diámetro (mm)
0	4	324
4	72	224

## REVESTIMIENTO

Desde	Hasta	Diámetro(mm)	Espesor (mm)	Tipo	Empaque
0	4	250	4	Metálica ciega	CEMENTACION
0	36	180	4	Metálica ciega	SIN EMPAQUE NI CEMENTACION
36	42	180	4	Metálica puentecillo	SIN EMPAQUE NI CEMENTACION
42	48	180	4	Metálica ciega	SIN EMPAQUE NI CEMENTACION
48	54	180	4	Metálica puentecillo	SIN EMPAQUE NI CEMENTACION
54	63	180	4	Metálica ciega	SIN EMPAQUE NI CEMENTACION
63	69	180	4	Metálica puentecillo	SIN EMPAQUE NI CEMENTACION
69	72	180	4	Metálica ciega	SIN EMPAQUE NI CEMENTACION

## TRATAMIENTOS ESPECIALES

Fecha	Tipo
-------	------

## LITOLOGÍA

**Descripción geológica:** El sondeo se ubica sobre el relleno de un coluvión cuaternario y atraviesa los materiales del flanco de un anticlinal de suaves buzamientos, definidos por las calizas del Eoceno-Paleoceno y en cuyo núcleo se encuentran los materiales perforados, que afloran en la Foz de Arbayun.

Desde	Hasta	Litología	Edad	Tipo acuífero
0	4	SUELO	CUATERNARIO NO ALUVIAL	
<b>Observaciones:</b> Correspondiente al relleno cuaternario de gravas calcáreas y limos de tonos marrones a ocre				
4	17	CALIZAS	EOCENO	
<b>Observaciones:</b> Calizas grises a beigeas, bioclasticas con restos de alveolinas				
17	29	CALIZAS	EOCENO	

**Observaciones:** Calizas grises a beige micríticas con pasadas margosas y restos de alveolinas

29	34	CALIZAS	EOCENO
----	----	---------	--------

**Observaciones:** Calizas micríticas a margosas de aspecto masivo y tonos grises oscuros

34	44	CALIZAS	EOCENO	ACUIFERO
----	----	---------	--------	----------

**Observaciones:** Calizas a calcarenitas de tonos grises a marrones a veces algo recristalizadas, las calcarenitas tienen tamaño de grano medio a fino.

44	58	CALIZAS	EOCENO	ACUIFERO
----	----	---------	--------	----------

**Observaciones:** Calizas grises bioclásticas con pasadas de calcarenitas y calizas recristalizadas

58	72	CALIZAS	EOCENO	ACUIFERO
----	----	---------	--------	----------

**Observaciones:** Calizas micríticas bioclásticas de color gris a negro con frecuentes restos de grietas rellenas de calcita, así como frecuentes bioclastos de macroforaminíferos (alveolinas y nummulites). Se observa una fractura en el metro 58.

### ENSAYOS DE BOMBEO

Fecha	Caudal (l/s)	Nivel Inicial (m)	Depresión (m)	Duración (h)	Transmisividad (m <sup>2</sup> /d)	S	Fuente Información
15/04/2011	0	33.21	11.39	0			CHE (OPH)
<b>Observaciones:</b> Segunda recuperación							
14/04/2011	0.4	20.23	-12.98	0.8			CHE (OPH)
<b>Observaciones:</b> Escalón continuo							
14/04/2011	0	57	36.77	0.1			CHE (OPH)
<b>Observaciones:</b> Primera recuperación							
14/04/2011	1	34.14	-22.86	0			CHE (OPH)
<b>Observaciones:</b> Tercer escalón							
14/04/2011	0.5	24.73	-9.41	0.1			CHE (OPH)
<b>Observaciones:</b> Segundo escalón							
14/04/2011	0.25	19	-5.73	0.1			CHE (OPH)
<b>Observaciones:</b> Primer Escalón							

### PIEZOHIDROMETRÍA

NIVEL: NIVEL1

Nº de medidas	Máximo	Mínimo	Rango de Oscilación	Media	Desviación típica
11	21.1	15.46	5.64	19.4082	1.5024

