



EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO

LURRALDE ANTOLAMENDU ETA
INGURUMEN SAILA
Uren Zuzendaritza

DEPARTAMENTO DE ORDENACION
DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE
Dirección de Aguas



DIPUTACION FORAL DE GIPUZKOA
DEPARTAMENTO DE
OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO
Dirección General de Obras Hidráulicas

SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA

TR-6. TROYA

Gabiria (Gipuzkoa)

Noviembre de 2003



EVE

INDICE

<i>1</i>	<i>INTRODUCCIÓN.....</i>	<i>2</i>
<i>2</i>	<i>SITUACIÓN</i>	<i>4</i>
<i>3</i>	<i>GEOLOGIA</i>	<i>5</i>
<i>4</i>	<i>HIDROGEOLOGIA.....</i>	<i>6</i>
<i>5</i>	<i>CARACTERISTICAS DEL SONDEO</i>	<i>9</i>
<i>5.1.</i>	<i>Equipo de perforación</i>	<i>9</i>
<i>5.2.</i>	<i>Desarrollo de los trabajos.....</i>	<i>9</i>
<i>5.3.</i>	<i>Características constructivas del sondeo</i>	<i>11</i>
<i>5.4.</i>	<i>Columna litológica</i>	<i>12</i>
<i>5.5.</i>	<i>Prueba de producción.....</i>	<i>14</i>
<i>5.6.</i>	<i>Hidroquímica.....</i>	<i>17</i>
<i>5.7.</i>	<i>Resultados.....</i>	<i>18</i>
<i>6.</i>	<i>CONCLUSIONES.....</i>	<i>19</i>
<i>ANEXO 1.</i>	<i>HOJAS DE TESTIFICACIÓN DEL SONDEO TR-6.....</i>	<i>21</i>
<i>ANEXO 2.</i>	<i>FOTOGRAFÍAS DEL TESTIGO DEL SONDEO TR-6</i>	<i>22</i>
<i>ANEXO 3.</i>	<i>PARTE DE BOMBEO DEL SONDEO TR-6.....</i>	<i>23</i>
<i>ANEXO 4.</i>	<i>ANÁLISIS QUÍMICO DE MUESTRA DE AGUA DEL SONDEO TR-6</i>	<i>25</i>

1 INTRODUCCIÓN

El acuífero Troya se localiza en el Sur del Territorio Histórico de Gipuzkoa, en los términos municipales de Gabiria, Mutiloa y Zerain. Está constituido por calizas urgonianas, básicamente facies de plataforma, que afloran en una extensión de 0.9 km². El drenaje se realiza exclusivamente por el manantial Troi captado para el abastecimiento del municipio de Segura.

En 1986 la compañía EXMINESA, filial en España de la multinacional canadiense Cominco Ltd., pone en explotación el yacimiento de plomo y zinc Troya que tiene como roca encajante las calizas del acuífero Troya. Las labores continúan hasta su abandono en 1993 debido a los hundimientos registrados y a las escasas reservas restantes. Durante la vida de la explotación se han extraído un total de 2.250.000 Tm de mineral, con una ley de corte superior al 5% combinado de Pb-Zn.

La explotación de la mina Troya requiere el drenaje del acuífero para permitir la progresión de las labores. A lo largo de estos años, el nivel piezométrico se abate desde la cota 435 (manantial Troi) hasta la cota 192 en el momento de cesar las labores de achique en Enero de 1994.

El caudal medio bombeado, a lo largo de la vida de la mina, es de unos 50 l/s. El cese del bombeo permite la recuperación del nivel piezométrico y el 8 de Marzo de 1995 se produce la surgencia a través de la bocamina Norte, cota 335, punto inferior de conexión del acuífero con la superficie topográfica.

La información hidrogeológica recopilada durante la explotación de la mina permite calcular unas reservas muy importantes a pesar de las reducidas dimensiones y limitados recursos del acuífero. Por otro lado, la información que, con posterioridad a la parada de la mina, se va recogiendo indica una importante degradación de la calidad del agua como consecuencia de las labores mineras. Así, se registra un incremento importante de los contenidos de sulfatos, calcio y algunos metales, en especial el hierro y el zinc.

A partir del abandono de la explotación, las distintas administraciones realizan numerosas actuaciones encaminadas a controlar, y predecir la evolución del quimismo de esta agua e investigar las posibilidades de regulación de este acuífero.

La perforación del sondeo TR-4 en 1998 permite constatar la extensión hacia el Norte de las calizas urgonianas y la localización de su techo a cota 150, muy por encima de lo previsto.

En el año 2000 la Dirección de Aguas del Gobierno Vasco y la Dirección de Obras Hidráulicas de la Diputación Foral de Guipúzcoa deciden realizar dos sondeos de investigación en el valle del río Eztanda, al norte del TR-4, en torno a la cota 280. Estos sondeos deberán determinar la situación del acuífero urgoniano y sus características básicas: fracturación, karstificación, piezometría, quimismo,...

La primera obra, el sondeo de investigación TR-5B es acometida por la Dirección de Obras Hidráulicas de DFG en Febrero de 2001 y, por diversos motivos, se extiende hasta Octubre de este año. El sondeo finaliza a 500 m de profundidad sin alcanzar el techo de las calizas e introduce nuevas dudas sobre la localización y características del acuífero en esta zona.

Sin embargo, la zona Norte del Domo de Troya entre el sondeo TR-4 y el río Eztanda reúne las condiciones de mayor interés para la explotación del acuífero. Por lo tanto, se propone la realización de un nuevo sondeo de investigación, TR-6, en un emplazamiento situado unos 200 m al Norte del sondeo TR-4, a cota 340. Este sondeo permitirá situar el límite Norte del bloque levantado y las características del acuífero en esta zona. Además, permitirá plantear su explotación, en el caso que sea posible, mediante un sondeo inclinado desde la vega del Eztanda o cualquier otro medio.

El EVE, en el marco del Convenio de Colaboración con la Dirección de Aguas, elabora este informe en el que se detalla el desarrollo y resultados de la obra.

2 SITUACIÓN

El sondeo TR-6 se localiza en el término municipal de Gabiria, en uno de los ramales de la pista por la que se accede al sondeo TR-4 desde el caserío Igeribar.

Las coordenadas del sondeo TR-6 son:

X: 557.515

Y: 4.766.570

Z: 340



Emplazamiento sondeo TR-6

3 GEOLOGIA

La estratigrafía de la zona está constituida por una serie cretácica litológicamente muy variada.

Los principales conjuntos diferenciados (Plano 1) son:

- Arenas del Barremiense. Es la unidad inferior de la serie. Constituye la facies de implantación urgoniana, con un espesor superior a los 150 m. Se trata de areniscas micáceas y limolitas arenosas de aspecto masivo y baja permeabilidad que constituyen sustrato impermeable del acuífero y fijan las condiciones en buena parte del borde oriental del mismo.
- Calizas de plataforma con rudistas y corales del complejo Urgoniano. Con una potencia media de unos 200 m, constituyen el acuífero de Troya. La permeabilidad es muy alta y está relacionada con procesos de fracturación y disolución (karstificación).
- Margas masivas. Son unas margas grises, del complejo Urgoniano, muy homogéneas y con una permeabilidad muy baja, que constituyen el borde impermeable del acuífero al Norte, Sur y Oeste, y el material confinante del mismo. La potencia media de esta unidad es de unos 100 m.
- Alternancia de areniscas silíceas y limolitas. Pertenece, así mismo, al urgoniano detrítico y tiene una potencia media de unos 250 m. Está constituida por una alternancia de orden métrico-decimétrico de areniscas silíceas grises y lutitas, en ocasiones margosas. La permeabilidad de esta unidad es baja en los términos lutíticos y media en los areniscosos, asociándose a los mismos un gran número de manantiales de escasa entidad.
- Alternancia de margocalizas y margas grises. Integrada también en el complejo Urgoniano, tiene una potencia de unos 200 m. Su permeabilidad global es baja, si bien los niveles más calizos dan lugar a algunos manantiales de poca importancia.
- Areniscas y limolitas del complejo Supraurgoniano. Se trata de una potente serie compuesta por areniscas y limolitas calcáreas y margas, en distinta proporción según el sector considerado. Así, el contenido en finos aumenta al Este del sistema de fallas de Troya pasando a ser las lutitas mayoritarias. La permeabilidad global de este término es baja, aunque se pueden localizar pequeños manantiales que drenen niveles areniscosos de permeabilidad media.

La sedimentación en la zona ha estado controlada por el denominado Domo de Mutiloa. Esta estructura define un paleoalto alrededor del cual se establece una plataforma carbonatada, con una extensión de al menos 15 km², durante el ciclo urgoniano. El flanco oriental de esta estructura está afectado por un sistema de fallas subverticales, conocido como Sistema de Fallas de Troya, que lo hunden progresivamente definiendo un pronunciado surco.

