



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 PÚBLICAS Y URBANISMO  
Dirección General de Obras Hidráulicas

## SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. TROYA Gabiria (Gipuzkoa)

Noviembre de 2003



**EVE**

INDICE

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

## **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 km<sup>2</sup>. 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 químismo de esta agua e investigar las posibilidades de regulación de este acuífero.

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

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 km<sup>2</sup>, 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 km<sup>2</sup>, y una cuenca vertiente adicional de 0,8 km<sup>2</sup>. 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 Hm<sup>3</sup>/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 Hm<sup>3</sup> 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  $8 \times 10^{-3}$ . La transmisividad obtenida en los distintos sondeos varía entre 200 y 400 m<sup>2</sup>/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 perfura el sondeo DTH-1 en las inmediaciones del caserío Argindeggi 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 m<sup>2</sup>/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 m<sup>2</sup>/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*

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	13 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*



### **Cimentación**

En previsión de la surgencia del sondeo, que se podría producir al alcanzar el techo de las calizas, se cimenta el anular entre la tubería de ø 113 mm y la perforación mediante la inyección de 160 litros de lechada de cemento de densidad 1,80 gr/cm<sup>3</sup>. Se emplean 3 Kg. de NaOH como acelerante del fraguado.

### **Acabado**

El sondeo se acaba con un pequeño machón de hormigón de 40 x 40 x 30 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 azimut 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 88º en la medida de fondo y 86º 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.

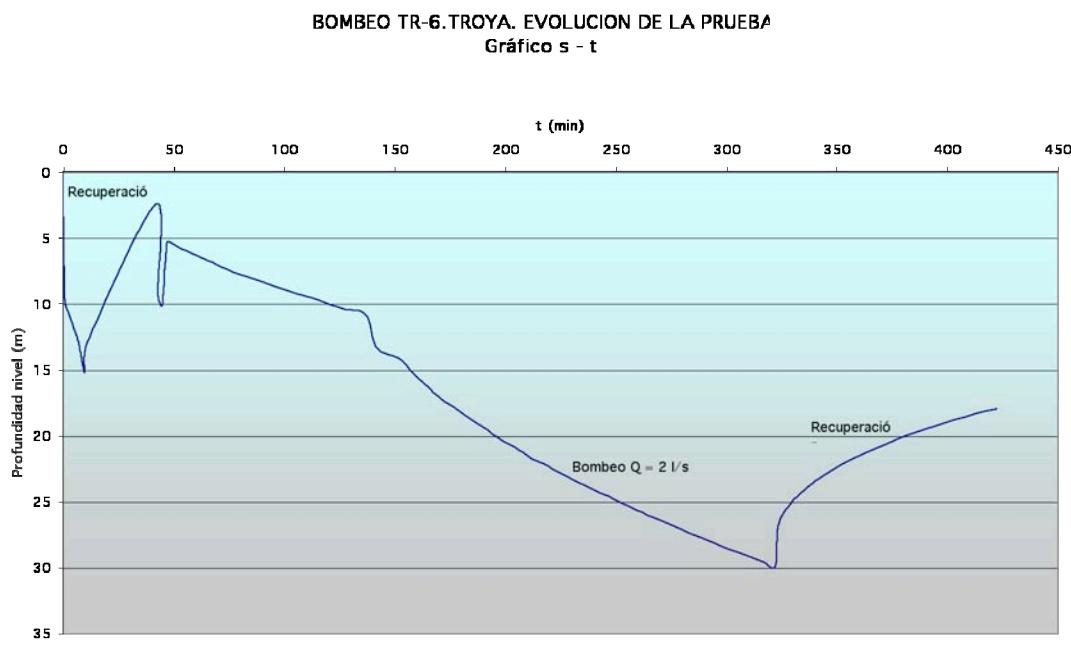
Los materiales se disponen con un buzamiento importante entre 30° y 45 ° en la zona superior. A partir del metro 350 se incrementa el buzamiento hasta valores de 50°-55° este valor se mantiene hasta 433 m donde se localiza la última So clara que permite una medida del buzamiento. La distancia proyectada 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 sín sedimentaria. Es la estructura más 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

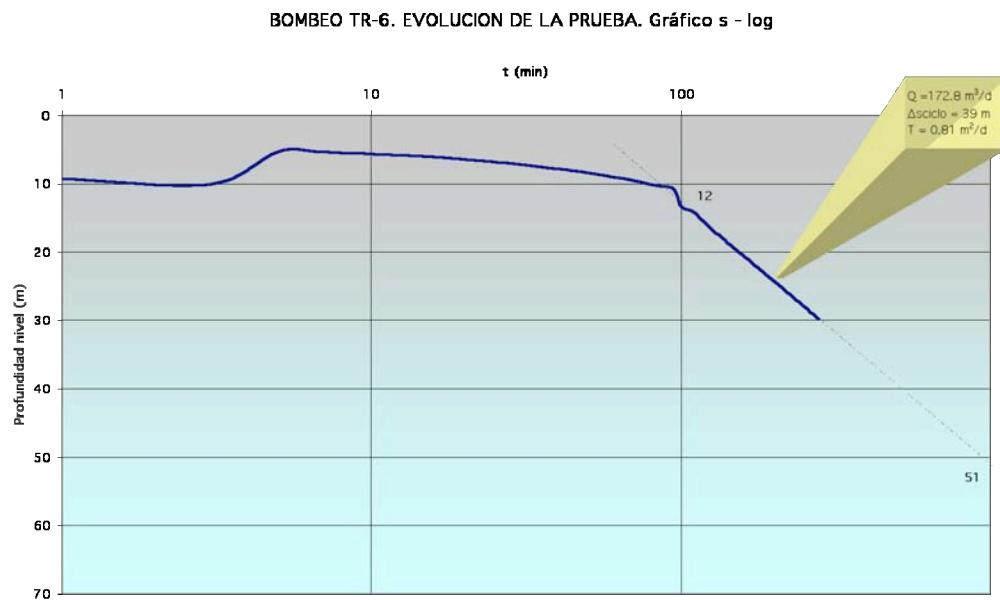
Una vez retirados los equipos de perforación se ha realizado una prueba de producción en el sondeo. La prueba se ha realizado el 26 de marzo de 2003. Se ha instalado una bomba Grundfos modelo SQ 5 a 16 m de profundidad. El sondeo es surgente con un caudal ligeramente superior a 1 l/s. Se inicia el bombeo 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  $s-\log t$  y  $s-\log(t+t')/t'$  que permiten, mediante la aplicación de la simplificación de Jacob, estimar la transmisividad hidráulica de la formación.