### HIDROQUÍMICA

Fecha muestreo	Cl meq/l mg/l	SO4 meq/l mg/l	HCO3 meq/l mg/l	NO3 meq/l me/l	Na meq/l mg/l	Mg meq/l mg/l	Ca meq/l mg/l	K meq/l mg/l	Cond20 campo lab.	Ph campo lab.	Error %	Fuente info.
15/04/2011	0.5285	0.2292	4.9789	0.0206	0.3517	0.995	4.3975	0.0161	536	7.3	0.057	PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CUENCA DEL EBRO Y SERVICIOS DE NISPECCIÓN Y VIGILANCIA OBRAS
	18.76	11	303.71	1.28	8.09	12.04	88.17	0.63				

15/04/2011	0.4949	0.2088	5.2151	0.0261	0.367	0.876	4.6748	0.0192	536	7.3	-0.1331	PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CUENCA DEL EBRO Y SERVICIOS DE NISPECCIÓN Y VIGILANCIA OBRAS
	17.57	10.02	318.12	1.62	8.44	10.6	93.73	0.75				
15/04/2011									521	6.7		PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CUENCA DEL EBRO Y SERVICIOS DE NISPECCIÓN Y VIGILANCIA OBRAS
14/04/2011									535	7		PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CUENCA DEL EBRO Y SERVICIOS DE NISPECCIÓN Y VIGILANCIA OBRAS
14/04/2011									536	6.5		PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CUENCA DEL EBRO Y SERVICIOS DE NISPECCIÓN Y VIGILANCIA OBRAS
14/04/2011									548	6.4		PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CUENCA DEL EBRO Y SERVICIOS DE NISPECCIÓN Y VIGILANCIA OBRAS
14/04/2011									545	7.1		PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CUENCA DEL EBRO Y SERVICIOS DE NISPECCIÓN Y VIGILANCIA OBRAS
13/04/2011	0.3938	0.2008	3.9752	0.0298	0.2861	1.0347	3.3676	0.0187	456	6	2.3065	PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS PARA LA ADECUACIÓN DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CUENCA DEL EBRO Y SERVICIOS DE NISPECCIÓN Y VIGILANCIA OBRAS

---

---

13.98	9.64	242.49	1.85	6.58	12.52	67.52	0.73
-------	------	--------	------	------	-------	-------	------

---

13/04/2011

456

6

PROYECTO DE  
CONSTRUCCIÓN DE  
SONDEOS PARA LA  
ADECUACIÓN DE LAS REDES  
DE PIEZOMETRÍA Y  
CALIDAD DE LAS AGUAS  
SUBTERRÁNEAS. CUENCA  
DEL EBRO Y SERVICIOS DE  
NISPECCIÓN Y VIGILANCIA  
OBRAS

---

**OTRAS FOTOS**



DSCN3163-Romanzado (31/05/2012)



Detalle (11/05/2012)



Panoramico (11/05/2012)



romanzado (28/06/2012)