4 HIDROGEOLOGIA

Las calizas de plataforma de Troya constituyen, en condiciones naturales, un acuífero confinado. Con anterioridad a las labores mineras emprendidas por Exminesa, el drenaje principal del acuífero se realizaba por el manantial Troi, a su vez una antigua galería minera.

La superficie de recarga del acuífero está formada por los propios afloramientos calizos, del orden de 0,9 km², y una cuenca vertiente adicional de 0,8 km². Los recursos, calculados a partir de unos parámetros básicos medios de 1.377 mm de precipitación y 12,3 °C de temperatura, se cifran en 1,2 Hm³/año.

La actividad minera ha proporcionado gran cantidad de información sobre el acuífero, que se resume a continuación:

- durante el período 1982-1993 se han bombeado más de 16 Hm³ de agua deprimiéndose el nivel piezométrico desde la cota 435 a la 190.
- el rendimiento de los sondeos de achique perforados con resultado positivo ha sido en todos los casos superior a 60 l/s.
- el coeficiente de almacenamiento medio calculado a partir de los datos del achique del acuífero es de 8×10^{-3} . La transmisividad obtenida en los distintos sondeos varía entre 200 y 400 m²/día.
- se definen relaciones lineales entre la precipitación y la recarga:
- $RHm3 = (Pmm - 120) / 780$
- así como entre el descenso y el caudal de achique:
- $sm = 0.499 Q(l/s)$

A partir del abandono de las labores se realizan distintas actuaciones en al área que incluyen la construcción de un buen número de sondeos de investigación y explotación:

- En el primer trimestre de 1994, se perforan los sondeos de investigación hidrogeológica denominados DT-1 y DT-2, que son equipados como piezómetros y añadidos a la red de control del acuífero junto al sondeo T-185.
- Entre Diciembre de 1994 y Junio se perfora el sondeo DTH-1 en las inmediaciones del caserío Argindegi cerca de la bocamina Norte. Las calizas se encuentran muy

fracturadas y karstificadas, transcurriendo toda la perforación sin recuperación de ripio. El sondeo es ensayado en Octubre de 1995 bombeándose un caudal de 80 l/s. Otras pruebas de producción posteriores confirman las posibilidades de este punto para una posible explotación del acuífero Troya. No obstante, la importancia de los bombeos a realizar, el nivel estático se localiza a 110,60 m de profundidad, supone un importante sobrecoste en cualquier hipótesis de explotación que llega a condicionar su viabilidad.

- Se reafirma el interés de reducir al máximo la cota de superficie desde la que se accede al acuífero. De acuerdo con la geometría de la plataforma urgoniana solamente existen posibilidades de interceptarla desde un punto de cota topográfica inferior a la del sondeo DTH-1 desde la zona norte del Domo. Sin embargo, el buzamiento hacia el Norte y el Oeste de la estructura conduce a la plataforma urgoniana en estas zonas a situarse por debajo de los 400 m de profundidad. Esto encarece sensiblemente las obras de investigación a realizar y cuestiona su interés.
- En Diciembre de 1995 se acomete la perforación del sondeo de investigación DT-3. Se localiza a cota 385 y corta el techo de las calizas a una profundidad de 381,70 m.(cota 3,30) En Junio de 1998, se ejecuta una prueba de 3 días de duración con un caudal de bombeo de 0,50 l/s. El valor de la transmisividad de acuífero en esta zona es inferior a 5 m²/d. El agua presenta una facies bicarbonatada cálcica con una concentración de sulfatos inferior a 25 mg/l, no observándose relación con el agua drenada por la surgencia de la Bocamina Norte.
- En Marzo de 1999 se perfora el sondeo de investigación T-4 (el nombre se modifica con posterioridad a TR-4) a cota 380,50. Corta el techo de las calizas a 238 m de profundidad, cota 142.5, y el muro de la formación a una profundidad de 423 m. Durante la perforación se observan zonas de fractura en el seno de las calizas con pérdidas totales de circulación.
- En Junio de 1999 se realiza una prueba de producción del sondeo TR-4 con un caudal de bombeo de 1,35 l/s que produce una depresión del nivel dinámico de 5,20 m. Los parámetros hidráulicos calculados: caudal específico 0,26 l/s/m; transmisividad 107 m²/d; permeabilidad aparente de 0,58 m/d, son muy superiores (70 veces en el caso de

la permeabilidad) a los obtenidos en el sondeo DT-3. El nivel estático en el sondeo revela un gradiente del 1,8% con la surgencia de la bocamina Norte y el quimismo del agua indica una total identidad con el agua drenada por la bocamina Norte, con una concentración de sulfatos de 700 mg/l y un máximo de 25,4 mg/l de hierro.

El sondeo TR-4 revela el detalle de la geometría del acuífero urgoniano en esta zona y reduce el espesor del recubrimiento confinante en mas de 200 m sobre el que cabría esperar.

La posible continuidad de la plataforma caliza hacia el norte, en la zona del fondo de valle del río Eztanda, a una profundidad desde la superficie topográfica no superior a 400 m y con unas características de la formación análogas a las del sondeo TR-4 plantea unas posibilidades de regulación del acuífero Troya excepcionales tanto desde el punto de vista de la calidad del recurso a obtener como desde la perspectiva de la viabilidad económica de la explotación. Sin embargo, el sondeo TR-5B sitúa el techo de las calizas en esta zona a mas de 500 m de profundidad por lo que se recomienda la perforación de un sondeo intermedio para localizar el límite Norte de la zona explotable del acuífero.

5 CARACTERISTICAS DEL SONDEO

El emplazamiento del sondeo TR-6 precisa el arreglo de un tramo de pista de unos 100 m y el acondicionamiento de una pequeña explanada para favorecer la maniobra del equipo.

5.1. Equipo de perforación

Se ha utilizado una máquina Longyear 44 de la empresa INSERSA montada sobre camión 6 x 6.

5.2. Desarrollo de los trabajos

La máquina se emplaza en el sondeo TR-6 el día 23 de enero de 2003 y los trabajos finalizan el día 11 de marzo. Se han perforado un total de 661,55 m en 34 días útiles con lo que la velocidad media de perforación es de 19,5 m/d. El trabajo se ha organizado en dos turnos diarios de 12 horas cada uno. Se ha trabajado en fines de semana alternos. En la tabla 1 se detalla el desarrollo de los distintos trabajos realizados.



Grupo electrógeno de servicio y torre de iluminación

Sondeo de investigación TR-6. Acuífero TROYA. Gabiria (Gipuzkoa)

FECHA	PROF. (m)	Ø PERFORACION mm Sistema	LODO	ENTUBACION PROF. Ø E x I		OBSERVACIONES
22/01/03						TRASLADO
23/01/03						SE EMPLAZA LA MAQUINA
24/01/03	8,40	116 T-T	AGUA			
25/01/03	14,30	116 T-T	AGUA	14,30	113 x103	SE PERFORA CON Ø 116 mm HASTA 14,30 m. SE REVISTE
25/01/03	16,45	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
26/01/03	35,15	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
27/01/03	35,15	116 T-T	AGUA	35,15	113 x103	SE ENTUBA Y CEMENTA EL ANULAR
28/01/03	48,50	96 WIRE LINE. HQ	GS			
29/01/03	70,40	96 WIRE LINE. HQ	GS			
30/01/03	91,45	96 WIRE LINE. HQ	GS			
31/01/03	106,45	96 WIRE LINE. HQ	GS			
10/02/03	148,45	96 WIRE LINE. HQ	GS			
11/02/03	210,75	96 WIRE LINE. HQ	GS			
12/02/03	226,00	96 WIRE LINE. HQ	GS			
13/02/03	243,75	96 WIRE LINE. HQ	GS			
14/02/03	274,45	96 WIRE LINE. HQ	GS			
15/02/03	300,00	96 WIRE LINE. HQ	GS			
16/02/03	301,45	76 WIRE LINE. NQ	GS			
17/02/03	330,25	76 WIRE LINE. NQ	GS			
18/02/03	362,75	76 WIRE LINE. NQ	GS			
19/02/03	403,45	76 WIRE LINE. NQ	GS			
20/02/03	442,45	76 WIRE LINE. NQ	GS			
21/02/03	478,45	76 WIRE LINE. NQ	GS			
22/02/03	514,45	76 WIRE LINE. NQ	GS			
23/02/03	523,45	76 WIRE LINE. NQ	GS			
24/02/03	524,80	76 WIRE LINE. NQ	GS			
04/03/03	544,10	60 WIRE LINE. BQ	GS			
05/03/03	583,10	60 WIRE LINE. BQ	GS			
06/03/03	622,35	60 WIRE LINE. BQ	GS			
07/03/03	658,55	60 WIRE LINE. BQ	GS			
08/03/03	661,55	60 WIRE LINE. BQ	GS			
09/03/03						SACAR BQ. PREPARANDO ENTUBACIÓN
10/03/03						ENTUBACIÓN ø 2"
11/03/03						ENTUBACIÓN ø 3"

Tabla 1

5.3. Características constructivas del sondeo

La relación de diámetros utilizada en la construcción del sondeo se detalla en la tabla 2.