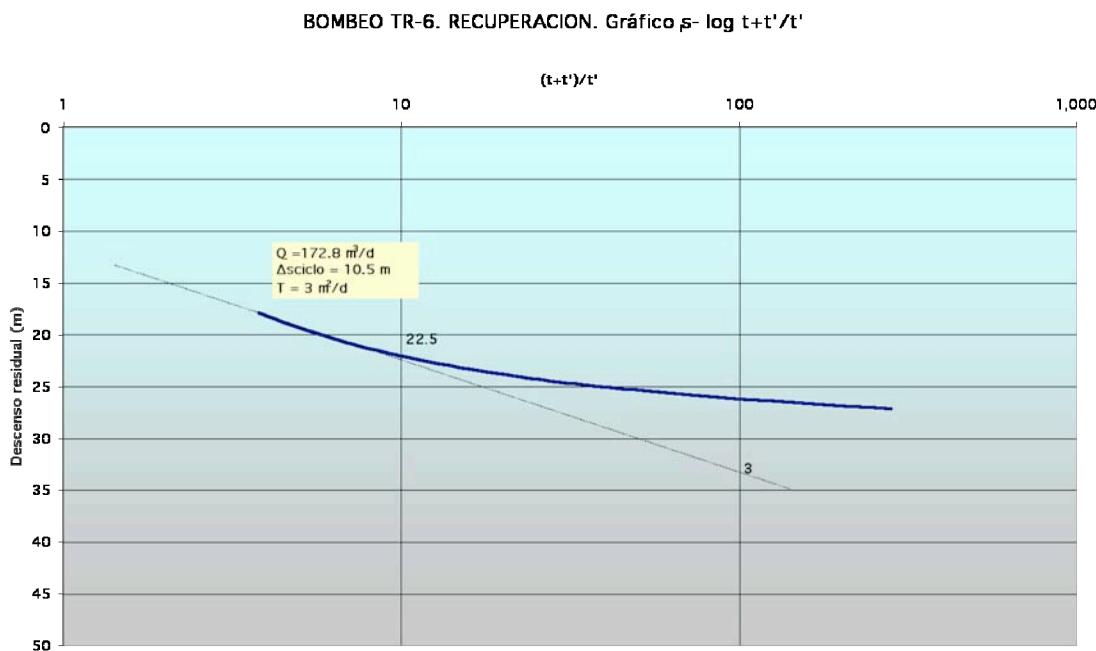


**Figura 2**

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 incrementando desde los 30º-40º en la parte mas superficial hasta valores de 55º 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

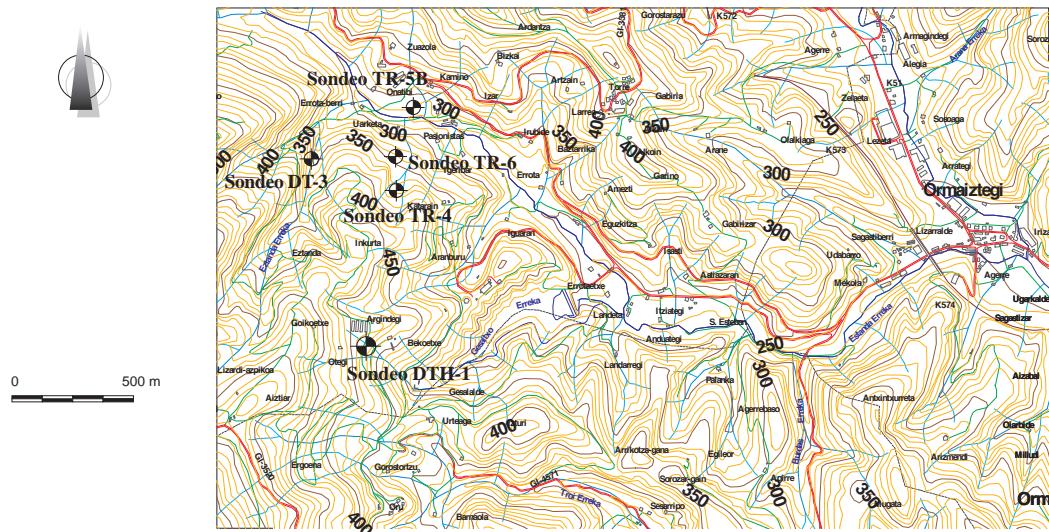
- Las calizas se hallan fracturadas y karstificadas especialmente entre los metros 508 y 520. Durante la perforación se registran pérdidas totales de circulación en el metro 508. Posteriormente se observa un incremento en el caudal de surgencia hasta algo mas de 1 l/s.
- El sondeo se ha entubado con tubería de acero galvanizada de ø 2". Entre los metros 0 y 35 se ha instalado tubería de ø 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 m<sup>2</sup>/d, análoga a la calculada para el sondeo DT-3 y muy inferior a la del acuífero en el sondeo TR-4: 107 m<sup>2</sup>/d.