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA  
DEL EBRO

**CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO**

*Oficina de Planificación Hidrológica*

**INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA**

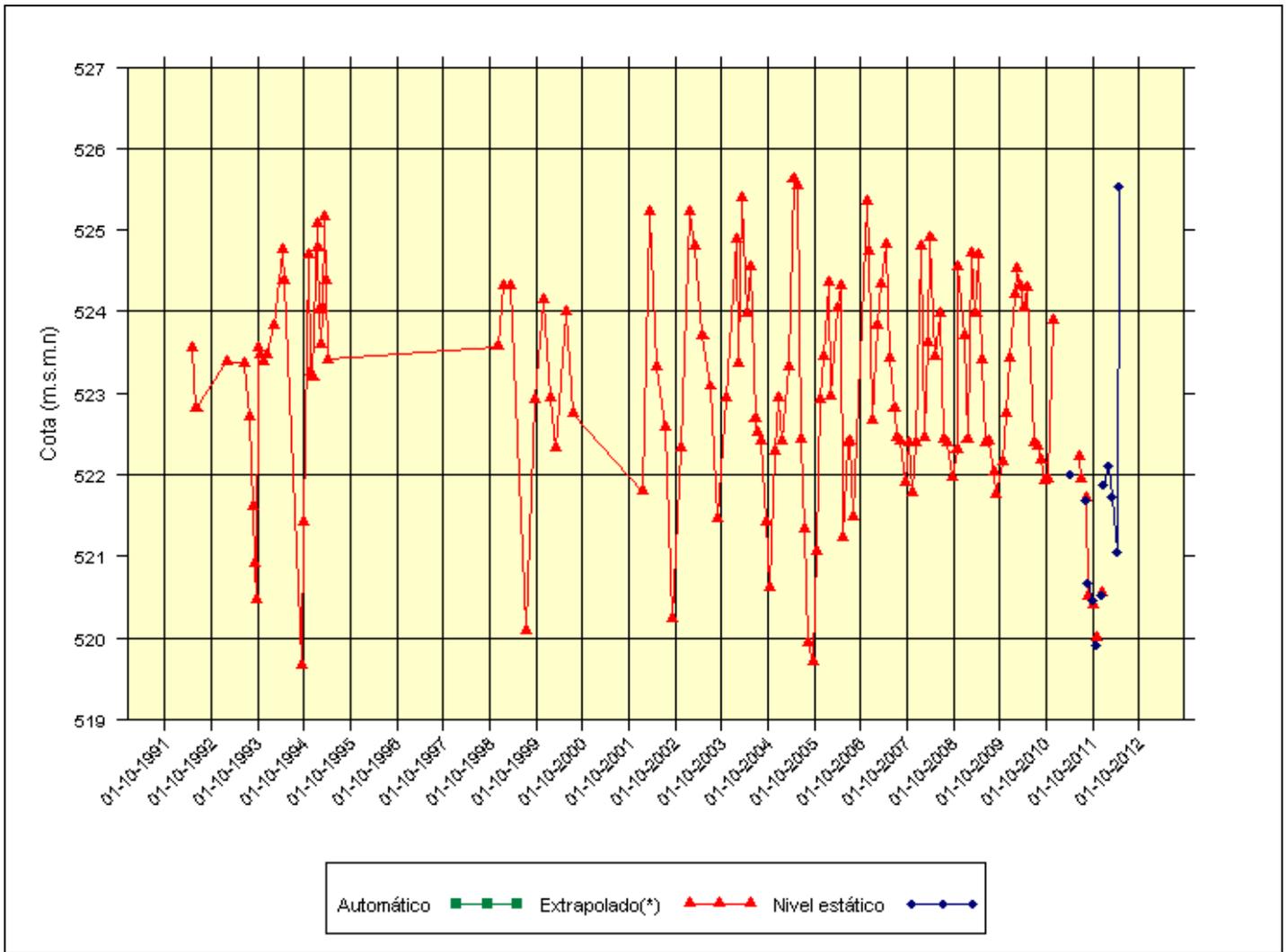
**CONSIDERACIONES PARA LA MEDICIÓN**

**Contacto:** Ayuntamiento de Romanzado. Tlf: 948880010.

**Cierre:** Llave MARM

**Referencia:**

**HIDROGRAMA NIVEL 1: cRETACICO SUPERIOR**



\*Extrapolado del punto 270850004

**ESTADÍSTICA PIEZOMÉTRICA NIVEL 1: cRETACICO SUPERIOR**

Nº de medidas	Máximo	Mínimo	Rango de Oscilación	Media	Desviación típica
148	21.3303	15.3778	5.9525	18.0889	1.4273

**MEDIDAS PIEZOMÉTRICAS RECIENTES NIVEL 1: cRETACICO SUPERIOR**

Fecha muestreo	Nivel (m)	Observaciones
02/05/2012	15.46	NUEVO
12/04/2012	19.95	NUEVO
06/03/2012	19.27	NUEVO
03/02/2012	18.9	NUEVO
04/01/2012	19.13	NUEVO
12/12/2011	20.47	
03/11/2011	21.1	
04/10/2011	20.55	
02/09/2011	20.34	
09/08/2011	19.32	
14/04/2011	19	

**ENCUADRE HIDROGEOLÓGICO**

Este sondeo se sitúa en el dominio hidrogeológico 2 “Dominio Pirenaico del Sinclinal Jaca–Pamplona”. En la masa de agua subterránea 090.031 correspondiente a la denominada “Sierra de Leyre”. Este piezómetro se encuentra ubicado, desde el punto de vista hidrogeológico, en la zona de descarga de este acuífero Eoceno hacia el río Salazar. El acuífero atravesado son calizas bioclásticas eocenas, que presentan un comportamiento Kárstico y fracturado.