Perforación		
Profundidad (m)	Ø mm	Tipo
0-14,30	116	Rotación con extracción de testigo. Convencional
14,30-300,00	96 - H	Rotación con extracción de testigo. Wireline
300,00-524,80	75,8 - N	Rotación con extracción de testigo. Wireline
524,80-661,55	60 - B	Rotación con extracción de testigo. Wireline

Tabla 2

El sondeo se ha entubado configurando una cámara de bombeo de 35 m de profundidad y diámetro suficiente para la instalación de una bomba de 3". Las características de las tuberías instaladas se reflejan en la tabla 3.

Entubación		
Profundidad (m)	Ø ext x ø int. (mm)	Tipo
0-35,50	103 x 104	Acero negro
0-35,50	88,9 x 82,5	Acero galvanizado
35,50-524,50	60,3 x 54,5	Acero galvanizado
524,50-548,00	48,3 x 42,5	Acero galvanizado

Tabla 3



Cementación

En previsión de la surgencia del sondeo, que se podría producir al alcanzar el techo de las calizas, se cementa el anular entre la tubería de \varnothing 113 mm y la perforación mediante la inyección de 160 litros de lechada de cemento de densidad $1,80 \text{ gr/cm}^3$. Se emplean 3 Kg. de NaOH como acelerante del fraguado.

Acabado

El sondeo se acaba con un pequeño machón de hormigón de $40 \times 40 \times 30 \text{ cm}$. Como cierre se coloca un tapón roscado de 3".

Desviación

Al finalizar la perforación se realizan dos medidas de desviación con objeto de determinar inclinación y azimuth de la obra a 660 m de profundidad y en el contacto de techo de las calizas a 474 m de profundidad. Se utiliza un dispositivo Eastman registrándose una inclinación de 88° en la medida de fondo y 86° en el techo de las calizas (ver foto adjunta). Se trata de desviaciones reducidas, dentro de la tolerancia establecida en las condiciones técnicas.



Desviación del sondeo a -474 m

5.4. Columna litológica

La perforación ha atravesado una potente serie detrítica y carbonatada que se resume en la Tabla 4. La testificación detallada de la serie atravesada se adjunta en el Anexo 1. Además, en el Anexo 2 se presentan las fotos de los testigos extraídos.

Prof. (m)	Litología	Formación
0,00-102,60	Lutitas negras con pirita	Supraurgoniano
102,60-230,60	Margas grises masivas con algo pirita	Margas de San Prudencio
230,60-369,30	Lutitas negras con niveles intercalados de areniscas	Areniscas de Otaño
369,30-473,88	Margas grises masivas con abundante pirita	Margas de Troya
473,88-661,55	Calizas grises con rudistas	Calizas de Troya

Tabla 4

A partir del metro 130 el sondeo es surgente con un caudal de unos 5 l/min. Entre los metros 508 - 510,40 y 511,45 – 512,20 la maniobra baja sin rotación y se produce la pérdida total del lodo de perforación y posteriormente aumenta la surgencia del sondeo. Se trata de una cavidad probablemente rellena de arcillas que provoca continuos problemas según avanza la perforación hasta que es preciso reducir a BQ en el metro 524,80. Las calizas se presentan muy fracturadas y con evidencias de karstificación hasta el metro 535. A partir de este punto la fracturación es escasa. La perforación finaliza en el metro 661,55 sin llegar a atravesar el paquete calizo.

Al término de las labores de entubación el sondeo es surgente con un caudal de 1,1 l/s.

Los materiales se disponen con un buzamiento importante entre 30° y 45 ° en la zona superior. A partir del metro 350 se incrementa el buzamiento hasta valores de 50°-55° este valor se mantiene hasta 433 m donde se localiza la última So clara que permite una medida del buzamiento. La distancia proyectada entre los sondeos TR-6 y TR-4: 200 m, y las cotas del techo de las calizas en el TR-4: 142 m.s.n.m y TR-6: -134 m.s.n.m. proporcionan un buzamiento de este contacto de 54,1° similar al máximo medido en el sondeo. Por lo tanto, parece evidenciarse que el sondeo se emplaza en una zona de flexión o de fractura sinsedimentaria. Es la estructura mas sencilla que permite justificar el importante cambio en el

buzamiento de la plataforma carbonatada que se hunde hacia el Norte con buzamientos 25° superiores a los que presenta 200 m mas al Sur. Además, esta estructura es congruente con los resultados de los sondeos DT-3 y TR-5B

5.5. Prueba de producción

Una vez retirados los equipos de perforación se ha realizado una prueba de producción en el sondeo. La prueba se ha realizado el 26 de marzo de 2003. Se ha instalado una bomba Grundfos modelo SQ 5 a 16 m de profundidad. El sondeo es surgente con un caudal ligeramente superior a 1 l/s. Se inicia el bombeo con un caudal de 2,5 l/s. A los 10 minutos el nivel dinámico alcanza la rejilla de la bomba. Se para el bombeo y se baja la bomba hasta una profundidad de 30 m. A las 10:20 h se reinicia el bombeo con un caudal de 2 l/s. En la figura 2 se presenta la evolución del nivel dinámico durante la prueba. Este caudal se mantiene durante 280 minutos deprimiéndose el nivel en el sondeo hasta los 29,89 m de profundidad. La recuperación se controla durante 100 minutos situándose el nivel a 17,90 m.

Las figuras 3 y 4 representan los gráficos $s\text{-}\log t$ y $s\text{-}\log(t+t')/t'$ que permiten, mediante la aplicación de la simplificación de Jacob, estimar la transmisividad hidráulica de la formación.

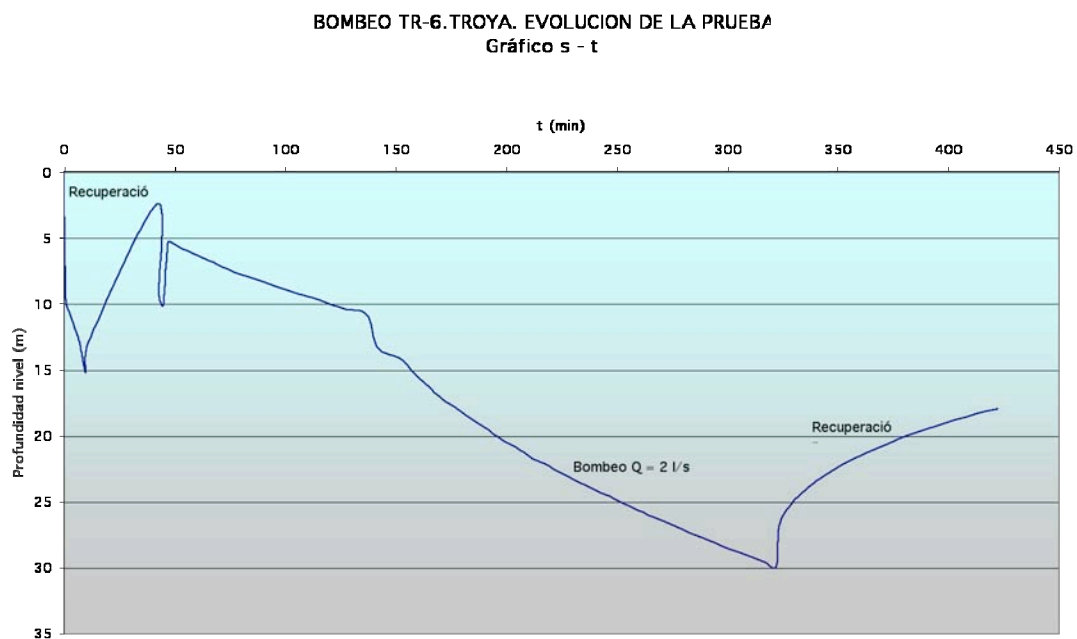


Figura 2

Los valores obtenidos son bajos, $0,8 \text{ m}^2/\text{d}$ a partir de los datos de bombeo y algo superior: $3 \text{ m}^2/\text{d}$ en función de los datos ofrecidos por la recuperación. Este valor se estima mas acertado al no estar influido por la pérdida de carga que se manifiestan durante el bombeo y que dada la longitud y diámetro del sondeo son importantes.