- La analítica de muestras de las aguas obtenidas revela un químismo 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  $0,03 \text{ } / \text{m}^3$  bombeado o, lo que es lo mismo, un ahorro de 130 l/s 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**

LOCALIZACIÓN	CARACTERÍSTICAS	
Territorio Histórico: <b>Gipuzkoa</b>	Método: <b>Rotación con extracción continua de testigo</b>	
T.M.: <b>Gabiria</b>	Inicio: <b>28/01/03</b>	
UTMX: <b>557.515</b>	Finalización: <b>10/03/03</b>	
UTMY: <b>4.766.570</b>	Profundidad final: <b>661,35 m</b>	DIPUTACION FORAL DE GIPUZKOA DEPARTAMENTO DE OBRA PÚBLICAS Y URBANISMO Dirección General de Obras Hidráulicas
Cota (m): <b>340</b>	Profundidad nivel piezométrico: <b>surgente</b>	DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE Y PROTECCIÓN DEL TERRITORIO Dirección de Aguas

## MAPA DE SITUACIÓN



Profundidad (m)	Profundidad manóbra (m)	Litológia	Descripción				Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Recuperación			
6,00									
7,00									
8,40									
9,30									
10,20									
10,80									
11,40									
11,70									
12,70									
13,70									
14,30									
15									

LUTITAS NEGRAS MASIVAS CON ALGO DE PIRITA

Profundidad (m)	Profundidad manóbra (m)	Litológia	Descripción				Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Recuperación			
16									
16,45									
17									
18									
19									
19,45									
20									
21									
22									
22,45									
23									
24									
25									

100%

LUTITAS NEGRAS MASIVAS CON  
PIRITA DISEMINADA

48°

Profundidad (m)	Profundidad manóbra (m)	Litología	Descripción				Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento Formación
			25%	50%	75%	Recuperación		
			Baja	Media	Alta	Fracturación		
			Baja	Media	Alta	Alteración		
						Karsificación		
			Silt	Granulometría				
			Muy fino	Fino				
			Medio	Gresoso				
			Muy grueso					
25,45	26							
26	27							
27	28							
28	28,45							
28,45	29							
29	30							
30	31							
31	32							
32	33							
33	34							
34	34,45							
34,45	35							

Sondeo: TR-6

Página: 5 de 67

The figure is a geological log for Sondeo TR-6. The vertical axis represents depth in meters, ranging from 35,15 at the top to 45 at the bottom. The horizontal axis represents distance, with values 100%, 72%, and 30° indicated. The log is divided into several sections by horizontal lines. Each section includes a lithology column, a depth column, and a description column.

Profundidad (m)	Prolongación maniobra (m)	Litología			Descripción
		25%	50%	75%	
35,15		Recuperación			
36					
37					
37,45					LUTITAS NEGRAS MASIVAS CON PIRITA
38					
39					
40					FALLA
40,45					
41					
42					
42,35					ARENISCAS CON PIRITA. CANTOS DE CALIZAS A TECHO
43					
44					
45					LUTITAS NEGRAS MASIVAS CON PIRITA DISEMINADA. A TECHO CANTOS CALIZOS Y PASADAS DE LUTITAS ARENOSAS

Legend:

- Lithology:** Silt, Muy fino, Fino, Medio, Grueso, Muy grueso.
- Fracturación:** Baja, Media, Alta.
- Alteración:** Baja, Media, Alta.
- Karstificación:** Silt, Muy fino, Fino, Medio, Grueso, Muy grueso.
- Granulometría:** Silt, Muy fino, Fino, Medio, Grueso, Muy grueso.



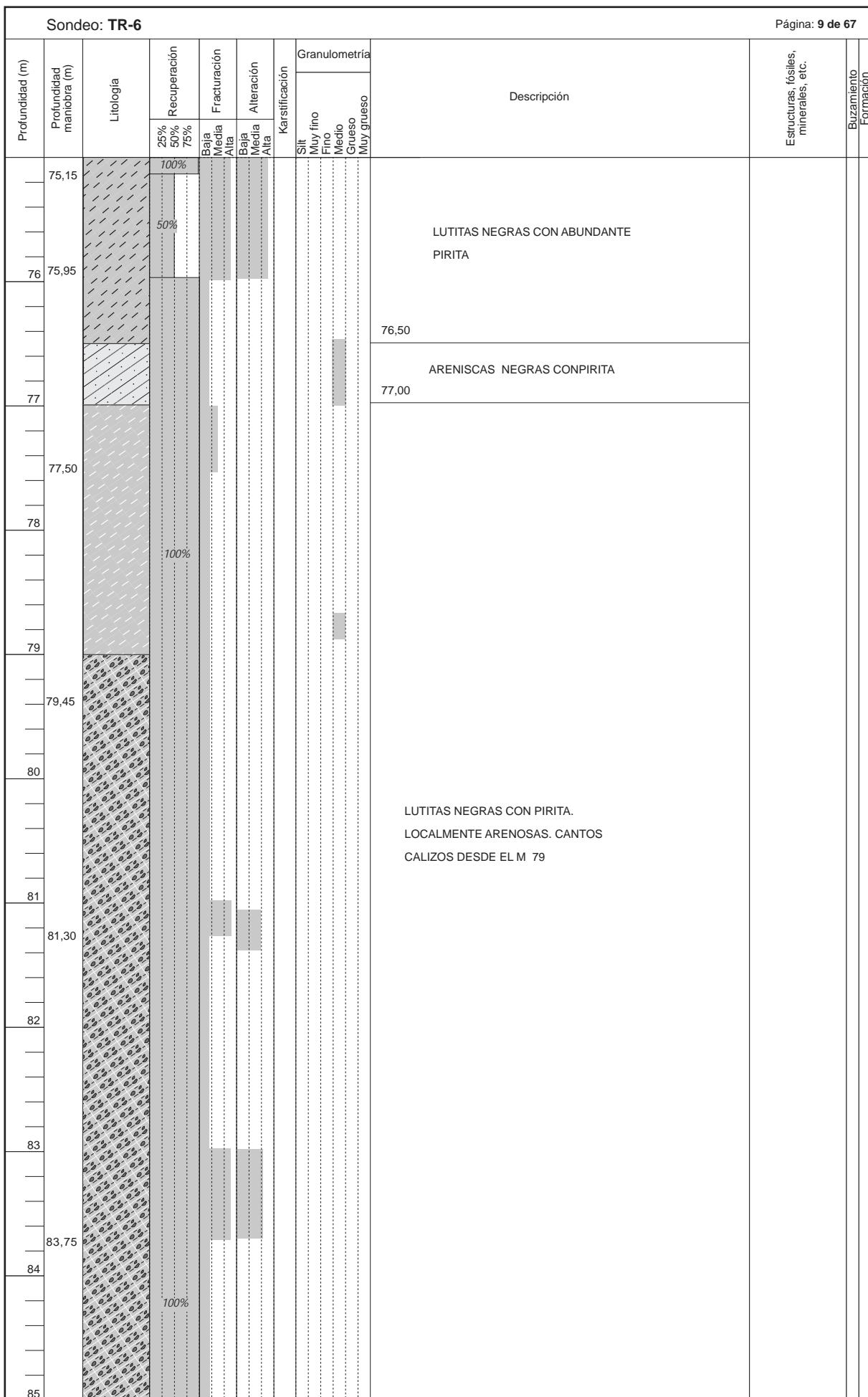
Profundidad (m)	Profundidad manóbra (m)	Litológia	Descripción				Estructuras, fósiles, minerales, etc.
			25%	50%	75%	Recuperación	
		Baja	Media	Alta	Fracturación		
		Baja	Media	Alta	Alteración		
		Silt	Granulometría				
		Muy fino					
		Fino					
		Medio					
		Gresoso					
		Muy grueso					
55,45							
56							
56,60							
57							
57,70							
58							
59							
59,75							
60							
61							
61,45							
62							
63							
63,35							
64							
64,85							
65							