**OTROS DATOS**



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA  
DEL EBRO

## CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

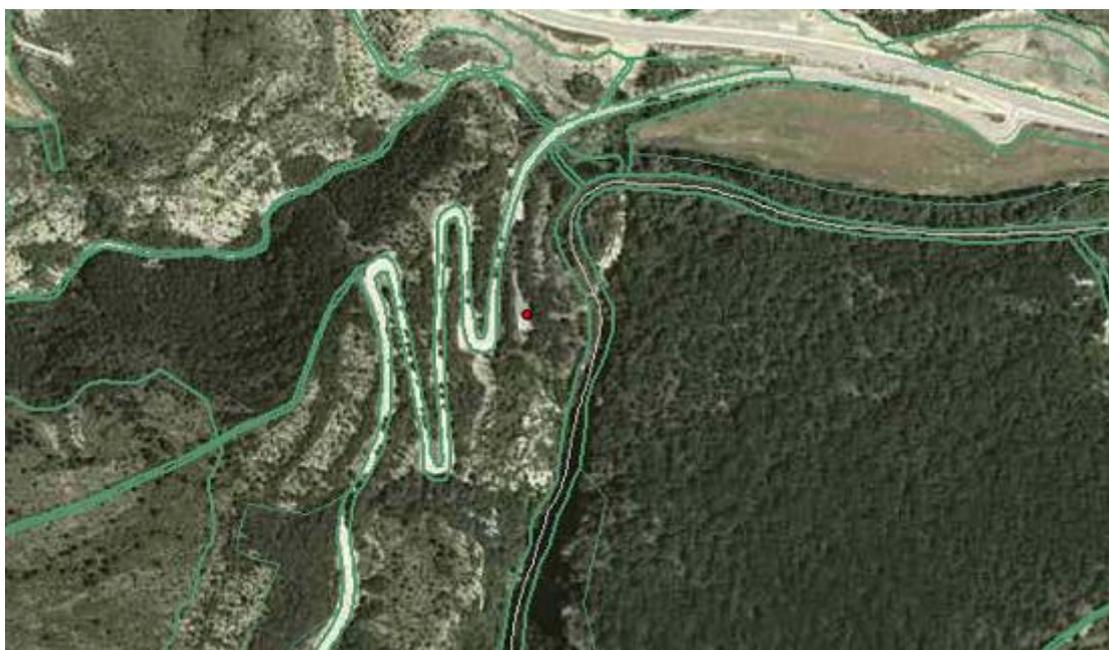
*Oficina de Planificación Hidrológica*

INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

### DESCRIPCIÓN DEL ACCESO

El sondeo se situa enfrente del antiguo piezometro del SGOP, que se ubica en el aparcamiento de la antigua carretera en la Foz de Arbayud. Se accede al mismo tomando el primer desvío a mano derecha que sale de la carretera una vez pasado el pueto de Iso; este desvío viene indicado como Foz de Arbayun. A unos 500 metros del desvío a mano izquierda y parcialmente cubierta por la vegetación, se accede al aparcamiento donde esta situados ambos piezometros.

### ORTOIMAGEN CON LA RUTA DE ACCESO



Coordenadas UTM del punto:  
X: 649039, Y:4728854 (Huso 30)

**FOTOS ADICIONALES**

**PANORÁMICA**



05/2012 Panorámico

**ACCESO**

**DETALLE**



05/2012 Detalle

**ACCESO**



05/2012 Acceso aparcamiento

**DETALLE REFERENCIA**

**INSTALACIÓN**



05/2012 DSCN3163-Romanzado