Figura 3

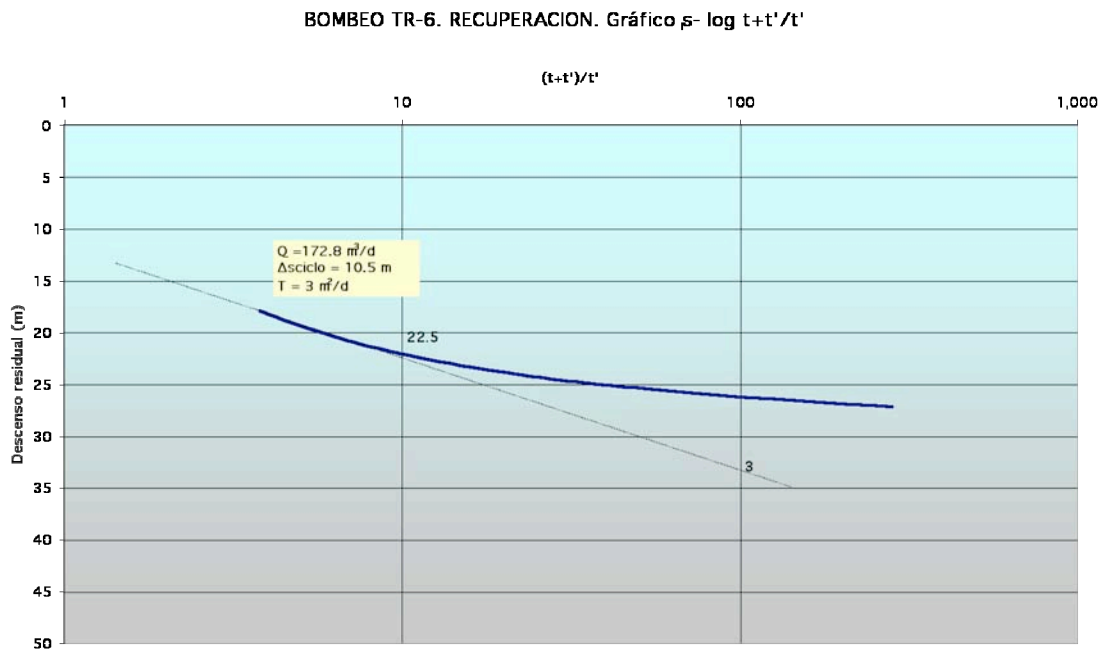


Figura 4

Sondeo de investigación TR-6. Acuífero TROYA. Gabiria (Gipuzkoa)

Este valor es del orden del obtenido en la prueba realizada en el sondeo DT-3 ($5 \text{ m}^2/\text{d}$) y corresponde a zonas del acuífero con una conexión muy deficiente con el acuífero principal.

La recuperación es muy deficiente y el descenso residual a los 100 minutos de finalizar el bombeo es de 17,40 m.

En el anexo 3 se incluye el listado con las mediciones realizados durante la prueba.



Prueba de producción en el sondeo TR-6

5.6. Hidroquímica

Durante la prueba realizada se han tomado muestras del agua bombeada y se han analizado *in situ* algunos parámetros. En el anexo 4 se adjunta el análisis completo realizado en el laboratorio de DFG.

Se trata de un agua muy mineralizada de facies marcadamente bicarbonatada sódica. La concentración de bicarbonatos es muy elevada, próxima a 600 mg/l. Los sulfatos alcanzan valores comparativamente bajos: 31,9 mg/l



labores de muestreo

Se trata de una agua fuertemente reductora con elevados contenidos de amonio: 2,04 mg/l, concentraciones importantes de metales disueltos como el cobre: 0,34 mg/l, plomo: 0,04 mg/l, cromo: 0,059 mg/l, níquel: 0,16 mg/l y muy elevadas de manganeso: 2,07 mg/l, zinc: 0,67 mg/l y especialmente hierro: 193 mg/l. La turbidez es elevada y está relacionada con la precipitación de los sulfuros de hierro y la importante presencia de materia orgánica (COT: 16,5 mg/l) muy abundante en las juntas estiliolíticas.

Por lo tanto, se puede concluir que el agua obtenida presenta una total identidad hidroquímica con el agua del sondeo DT-3 y muy poca relación con el agua del acuífero muestreada en la bocamina Norte y al sondeo TR-4, que se puede considerar como recurso renovable.

5.7. Resultados

El sondeo TR-6 corta el acuífero Troya en una zona de baja transmisividad caracterizada por una circulación reducida y mal conectada con la masa acuífera principal. Las características del acuífero atravesado difieren sustancialmente del identificado en el sondeo TR-4 donde cabría esperar caudales de explotación de cierta entidad. En estas condiciones, las posibilidades de que una obra de regulación aporte caudales de cierta entidad son muy bajas.

El sondeo muestra una evolución en el buzamiento de los materiales atravesados. Se va incrementado desde los 30°-40° en la parte mas superficial hasta valores de 55° por debajo del metro 350. Se evidencia la existencia de una flexión posiblemente, aunque no necesariamente, fallada que sumerge la plataforma caliza hacia el Norte y crea un “culo de saco” con unas condiciones hidrogeológicas francamente desfavorables. La ausencia de un flujo regional en esta estructura define una zona idónea para el desarrollo de los procesos de decantación que van colmatando la karstificación existente. La aportación de aguas profundas con un quimismo particular parece ser la recarga principal.

Por lo tanto, la zona de interés hidrogeológico de cara a una posible regulación desde el sector Norte del acuífero se limita al entorno del sondeo TR-4. Esto complica notablemente una futura explotación del acuífero al tener que recurrir para mantener el nivel abatido e impedir el anegamiento de las labores, bien al bombeo, bien a una solución tipo sondeo – galería, mucho mas cara en ejecución, que permita mantener la piezometría del acuífero al menos por debajo de la cota 300.

6. CONCLUSIONES

La perforación del sondeo de investigación hidrogeológica TR-6 en la zona norte del acuífero Troya, ha proporcionado los siguientes resultados:

- El sondeo se ha emplazado 200 m al Norte del TR-4, a cota 340. Ha sido perforado por el método de rotación con extracción continua de testigo y ha alcanzado una profundidad de 661,55 m.
- La serie atravesada por el sondeo es :

Prof. (m)	Litología	Formación
0,00-102,60	Lutitas negras con pirita	Supraurgoniano
102,60-230,60	Margas grises masivas con algo pirita	Margas de San Prudencio
230,60-369,30	Lutitas negras con niveles intercalados de areniscas	Areniscas de Otaño
369,30-473,88	Margas grises masivas con abundante pirita	Margas de Troya
473,88-661,55	Calizas grises con rudistas	Calizas de Troya

- Las calizas se hallan fracturas y karstificadas especialmente entre los metros 508 y 520. Durante la perforación se registran pérdidas totales de circulación en el metro 508. Posteriormente se observa un incremento en el caudal de surgencia hasta algo mas de 1 l/s.
- El sondeo se ha entubado con tubería de acero galvanizada de \varnothing 2". Entre los metros 0 y 35 se ha instalado tubería de \varnothing 3" para conformar una cámara de bombeo.
- La situación relativa del contacto de techo de las calizas de Troya en los sondeos TR-4 y TR-6 implica un buzamiento de 54°, similar al medido en el TR-6 a partir del metro 350 (55°). Por lo tanto, parece asegurada la continuidad geométrica entre el bloque Norte levantado y las calizas cortadas en el TR-6.
- El 26 de marzo se realiza una prueba de producción con un caudal de bombeo de 2 l/s que abate el nivel dinámico en el sondeo hasta 29,60 m de profundidad. Revela una transmisividad del acuífero muy baja, del orden de 3 m²/d, análoga a la calculada para el sondeo DT-3 y muy inferior a la del acuífero en el sondeo TR-4: 107 m²/d.

- La analítica de muestras de las agua obtenidas revela un quimismo muy parecido al del sondeo DT-3. Se trata de un agua bicarbonatada sódica, muy reductora con importantes contenidos de metales disueltos, especialmente hierro y manganeso. Se detectan importantes contenidos de materia orgánica y destaca la pátina negra de sulfuros que precipita en las muestras obtenidas.
- Es evidente que la conexión de esta parte del acuífero con la masa principal es deficiente y que la estructura atravesada constituye una especie de culo de saco definido por el hundimiento de las calizas hacia el Norte y la ausencia de flujos regionales profundos. La circulación en el acuífero parece limitada a franjas mas superficiales y la conexión geométrica no implica una relación hidráulica paralela.
- El sondeo TR-6 limita la zona de interés de cara a una posible explotación del acuífero Troya, además del ya construido sondeo DTH-1, al entorno del sondeo TR-4. En las inmediaciones del TR-4 el acuífero presenta una transmisividad superior a $100 \text{ m}^2/\text{d}$ similar a la constatada en los pozos de drenaje de la mina Troya y en principio suficiente para proporcionar caudales de explotación del orden de 40-60 l/s.
- Un sondeo de explotación en este emplazamiento tendría el nivel estático localizado a 40 m de profundidad. En consecuencia, la altura manométrica de bombeo se vería reducida en unos 80 m con respecto al sondeo DTH-1. Económicamente esta altura inferior de bombeo supone un ahorro de $0,03 \text{ €/m}^3$ bombeado o, lo que es lo mismo, un ahorro de 130 € por cada día de bombeo con un caudal de explotación estimado de 50 l/s.
- En una fase posterior en el supuesto de obtenerse rendimientos superiores, o plantearse una explotación intensiva del sondeo construido, se podría proyectar una obra de intercepción del sondeo a cota 280 que permitiera el desagüe por gravedad del acuífero. Se mantendría desanegada, sin bombeo, la zona de labores con potencial contaminante máximo mejorando la calidad del recurso.