LUTITAS NEGROAS MASIVAS CON  
PIRITA

45°

Profundidad (m)	Profundidad manóbra (m)	Litología	Descripción				Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento Formación
			25%	50%	75%	100%		
65,95								
66								
66,90								
67								
67,85								
68								
69								
69,10								
70								
70,40								
71								
72	72,00							
73								
73,10								
74								
75								

LUTITAS NEGROAS CON ABUNDANTE PIRITA



Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litología	Descripción				Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento Formación
			25%	50%	75%	Recuperación		
85,95			Baja	Media	Alta	Fracturación		
86			Baja	Media	Alta	Alteración		
87			Baja	Media	Alta			
88			Silt	Granulometría				
88,45			Muy fino	Fino	Medio	Gresoso		
89			Muy grueso					
89,85								
90								
91								
91,45								
92								
93								
94								
94,45								
95								

LUTITAS NEGRAS CON PIRITA.  
LOCALMENTE ARENOSAS. CANTOS  
CALIZOS DESDE EL M 79

91,00  
CALIZAS  
91,40

LUTITAS NEGRAS CALCÁREAS CON PIRITA.  
LINTERVALACIONES DE MARGAS



Profundidad (m)	Profundidad manóbra (m)	Litológia	Descripción			Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75% Recuperación			
106			Baja	Fracturación				
106,45			Media					
107			Alta					
108								
109								
109,45								
110								
111								
112								
112,45								
113								
114								
115								

MARGAS GRISES MASIVAS CON CALCITA  
Y ALGO DE PIRITA

Profundidad (m)	Profundidad manóbra (m)	Litología	Descripción			Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento Formación			
			25% 50%	75% Recuperación	Baja Media Alta					
			Silt	Muy fino	Fino	Medio	Grueso	Muy grueso	Granulometría	Karstificación
115,45										
116										
117										
118										
118,45										
119										
120										
121										
121,45										
122										
123										
124										
124,45										
125										

MARGAS GRISES MASIVAS CON CALCITA  
Y ALGO DE PIRITA

100%

100%

## Sondeo: TR-6

Página: 14 de 67

Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litológia	Descripción			Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento Formación
			25%	50%	75%		
126							
127							
127,45							
128							
129							
130							
130,45							
131							
132							
133							
133,45							
134							
135							

## Sondeo: TR-6

Página: 15 de 67

Profundidad (m)	Profundidad manómetro (m)	Litología	Descripción			Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%			
136								
136,45								
137								
138								
139								
139,45								
140								
141								
142								
142,45								
143								
144								
145								

100%

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

## Sondeo: TR-6

Página: 16 de 67

Profundidad (m)	Profundidad manómetro (m)	Litología	Descripción			Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%			
145,45								
146								
147								
148								
148,45								
149								
150								
150,75								
151								
152								
153								
153,75								
154								
155								

The diagram illustrates the geological log for Sondeo TR-6. The core sample is shown as a vertical column with various layers. The top layer is light gray with diagonal hatching, followed by a thick pinkish-purple layer. Below these are several thin, alternating layers of light gray and pinkish-purple. A vertical dashed line at approximately 148.45m indicates a 100% recovery point. To the right of the core, there are three columns of data:

- Litología (Lithology):** Shows categories like Baja, Media, Alta, Fracturación, Alteración, and Muy grueso.
- Karstificación (Karstification):** Shows categories like Silt, Muy fino, Fino, Medio, and Grueso.
- Granulometría (Grain Size):** Shows categories like Granulometría, Silt, Muy fino, Fino, Medio, and Grueso.

At the bottom of the diagram, the text "MARGAS GRISES MASIVAS CON CALCITA Y ALGO DE PIRITA" is written, describing the rock type as massive grey marl with calcite and some pyrite.

Profundidad (m)	Profundidad manómetro (m)	Litología	Descripción			Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%			
156								
156,75								
157								
158								
159								
159,75								
160								
161								
162								
162,75								
163								
164								
165								

MARGAS GRISES MASIVAS CON CALCITA  
Y ALGO DE PIRITA

## Sondeo: TR-6

Página: 18 de 67

Profundidad (m)	Profundidad manómetro (m)	Litología	Descripción				Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento Formación
			25%	50%	75%	Recuperación		
165,75								
166								
167								
168								
168,75								
169								
170								
171								
171,75								
172								
173								
174								
174,75								
175								

The diagram illustrates the geological profile of Sondeo TR-6. The vertical axis represents depth from 165,75 m to 175 m. The left side shows a detailed lithological log with horizontal hatching patterns. The right side contains four columns of data: Recovery Rates (25%, 50%, 75%), Fracturing (Baja, Media, Alta), Alteration (Baja, Media, Alta), and Karstification (Silt, Muy fino, Fino, Medio, Grueso, Muy grueso). A large '100%' label is positioned near the top of the profile. A descriptive text box at the bottom right states: "MARGAS GRISES MASIVAS, PUNTUALMENTE MARGOCALIZAS CON VENILLAS DE CALCITA Y ALGO DE PIRITA". The final column on the right lists Estructuras, fósiles, minerales, etc., and Buzamiento Formación.

Sondeo: TR-6

Página: 19 de 67

Sondeo: TR-6						Página: 19 de 67
Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Descripción				
		25%	50%	75%	100%	
176						
177						
177,75						
178						
179						
180						
180,75						
181						
182						
183						
183,75						
184						
185						

## Sondeo: TR-6

Página: 20 de 67

Profundidad (m)	Profundidad manómetro (m)	Litología	Descripción			Estructuras, fósiles, minerales, etc.
			25%	50%	75%	
186			Baja	Fracuración		
186,75			Media			
187			Alta			
188			Baja	Alteración		
189			Media			
189,75			Alta			
190						
191						
192						
192,75						
193						
194						
195						

100%      MARGAS GRISES MASIVAS

Buzamiento  
Formación

Profundidad (m)	Profundidad manómetro (m)	Litológia	Descripción			Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%			
195,75								
196								
197								
198								
198,75								
199								
200								
201								
201,75								
202								
203								
204								
204,75								
205								

MARGAS GRISES MASIVAS

Sondeo: TR-6				Página: 22 de 67
Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litología	Descripción	
				Estructuras, fósiles, minerales, etc.
206				
207				
207,75				
208				
209				
210				
210,75				
211				
212				
213				
213,75				
214				
215				

100%

MARGAS GRISES MASIVAS

Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litológia		Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
		25%	50% Recuperación 75%				
215,25							
216							
216,75							
217							
218							
219							
219,75							
220							
221							
222							
222,75							
223							
224							
225							

Sondeo: TR-6

Página: 24 de 67

Profundidad (m)	Profundidad manóbra (m)	Litológia	Descripción			
			25%	50%	75%	Recuperación
225,75			100%	80%		
226,00					Baja	Fracturación
226,70					Media	
227					Alta	
227,85					Baja	Alteración
228					Media	
228,75					Alta	
229						Karstificación
230			100%		Silt	
231					Muy fino	Granulometría
231,75					Fino	
232					Medio	
233					Grueso	
234					Muy grueso	
234,75						
235						
						Estructuras, fósiles, minerales, etc.
						Buzamiento Formación

MARGAS GRISES MASIVAS A MURO  
LUTITAS CALCÁREAS CON PIRITA

230,60

LUTITAS NEGRAS CON PIRITA.  
LOCALMENTE ARENOSAS

Sondeo: TR-6				Página: 25 de 67	
Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litología		Descripción	
236			25% Recuperación		
237			75% Fracturación		
237,75			Baja Media Alta		
238			Baja Media Alta		
239			Alteración Alta		
240				Karstificación	
240,75				Silt	
241				Muy fino	
242				Fino	
243				Medio	
243,75				Griego	
244				Muy grueso	
245					Estructuras, fósiles, minerales, etc.
					Buzamiento Formación

100%

LUTITAS NEGRAS CON PIRITA  
LOCALMENTE ARENOSAS.  
A PARTIR DE 238 INTERCALACIONES  
CM DE ARENISCAS

Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litología	Recuperación	Fracturación	Alteración	Karstificación	Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento Formación
246,75			25% 50% 75%			Silt Muy fino Fino Medio Griego Muy grueso			
247				Baja Media Alta					
248					Baja Media Alta				
249									
249,75			100%						
250									
251									
252	251,95								
253									
254									
255									

LUTITAS NEGRAS CON PIRITA.

LOCALMENTE ARENOSAS

Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litología	25% Recuperación	50% Recuperación	75% Recuperación	Fracturación	Alteración	Karstificación	Granulometría	Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento Formación
255,05								Silt	Muy fino			
256								Muy fino	Fino			
257								Fino	Medio			
258								Medio	Griego			
258,15								Griego	Muy grueso			
259								Muy grueso				
260												
261												
261,15												
262												
262,85												
263												
264												
265												

100%

LUTITAS NEGRAS CON PIRITA.  
PASADAS DE ARENISCAS

258,20

ARENISCAS GRISES

262,00

LUTITAS NEGRAS CON PIRITA.  
PASADAS DE ARENISCAS

Sondeo: TR-6				Descripción					
Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litología		Recuperación					
265,45				25%					
266				50%					
267				75%					
268									
268,45									
269									
270									
271									
271,45									
272									
273									
274									
274,45									
275									

LUTITAS NEGRAS CON PIRITA.  
PASADAS DE ARENISCAS



Sondeo: TR-6				Página: 30 de 67	
Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litológia		Descripción	
286			25% Recuperación		
286.85			75%		
287		Baja Fracturación			
288		Media Alta			
289		Baja Alteración			
289.45		Media Alta			
290			Karstificación		
291			Silt		
292			Muy fino		
292.45			Fino		
293			Medio		
294			Griego		
295			Muy grueso		
		LUTITAS NEGRAS CON CANTOS CALIZOS MAS FRECUENTES HASTA 290 M.			
				Estructuras, fósiles, minerales, etc.	
				Buzamiento	
				Formación	



Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litológia	Descripción					Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Recuperación	Fracturación			
306										
306,65										
307										
308										
309	309,00									
310			100%					LUTITAS NEGRAS CON ABUNDANTE PIRITA EN BANDAS Y PASADAS CM DE ARENISCAS		
311										
311,25										
312			95%							
313										
313,15			55%							
314	314,00									
314,20			85%					ARENISCAS CON PIRITA Y LUTITAS		
315	314,60									
								LUTITAS NEGRAS CON PIRITA		

Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litología	Recuperación	Fracturación	Alteración	Karstificación	Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento Formación
315,65			85%	25% 50% 75%	Baja Media Alta	Silt Muy fino Fino Medio Griego Muy grueso			
316									
317									
318									
318,65									
319									
320			100%						
321									
321,65									
322									
323									
324									
324,65									
325									