Anexo 1. Hojas de testificación del sondeo TR-6

[illegible]

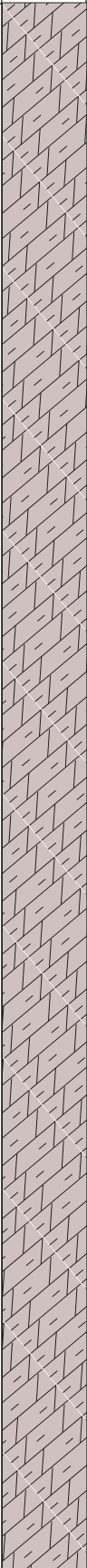
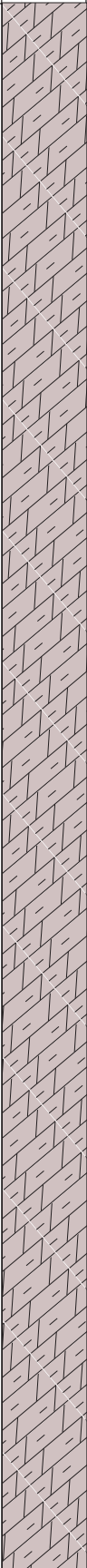
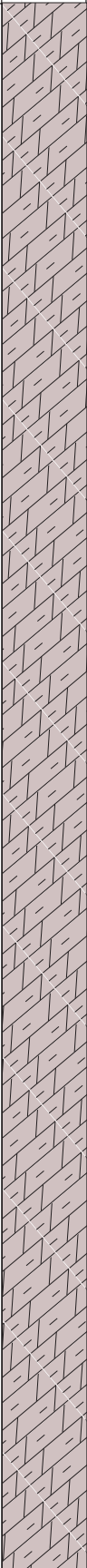
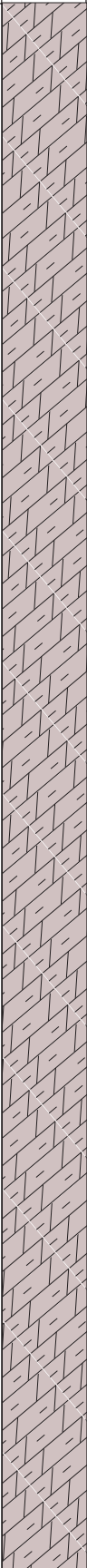
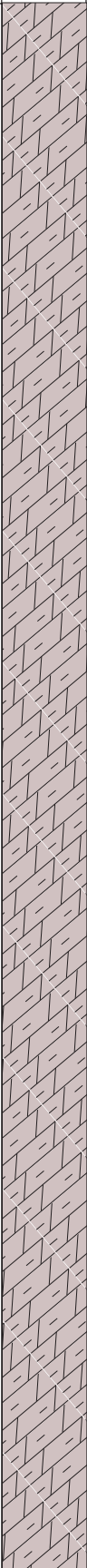
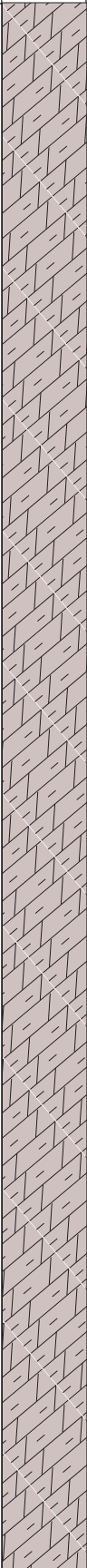
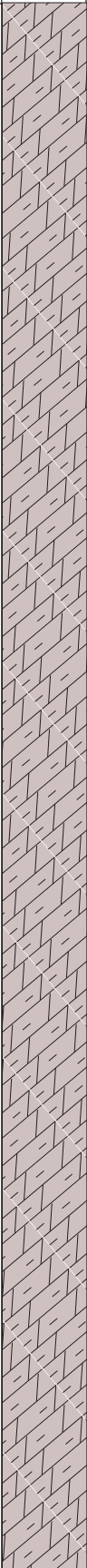
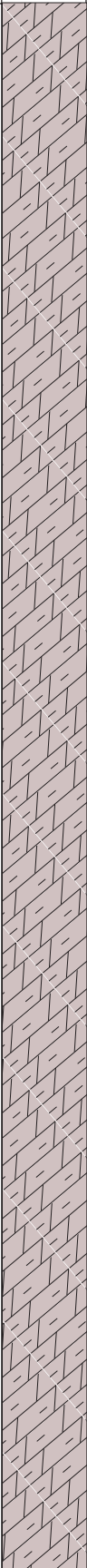
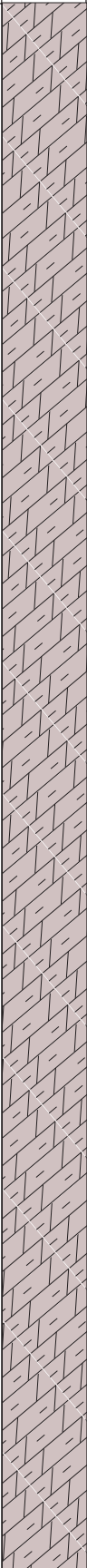
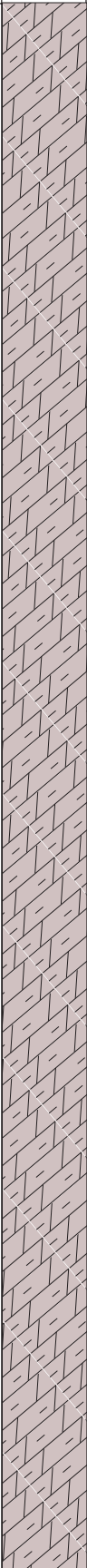
Sondeo: TR-6										Página: 4 de 67					
Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación		Fracturación	Alteración	Karsificación	Granulometría				Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25% 50% 75%		Baja Media Alta	Baja Media Alta		Silt Muy fino Fino Medio Gruoso Muy grueso							
	25,45											LUTITAS NEGRAS MASIVAS CON PIRITA DISEMINADA			
26															
27															
												BRECHA DE CALCITA Y LUTITA MINERALIZADA CON PIRITA			
28															
28,45															
												LUTITAS NEGRAS MASIVAS CON CANTOS DE CALIZA Y PIRITA			
29															
30															
31															
31,45															
32															
33															
												LUTITAS NEGRAS CON PIRITA			
34															
34,45															
35															

Sondeo: TR-6											Página: 6 de 67							
Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración	Karstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25% 50% 75%	Baja Media Alta	Baja Media Alta	Silt Muy fino Fino Medio Grueso Muy grueso												
	45,40													LUTITAS NEGRAS MASIVAS CON PIRITA DISEMINADA.				
	46																	
	47																	
	48																	
	48,50		100%											ARENISCAS NEGRAS CON PIRITA				
	49																	
	50																	
	50,50			90%														
	51													LUTITAS NEGRAS MASIVAS CON PIRITA DISEMINADA. OCASIONALMENTE LUTITAS ARENOSAS				
	52			100%														
	52,45																	
	53																	
	54																	
	54,70																	
	55																	

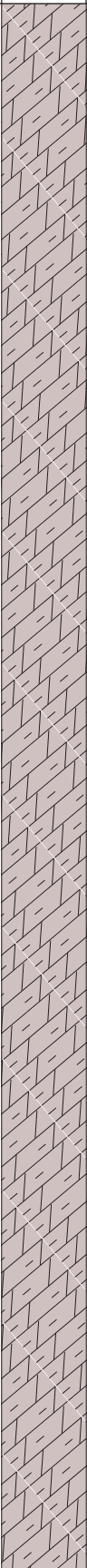
[illegible]

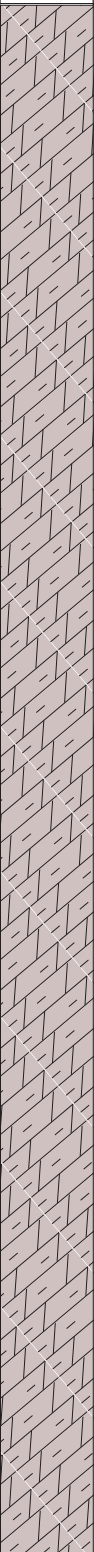

[illegible]

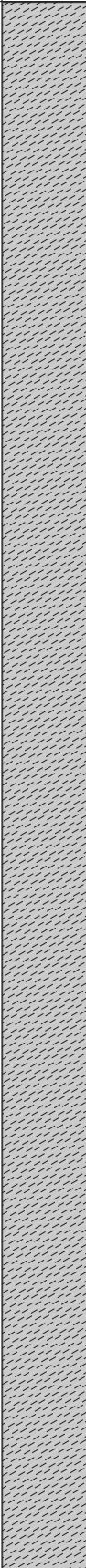
[illegible]

Sondeo: TR-6											Página: 15 de 67									
Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración	Karstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación		
			25%	50%	75%	Baja	Media			Alta	Baja	Media	Alta	Silt					Muy fino	Fino
136	136,45		100%																	
137	139,45		100%																	
138	142,45		100%																	
139																				
140																				
141																				
142																				
143																				
144																				
145																				

MARGAS GRISES MASIVAS CON ALGUNOS
CRISTALES DE PIRITA Y VENAS DE CALCITA
SUBVERTICALES



Sondeo: TR-6											Página: 17 de 67						
Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación		Fracturación		Alteración	Karstificación	Granulometría				Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación	
			25% 50% 75%		Baja Media Alta				Baja Media Alta		Silt Muy fino Fino Medio Grueso Muy grueso						
156																	
	156,75																
157																	
158																	
159																	
	159,75																
160																	
161																	
162																	
	162,75																
163																	
164																	
165																	

Sondeo: TR-6											Página: 23 de 67							
Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Karsificación	Granulometría				Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Baja	Media	Alta	Baja		Media	Alta	Silt	Muy fino				
215,25	216																	
216,75	217																	
218	219																	
219,75	220																	
221	222																	
222,75	223																	
224	225																	

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación	Alteración	Karsificación	Granulometría						Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento Formación
			25%	50%	75%	Baja Media Alta	Baja Media Alta		Silt	Muy fino	Fino	Medio	Gruoso	Muy grueso			
	276														LUTITAS NEGRAS CON CANTOS DE CALIZA MAS FRECUENTES ENTRE 281 Y 290 M.		
	277																
	277,45																
	278																
	279																
	280																
	280,45																
	281																
	282																
	283																
	283,45																
	284																
	285																


[illegible]

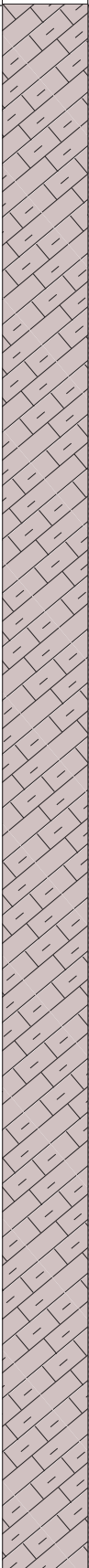

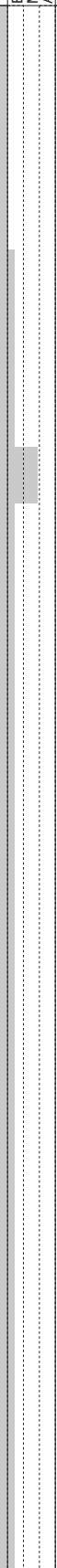



[illegible]






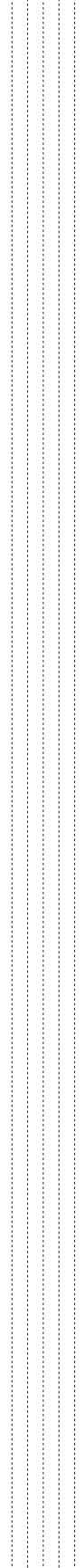






Sondeo: TR-6													Página: 34 de 67					
Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación		Fracturación	Alteración	Karstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación		
			25%	50%				75%	Baja	Media	Alta	Baja					Media	Alta
			100%															
326																		
327																		
	327,25																	
328																		
329																		
330	330,25																	
331																		
332																		
333																		
	333,30																	
334																		
335			85%															

[illegible]

Sondeo: TR-6											Página: 36 de 67							
Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Karsificación	Granulometría				Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Baja	Media	Alta	Baja		Media	Alta	Silt	Muy fino				
			100%												ARENISCAS GRISES Y LUTITAS NEGRAS CON PIRITA. ALTERNANCIA DE CAPAS CENTIMÉTRICAS		50°	
346	345,95		95%															
			85%															
			100%															
			45%															
			100%															
			100%															

Profundidad (m)		Litología	Recuperación			Fracturación			Alteración			Karsificación	Granulometría						Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento
Profundidad manidora (m)																					
			25%	50%	75%	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta		Silt	Muy fino	Fino	Medio	Gruoso	Muy grueso			
376	376,45																	MARGAS GRISES MASIVAS CON ALGO DE PIRITA			
377	378																				
379	379,45																				
380	381																				
382	382,45																				
383	384																				
385																					

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación	Fracturación	Alteración	Karstificación	Granulometría	Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25% 50% 75%	Baja Media Alta	Baja Media Alta	Karstificación	Silt Muy fino Fino Medio Grueso Muy grueso				
426								MARGAS GRISES MASIVAS CON PIRITA INTERCALACIONES CENTIMÉTRICAS DE CALIZAS EN: 418,20 M			
427											
427,45											
428											
428,70											
429											
430											
430,45											
431											
431,75											
432											
433											
433,45											
434											
435											

Sondeo: TR-6													Página: 45 de 67									
Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Karsificación	Granulometría					Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación			
			25%	50%	75%	Baja	Media	Alta	Baja		Media	Alta	Silt	Muy fino	Fino					Medio	Grueso	Muy grueso
436	436,45													MARGAS GRISES MASIVAS CON PIRITA INTERCALACIONES CENTIMÉTRICAS DE CALIZAS EN: 418,20 M								
437																						
438																						
439																						
439,45																						
440																						
441																						
442																						
442,45																						
443																						
444																						
445																						

MARGAS GRISES MASIVAS CON PIRITA
INTERCALACIONES CENTIMÉTRICAS DE CALIZAS EN:
418,20 M

100%

[illegible]

Sondeo: TR-6											Página: 48 de 67							
Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación		Fracturación		Alteración		Karstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Baja	Media	Alta		Baja	Media	Alta	Silt	Muy fino				
466																		
466,45																		
467																		
468																		
469	469,05																	
470																		
471																		
472																		
472,45																		
473																		
474																		
475																		
MARGAS GRISES MASIVAS CON PIRITA																		
473,88																		
CALIZAS GRISES MICRÍTICAS RECRISTALIZADAS.																		
MINERALICIONES CON ESFALERITA EN:																		
473,88 M																		
475 M																		


[illegible]

Sondeo: TR-6											Página: 52 de 67								
Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación		Fracturación		Alteración		Karstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación	
			25%	50%	75%	Baja	Media	Alta		Baja	Media	Alta	Silt	Muy fino					Fino
	505,45		100%																
	506																		
	507		85%																
	508																		
	508,45																		
	509																		
	510		15%																
	511																		
	511,45																		
	512																		
	513		80%																
	514																		
	514,45																		
	515		100%																
508,45 m CAVIDAD. APORTE DE AGUA SONDEO SURGENTE. A CONTINUACIÓN PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN																			
CALIZAS BRECHOIDES CON CEMENTO ESPARÍTICO, CANTOS ANGULOSOS DE MICRITA Y ABUNDANTES FRAGMENTOS DE FÓSILES. ENTRE 503-507 M, MAS ARCILLOSAS 511 M PÉRDIDAS TOTALES DE CIRCULACIÓN																			

[illegible]

[illegible]

Sondeo: TR-6													Página: 56 de 67					
Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Karstificación	Granulometría				Descripción	Estructuras fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Baja	Media	Alta	Baja		Media	Alta	Silt	Muy fino				
546																		
547																		
	547,10																	
548																		
549																		
550																		
	550,10				100%													
551																		
552																		
553																		
	553,10																	
554																		
555																		


Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación	Alteración	Karsificación	Granulometría						Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	
			25%	50%	75%	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	Silt	Muy fino	Fino				Medio
576																		
577	577,10																	
578																		
579																		
580	580,10																	
581																		
582																		
583	583,10																	
584																		
585																		

[illegible]

[illegible]

[illegible]