LUTITAS NEGRAS COMPACTAS CON ABUNDANTE  
PIRITA Y PASADAS DE ARENISCAS

30°

Sondeo: TR-6				Página: 34 de 67	
Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litología		Descripción	
				Granulometría	
326			25% Recuperación 75%	Silt Muy fino Fino Medio Griego Muy grueso	
327			Baja Fracturación Media Alta		
327,25			Baja Alteración Media Alta		
328					
329					
330	330,25				LUTITAS NEGRAS CON PIRITA. MAS ARENOSAS A MURO
331					
332					
333					
333,30			85%		
334					
335					334,80 ARENISCAS GRISES
					Estructuras, fósiles, minerales, etc.
					Buzamiento Formación

Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litológia	Descripción				Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento Formación
			25% Recuperación	50% Recuperación	75% Recuperación	Baja Fracturación		
336								
336,30								
337								
338,00	338,00							
338,65								
339								
339,25								
339,65								
340								
341								
341,15								
341,85								
342								
343,00	343,00							
343								
344								
344,35								
345								

ARENISCAS GRISES CALCÁREAS CON  
PIRITA Y PASADAS DE LUTITAS

340,50-341 ZONA DE FRACTURA

Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litológia	Descripción				Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Recuperación			
345,95						100%			
346									
346,85									
347									
348									
349									
349,35									
350									
351									
351,05									
351,60									
352									
353									
353,70									
354									
355									

ARENISCAS GRISES Y LUTITAS NEGRAS  
CON PIRITA. ALTERNANCIA DE CAPAS  
CENTIMÉTRICAS

50°

Sondeo: TR-6				Página: 37 de 67
Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litología	Descripción	
				Estructuras, fósiles, minerales, etc.
356				
356,85			LUTITAS NEGRAS ARENOSAS CON PIRITA	
357				
358				
359				55°
359,95			ARENISCAS CON PASADAS DE LUTITAS	
361				
362				
363			LUTITAS NEGRAS CON PASADAS DE ARENISCAS	
364				
364,45				
365				

Sondeo: TR-6

Página: 38 de 67

Profundidad (m)	Litología	Descripción		
		Profundidad maniobra (m)	Recuperación	Fracturación
366		25%	50%	75%
367		Baja	Media	Alta
365,45		Alta	Media	Alta
368				
369				
370	100%			
370,45				
371				
372				
373				
373,45				
374				
375				

**LUTITAS NEGRAS CON PASADAS DE ARENISCAS**

369,30

**MARGAS Y LUTITAS CALCÁREAS  
GRISES MASIVAS CON ALGO DE PIRITA**

55°

Estructuras, fósiles, minerales, etc.

Buzamiento

Formación

Sondeo: TR-6				Página: 39 de 67
Profundidad máxima (m)	Litología	Recuperación	Descripción	
		25% 50% 75%		Estructuras fósiles, minerales, etc.
376				
376,45				
377				
378				
379				
379,45				
380				MARGAS GRISES MASIVAS CON ALGO DE PIRITA
381				
382				
382,45				
383				
384				
385				

Sondeo: TR-6							Página: 40 de 67		
	Profundidad manóbra (m)	Litología	Recuperación	Fracturación	Alteración	Granulometría	Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento Formación
385,45			25% 50% 75%						
386			Baja Media Alta						
387									
388									
388,45									
389									
390									
391									
391,45									
392									
393									
394									
394,45									
395									

100%  
MARGAS GRISES MASIVAS CON ALGO  
DE PIRITA

		Profundidad maniobra (m)	Litología	Recuperación	Fracturación	Alteración	Karstificación	Granulometría	Descripción	
396				25%						
397				50%						
397,45				75%						
398					Baja	Media				
399					Media	Alta				
400					Baja	Media				
400,45					Media	Alta				
401							Silt			
402							Muy fino			
403							Fino			
403,45							Medio			
404							Grueso			
405							Muy grueso			
										Estructuras, fósiles, minerales, etc.
										Buzamiento Formación

MARGAS GRISES MASIVAS CON ALGO DE PIRITA



Sondeo: TR-6				Página: 43 de 67
	Profundidad manóbra (m)	Litología	Recuperación	Descripción
			25% 50% 75%	
415,45			Baja	
416			Media	
417			Alta	
418				
418,45				
419				
420				
421				
421,45				
422				
423				
424				
424,45				
425				

100%

MARGAS GRISES MASIVAS CON PIRITA

INTERCALACIONES CENTIMÉTRICAS DE CALIZAS EN:

418,20 M

Estructuras fósiles,  
minerales, etc.

Buzamiento  
Formación

Profundidad (m)	Profundidad manóbra (m)	Litología	Descripción										
			25% Recuperación	50% Recuperación	75% Recuperación	Fracturación	Alteración	Karstificación	Granulometría				
Baja	Media	Alta	Baja	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	Silt	Muy fino	Fino	Medio
426													
427													
427,45													
428													
428,70													
429													
430													
430,45													
431													
431,75													
432													
433													
433,45													
434													
435													

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

100%

## Sondeo: TR-6

Página: 45 de 67

Profundidad (m)	Profundidad manómetro (m)	Litología	Recuperación	Fracturación	Alteración	Karstificación	Granulometría	Descripción			Estructuras fósiles, minerales, etc.	Buzamiento Formación
436			25% 50% 75%									
436,45				Baja Media Alta								
437					Baja Media Alta							
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%

Profundidad máxima (m)	Litológia	Descripción				Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento Formación
		25%	50%	75%	Recuperación		
	Baja	Media	Alta	Fracturación			
	Baja	Media	Alta	Alteración			
	Karstificación	Granulometría					
	Silt	Muy fino	Fino	Medio	Guaso		
445,45							
446							
447							
448							
448,45							
449							
450							
451							
451,45							
452							
453							
454							
454,45							
455							

MARGAS GRISES MASIVAS CON PIRITA  
INTERCALACIONES CENTIMÉTRICAS DE CALIZAS EN:  
449,50 M

100%

Sondeo: TR-6				Página: 47 de 67	
		Profundidad (m)	Profundidad manóbra (m)		
		Litología		Descripción	
456		25%	Recuperación		
457		50%			
457,45		75%			
458		Baja	Fracturación		
459		Media			
460		Alta			
460,45		Baja	Alteración		
461		Media			
462	100%	Media	Karstificación		
463		Alta			
463,45			Silt		
464			Muy fino	Granulometría	
465			Fino		
			Medio		
			Grueso		
			Muy grueso		
					Estructuras, fósiles, minerales, etc.
					Buzamiento Formación
					40°



		Profundidad mariobra (m)	Litología	Recuperación	Fracturación	Alteración	Descripción	Karstificación	Granulometría		
475,45				25%	Baja	Baja		Silt	Muy fino		Estructuras, fósiles, minerales, etc.
476				50%	Media	Media			Fino		
477				75%	Alta	Alta			Medio		
478									Grueso		
478,45									Muy grueso		
479											Buzamiento
480											Formación
481											
482											
483											
484											
484,45											
485											

100%

CALIZAS GRISES MICRÍTICAS RECRYSTALIZADAS.