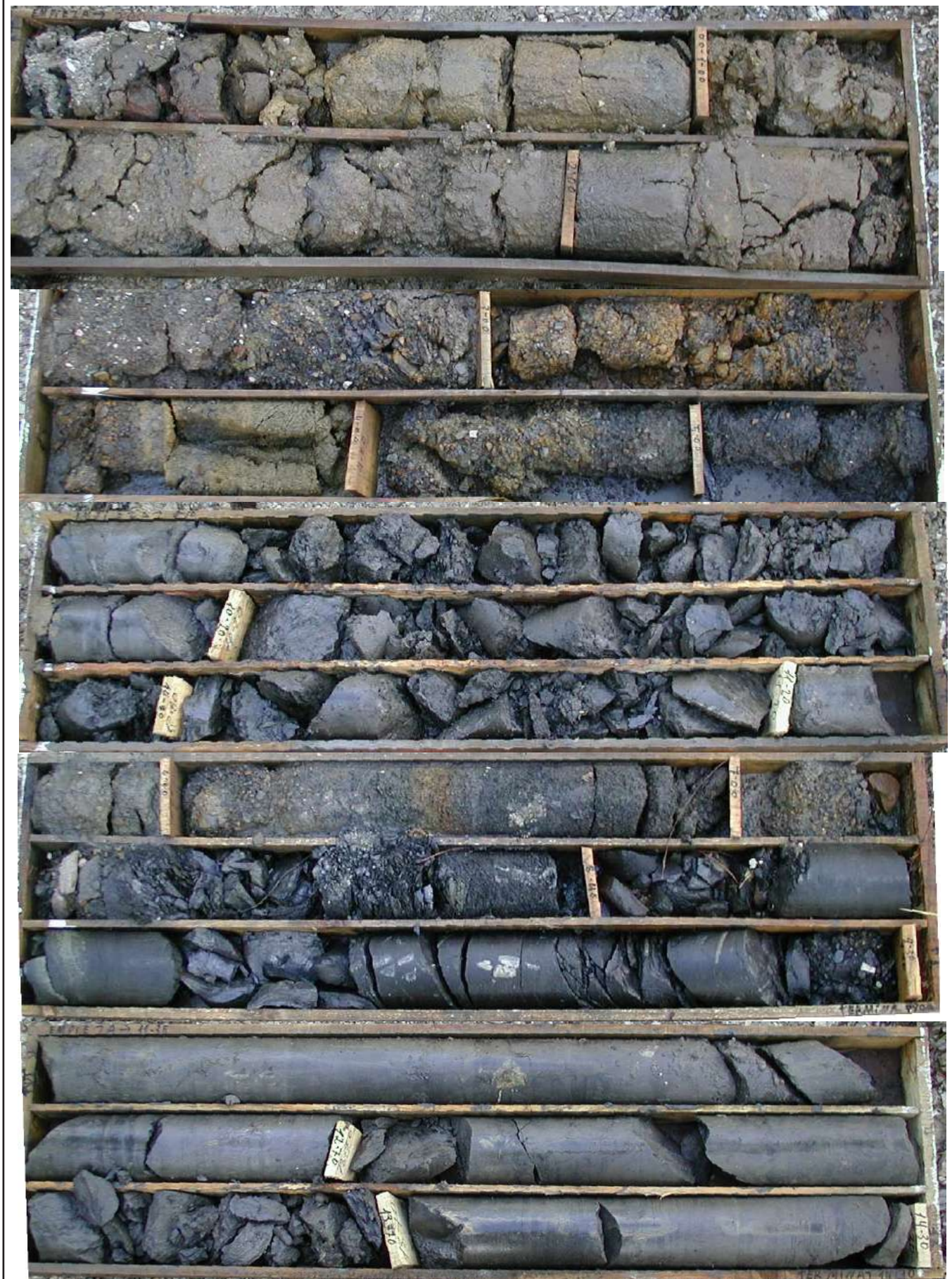
[illegible]

Sondeo: TR-6												Página: 67 de 67					
Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación	Alteración	Karstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%				Silt	Muy fino	Fino	Medio	Grueso				
	655,55													CALIZAS MICRÍTICAS CON RUDISTAS. HASTA 660,50 IMPORTANTE RECRISTALIZACIÓN			
	656																
	657																
	658																
	658,55																
	659																
	660				100%												
	661																
	661,55																
	662													CALIZAS MICRÍTICAS CON ABUNDANTES RUDISTAS			
	663																
	664																
	665																

Anexo 2. Fotografías del testigo del sondeo TR-6

SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

0-14,30 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

14,30 - 33,50 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

33,50 - 54,35 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOOLÓGICA TR-6. GABIRIA

54,35 - 74,40 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

74,40 - 91,45 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

91,45 - 117,45 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

117,45-138,50 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

138,50-160,65 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

160,65 -182,40 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

182,40-204,60 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

204,60-221,85 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

221,85-239,20 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

239,20 - 261,15 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

261,15 - 283,20 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

283,20 - 302,70 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

302,70 - 324,75 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOOLÓGICA TR-6. GABIRIA

324,75 - 346,95 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

346,95 - 367,70 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

367,70 - 389,60 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

389,60 - 407,85 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

407,85 - 426,20 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

426,20 - 448,10 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

448,10 - 469,05 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

469,05 - 490,80 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOOLÓGICA TR-6. GABIRIA

490,80 - 514,10 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

514,10 - 532,80 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

532,80 - 553,60 m



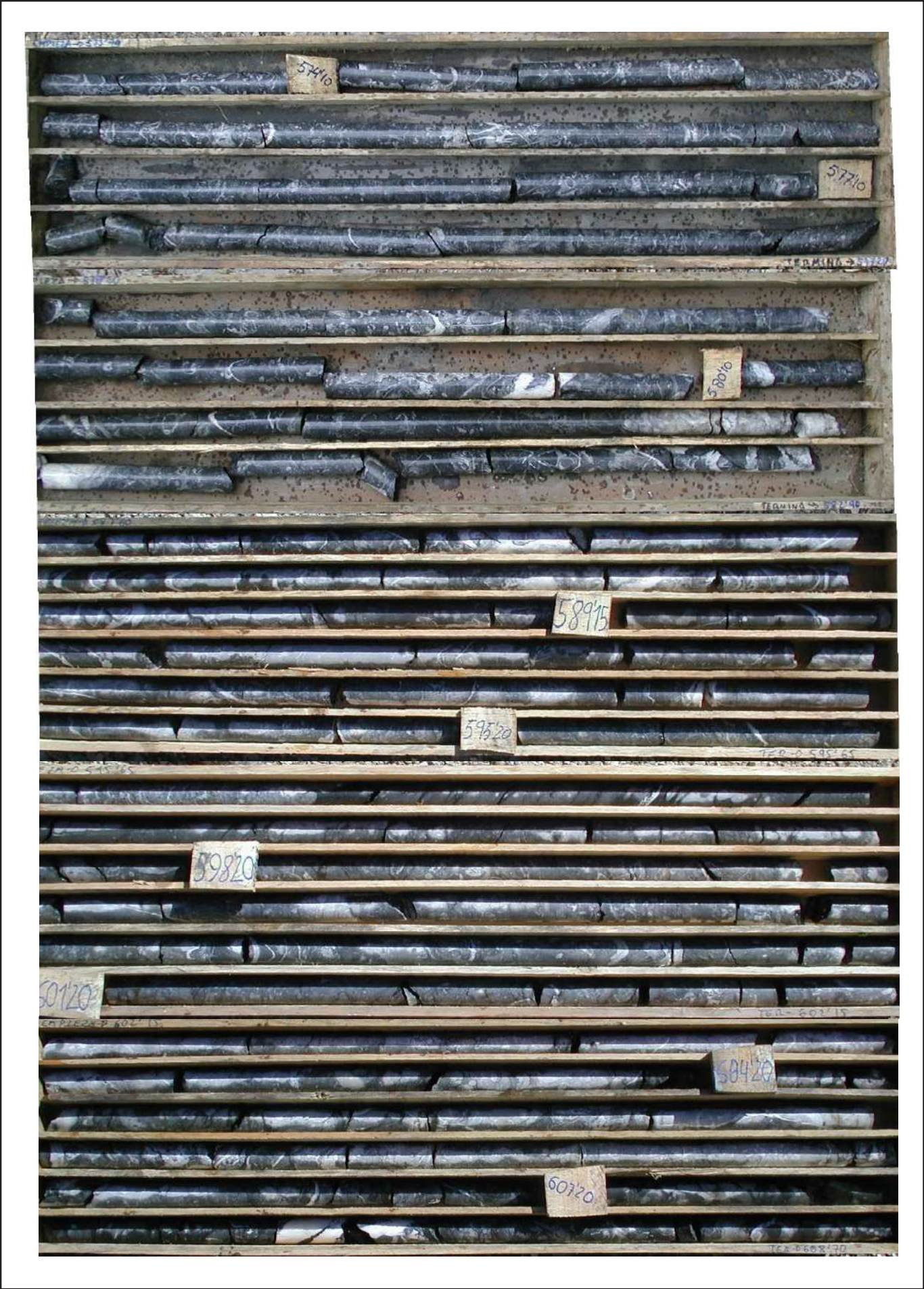
SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