MINERALICIONES CON ESFALERITA EN:

476,40 M



## Sondeo: TR-6

Página: 51 de 67

Profundidad máxima (m)	Profundidad máxima (m)	Litológia	Descripción				Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento Formación
			Recuperación	Fracturación	Alteración	Karstificación		
496			25%	Baja		Silt		
496,45			50%	Media		Muy fino		
497			75%	Alta		Fino		
498						Medio		
499						Grueso		
499,45						Muy grueso		
500								
501								
502								
502,45								
503								
504								
505								

CALIZAS BRECHOIDES CON CEMENTO ESPARÍTICO,  
CANTOS ANGULOSOS DE MICRITA Y ABUNDANTES  
FRAGMENTOS DE FÓSILES.  
ENTRE 503-507 M, MAS ARCILLOSAS

Sondeo: TR-6

Página: 52 de 67

Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litológia			Descripción
		Recuperación	Fracturación	Alteración	
505,45		25% 50% 75%	Baja Media Alta	Baja Media Alta	
506		100%			
507		85%			
508					
508,45					
509					
510					
511					
511,45					
512					
513					
514					
514,45					
515					

**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

Estructuras, fósiles, minerales, etc.

Buzamiento Formación

Sondeo: TR-6

Página: 53 de 67

Sondeo: TR-6				Descripción	
Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología			
516			25%	Recuperación	
517			50%		
517,45			75%		
518			Baja	Fracturación	
519			Media		
520			Alta		
520,45			Baja	Karstificación	
521			Media	Silt	
522			Alta	Muy fino	
523				Fino	
523,45				Medio	
524				Grueso	
525				Muy grueso	
					Estructuras, fósiles, minerales, etc.
					Buzamiento Formación

Sondeo: TR-6

Página: 54 de 67

Sondeo: TR-6

Página: 54 de 67

The figure is a geological log for Sondeo TR-6. The vertical axis represents depth in meters, ranging from 526 to 535. The horizontal axis represents different parameters: Lithología, Profundidad manóbra (m), Recuperación, Fracturación, Alteración, and Granulometría. The log shows alternating layers of different lithologies, with various degrees of fracturing, karstification, and specific mineralogical characteristics. Key features include:

- 526 - 527 m:** Depth range. Lithología: Alternating light and dark grey layers with black dashes. Recovery: 90%. Fracturación: Baja. Alteración: Baja. Granulometría: Silt.
- 527 - 527,70 m:** Depth range. Lithología: Alternating light and dark grey layers with black dashes. Recovery: 100%. Fracturación: Media. Alteración: Media. Granulometría: Muy fino.
- 527,70 - 528 m:** Depth range. Lithología: Alternating light and dark grey layers with black dashes. Recovery: 75%. Fracturación: Alta. Alteración: Alta. Granulometría: Fino.
- 528 - 529 m:** Depth range. Lithología: Alternating light and dark grey layers with black dashes. Recovery: 25%. Fracturación: Alta. Alteración: Alta. Granulometría: Grueso.
- 529 - 530 m:** Depth range. Lithología: Alternating light and dark grey layers with black dashes. Recovery: 50%. Fracturación: Alta. Alteración: Alta. Granulometría: Muy grueso.
- 530 - 530,85 m:** Depth range. Lithología: Alternating light and dark grey layers with black dashes. Recovery: 60%. Fracturación: Alta. Alteración: Alta. Granulometría: Muy grueso.
- 530,85 - 531 m:** Depth range. Lithología: Alternating light and dark grey layers with black dashes. Recovery: 90%. Fracturación: Alta. Alteración: Alta. Granulometría: Muy grueso.
- 531 - 532 m:** Depth range. Lithología: Alternating light and dark grey layers with black dashes. Recovery: 90%. Fracturación: Alta. Alteración: Alta. Granulometría: Muy grueso.
- 532,30 - 533 m:** Depth range. Lithología: Alternating light and dark grey layers with black dashes. Recovery: 90%. Fracturación: Alta. Alteración: Alta. Granulometría: Muy grueso.
- 533 - 534 m:** Depth range. Lithología: Alternating light and dark grey layers with black dashes. Recovery: 90%. Fracturación: Alta. Alteración: Alta. Granulometría: Muy grueso.
- 534 - 535 m:** Depth range. Lithología: Alternating light and dark grey layers with black dashes. Recovery: 90%. Fracturación: Alta. Alteración: Alta. Granulometría: Muy grueso.

**Descriptions:**

- CALIZAS MICRÍTICAS CON ABUNDANTES RUDISTAS** (527,70 m, 530,85 m, 534 m)
- CALIZAS RECRYSTALIZADAS** (532,30 m)

**Other notes:**

- Estructuras, fósiles, minerales, etc.** (535 m)
- Buzamiento Formación** (535 m)

Sondeo: TR-6

Página: 55 de 67

Sondeo: TR-6

Página: 56 de 67

Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litología	Descripción				
			25%	50%	75%	Recuperación	
546			Baja	Fracturación			
547			Baja	Media			
547,10			Baja	Media			
548			Baja	Media			
549			Baja	Media			
550			Baja	Media			
550,10			Baja	Media			
551			Baja	Media			
552			Baja	Media			
553			Baja	Media			
553,10			Baja	Media			
554			Baja	Media			
555			Baja	Media			

**CALIZAS RECRYSTALIZADAS**

**CALIZAS MICRÍTICAS GRISES CON FRAGMENTOS DE RUDISTAS**

The geological log displays lithological features such as horizontal layers with diagonal hatching and vertical layers with black spots. Recovery rates (25%, 50%, 75%) are indicated at specific depths. Karstification levels (Baja, Media, Alta) are also mapped. A prominent feature at depth 547,10 is labeled '100%'.