553,60 - 573,70 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

573,70 - 608,70 m



SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

608,70 - 641,25 m




SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOOLÓGICA TR-6. GABIRIA

641,25 - 661,55 m



Anexo 3. Parte de bombeo del sondeo TR-6

Prueba de Producción							
Sondeo TR-6 Gabiria						26/3/03	
Hora - min	t parc.	t tot.	Prof(m)	Des(m)	(t+t')/t'	Q(l/s)	Observaciones
26/3/03 09:38	0	0	0.00	0.00		≈ 2.5	
26/3/03 09:39	1	1	9.80	9.80			
26/3/03 09:41	3	3	10.80	10.80			
26/3/03 09:43	5	5	11.94	11.94			
26/3/03 09:45	7	7	12.80	12.80			
26/3/03 09:48	10	10	15.20	15.20			SE PARA BOMBEO PARA BAJAR LA BOMBA
26/3/03 09:49	1	11	13.00	13.00			
26/3/03 10:20	32	42	2.43	2.43			
26/3/03 10:21	1	43	9.32	9.32		≈ 2	
26/3/03 10:23	3	45	10.10	10.10			
26/3/03 10:25	5	47	5.30	5.30			
26/3/03 10:27	7	49	5.39	5.39			
26/3/03 10:30	10	52	5.66	5.66			
26/3/03 10:35	15	57	6.04	6.04			
26/3/03 10:40	20	62	6.44	6.44			
26/3/03 10:45	25	67	6.79	6.79			
26/3/03 10:55	35	77	7.56	7.56			
26/3/03 11:05	45	87	8.10	8.10			
26/3/03 11:15	55	97	8.71	8.71			
26/3/03 11:25	65	107	9.26	9.26			
26/3/03 11:35	75	117	9.77	9.77			
26/3/03 11:45	85	127	10.35	10.35			
26/3/03 11:55	95	137	10.80	10.80			
26/3/03 12:00	100	142	13.30	13.30		2.00	
26/3/03 12:10	110	152	14.08	14.08			
26/3/03 12:15	115	157	14.95	14.95			
26/3/03 12:20	120	162	15.76	15.76			
26/3/03 12:25	125	167	16.59	16.59			
26/3/03 12:30	130	172	17.27	17.27			
26/3/03 12:35	135	177	17.80	17.80		2.00	
26/3/03 12:40	140	182	18.42	18.42			
26/3/03 12:45	145	187	18.99	18.99			
26/3/03 12:50	150	192	19.54	19.54			
26/3/03 12:55	155	197	20.10	20.10			
26/3/03 13:00	160	202	20.63	20.63			
26/3/03 13:05	165	207	21.10	21.10			
26/3/03 13:10	170	212	21.70	21.70			
26/3/03 13:15	175	217	22.05	22.05			
26/3/03 13:20	180	222	22.52	22.52			
26/3/03 13:25	185	227	22.96	22.96			
26/3/03 13:30	190	232	23.40	23.40		2.00	
26/3/03 13:35	195	237	23.82	23.82			
26/3/03 13:40	200	242	24.22	24.22			
26/3/03 13:45	205	247	24.60	24.60			
26/3/03 13:50	210	252	25.01	25.01			
26/3/03 13:55	215	257	25.39	25.39			
26/3/03 14:00	220	262	25.79	25.79			
26/3/03 14:05	225	267	26.16	26.16			
26/3/03 14:10	230	272	26.51	26.51			
26/3/03 14:15	235	277	26.88	26.88			
26/3/03 14:20	240	282	27.24	27.24			
26/3/03 14:25	245	287	27.59	27.59			
26/3/03 14:30	250	292	27.92	27.92			
26/3/03 14:35	255	297	28.29	28.29			
26/3/03 14:40	260	302	28.62	28.62			
26/3/03 14:45	265	307	28.94	28.94			
26/3/03 14:50	270	312	29.26	29.26			
26/3/03 14:55	275	317	29.58	29.58			
26/3/03 15:00	280	322	29.89	29.89		1.85	
26/3/03 15:01	1	323	27.20	27.20	281.0		RECUPERACIÓN
26/3/03 15:03	3	325	26.13	26.13	94.3		
26/3/03 15:07	7	329	25.11	25.11	41.0		
26/3/03 15:10	10	332	24.57	24.57	29.0		
26/3/03 15:15	15	337	23.82	23.82	19.7		
26/3/03 15:20	20	342	23.20	23.20	15.0		
26/3/03 15:30	30	352	22.18	22.18	10.3		
26/3/03 15:40	40	362	21.35	21.35	8.0		
26/3/03 15:50	50	372	20.60	20.60	6.6		
26/3/03 16:00	60	382	19.93	19.93	5.67		
26/3/03 16:10	70	392	19.35	19.35	5.00		
26/3/03 16:20	80	402	18.81	18.81	4.50		
26/3/03 16:30	90	412	18.32	18.32	4.11		
26/3/03 16:40	100	422	17.90	17.90	3.80		

Anexo 4. Análisis químico de muestra de agua del sondeo TR-6

Nekearitzako Ingenieruen Departamentua
Departamentu de Agricultura y Medio Ambiente

Nekearitzako Laborategia
Laboratorio Agrario



Gipuzkoako Foru Aldundia
Diputación Foral de Gipuzkoa

Apt. 240 / 20150 Zizurkil (Gipuzkoa)
Tf. 943.691.064 - 943.692.098 / Fax 943.693.304

AZTERKETA TXOSTENA / INFORME DE ENSAYO

Sarrera data / Fecha de entrada 2003-03-07

Alpamena / Su referencia Mina Troya T-6

Erregistro zk. / Número de registro 200301054

Lagina / Muestra de Agua de manantial -
Nork bidalia / Remitida por Dirección de Obras Hidráulicas (D.F.G.)

SAN SEBASTIAN

Telefona / Teléfono

Nondik bidalia / Procedencia Pabi TAMES

Oharrak / Observaciones

Fecha de Análisis Azterketa data	
Inizio Hasiera	2003-03-11
Fin Amalera	2003-04-11

EGINDAKO ZAHAZTAPENAK DETERMINACIONES REALIZADAS		Metodoa Método	Emaitza Resultado	Unitateak Unidades
Cobre	(Cu)	ICP	0,34	mg/l
Cadmio	(Cd)	ICP	< 0,02 mg/l	
Plomu	(Pb)	ICP	0,04	mg/l
Cromo	(Cr)	ICP	0,59	mg/l
Niquel	(Ni)	ICP	0,16	mg/l
pH	(25°C)	PNTE/LF303	6,8	
Conductibildad elektrikoa	25°C	PNTE/LF301	1170	µS/cm
Turbidez		PNTE/LF302	428	NTU
Alcalinitas	Bicarbonatos (CO ₃ H-)	SM 2320 (mod.)	598	mg/l
Silice	(SiO ₂)	ICP	4,03	mg/l
Anionen	Cloruros (Cl-)	HPLC	111	mg/l
	Sulfatos (SO ₄ =)	HPLC	31,9	mg/l
	Nitratos (NO ₃ -)	HPLC	< 0,50 mg/l	
Nitritos	(NO ₂ -)	P/N 000143	0,310	mg/l
Amonia	(NH ₄)	P/N 000156	2,04	mg/l
Ortofosfatos	(PO ₄)	P/N 000148/149	0,05	mg/l
Oxidabildad al permanganato	(O ₂)	Rodier	32	mg/l
Carbono Orgánico Total	(C)	SM 53100 (mod.)	16,5	mg/l
Coeficiente de Abs. Espectral	C.A.E. a 254 nm.		39	

OHARRAK: Zahaztapen hauen emaitza bakar-bakarrik degokio azterketa lortzeko.

Txosten hau ezin da zatiak hartu eta zabaldu Laborategiak idatziz baimendu ez bada.

NOTAS: - Los resultados de las determinaciones sólo afectan a la muestra sometida al ensayo
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.

ORRI / HOJA 1 de 2

Nekazaritza eta Ingurumen Departamendua
Departamentu de Agricultura y Medio Ambiente



Gipuzkoako Foru Aldundia
Diputación Foral de Gipuzkoa

Nekazaritza Laborategia
Laboratorio Agrario

Apt. 240 / 20159 Zizurkil (Gipuzkoa)
Tel. 943.691.064 • 943.692.094 / Fax 943.693.304

AZTERKETA TXOSTENA / INFORME DE ENSAYO

Sarrera data / Fecha de entrada 2003-03-07

Aipamena / Su referencia Mina Troya T-6

Erregistro zk. / Número de registro 200301054

EGINDAKO ZAHAZTAPENAK DETERMINACIONES REALIZADAS

		Metodoa Método	Emaitza Resultado	Unitateak Unidades
Kationes	Calcio (Ca)	ICP	48,7	mg/l
	Magnesio (Mg)	ICP	5,09	mg/l
	Sodio (Na)	ICP	248	mg/l
	Potasio (K)	ICP	3,19	mg/l
Hiera	(Fe)	ICP	193	mg/l
Manganeso	(Mn)	ICP	2,07	mg/l
Cinka	(Zn)	ICP	0,67	mg/l



Sin. / Fdo.: Domingo Marino Merino

Zuzendaria / Director

OHARRAK: Zehaztapen hauek emaitza bakar-bakarrrik dagoen aztertuako laginarik.

Txosten hau ezin da zatika hartu eta zabaldu Laborategioak idetziz baimendu ez badu.

NOTAS: - Los resultados de las determinaciones sólo afectan a la muestra sometida al ensayo

- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.