## Sondeo: TR-6

Página: 57 de 67

Profundidad mariobra (m)	Litológia	Descripción			Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento Formación
		Recuperación	Fracturación	Alteración		
556		25%	Baja	Baja		
556,10		50%	Media	Baja		
557		75%	Media	Baja		
558			Alta	Baja		
559				Media		
559,10				Alta		
560						
561						
562						
562,10						
563						
564						
565						

100%

CALIZAS MICRÍTICAS MASIVAS CON ABUNDANTES  
RUDISTAS

CALIZAS MICRÍTICAS CON ABUNDANTES RUDISTAS

Sondeo: TR-6				Página: 58 de 67
	Profundidad maríobra (m)	Litología	Descripción	
		Recuperación		
565,10		25% 50% 75%		
566		Baja Media Alta		
567		Baja Media Alta		
568		Baja Media Alta		
568,10				
569				
570				
571				
571,10				
572				
573				
574				
574,10				
575				

100%

CALIZAS MICRÍTICAS CON ABUNDANTES RUDISTAS

Estructuras, fósiles, minerales, etc.

Buzamiento Formación

Sondeo: TR-6

Página: 59 de 67

Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litológia			Descripción
		25%	50%	75%	
576					
577					
577,10					
578					
579					
580					
580,10					
581					
582					
583					
583,10					
584					
585					

100%

CALIZAS MICRÍTICAS GRISES CON RUDISTAS.  
IMPORTANTE RECRYSTALIZACIÓN

Estructuras, fósiles, minerales, etc.

Buzamiento Formación

Sondeo: TR-6						Página: 60 de 67
		Profundidad mariobra (m)	Descripción			
	Litología		Recuperación	Fracturación	Alteración	
586			25%	Baja	Baja	
586,15			50%	Media	Baja	
587			75%	Media	Baja	
588				Alta	Baja	
589					Media	
589,15					Alta	
590						
591						
592						
592,20						
593						
594						
595						

100%

CALIZAS MICRÍTICAS RECRYSTALIZADAS CON RUDISTAS

Karstificación	Silt	Granulometría
	Muy fino	
	Fino	
	Medio	
	Grueso	
	Muy grueso	

Estructuras, fósiles, minerales, etc.

Buzamiento Formación

Sondeo: TR-6		Descripción						Página: 61 de 67											
Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litología		Recuperación		Fracturación		Alteración		Karstificación		Granulometría							
		Baja	Media	25%	50%	75%	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	Muy fino	Fino	Medio	Grueso	Muy grueso		
595,20	596																	CALIZAS MICRÍTICAS RECRYSTALIZADAS CON RUDISTAS	
596	597																	596	
597	598																	CALIZAS MICRÍTICAS CON PASADAS DE ARCILLAS	
598	599																	597	
599	600																		
600	601																		
601	601,20																		
601,20	602																	CALIZAS MICRÍTICAS RECRYSTALIZADAS CON RUDISTAS	
602	603																		
603	604,20																		
604,20	605																	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	
605																		Buzamiento Formación	



## Sondeo: TR-6

Página: 63 de 67

		Profundidad marniobra (m)	Profundidad marniobra (m)	Litología	Recuperación	Fracturación	Alteración	Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento Formación
				Karstificación	Silt	Muy fino	Fino	Granulometría		
616					25%	50%	75%			
616,25					Baja	Media	Alta			
617					Baja	Media	Alta			
618					Baja	Media	Alta			
619					Baja	Media	Alta			
619,30					Baja	Media	Alta			
620					Baja	Media	Alta			
621					Baja	Media	Alta			
622					Baja	Media	Alta			
622,35					Baja	Media	Alta			
623					Baja	Media	Alta			
624					Baja	Media	Alta			
625					Baja	Media	Alta			

CALIZAS MICRÍTICAS CON ABUNDANTES RUDISTAS

Sondeo: TR-6

Página: 64 de 67

Sondeo: TR-6

Página: 64 de 67

Profundidad (m)	Profundidad maniobra (m)	Litología			Descripción
		25%	50%	75%	
625,35					Recuperación
626					
627					
628					
628,35					
629					
630					
631					
631,35					
632					
633					
634					
634,35					
635					

**Litología:**

- Calizas micríticas con abundantes rudistas (625,35 - 634,35 m)
- Calizas recristalizadas (629,00 - 629,50 m)

**Características:**

- Fracturación: Baja, Media, Alta.
- Alteración: Baja, Media, Alta.
- Karstificación: Silt, Muy fino, Fino, Medio, Grueso, Muy grueso.
- Granulometría: 25%, 50%, 75%.

**Observaciones:**

- 100% de recuperación entre los 625,35 y 634,35 m.
- 100% de recuperación entre los 629,00 y 629,50 m.

**Estructuras, fósiles, minerales, etc.**

Buzamiento Formación

Sondeo: TR-6						Página: 65 de 67
	Profundidad mariobra (m)	Litología	Recuperación	Fracturación	Alteración	
			25%	50%	75%	
636						
637						
637,35						
638						
639						
640						
640,35						
641						
642						
643						
643,35						
644						
645						

100%

CALIZAS MICRÍTICAS CON ABUNDANTES RUDISTAS  
Y RECRYSTALIZACIONES

CALIZAS MICRÍTICAS CON ABUNDANTES RUDISTAS

Descripción

Estructuras, fósiles, minerales, etc.

Buzamiento Formación

## Sondeo: TR-6

Página: 66 de 67

Profundidad mariobra (m)	Litológia	Descripción				Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento Formación
		Recuperación	Fracturación	Alteración	Granulometría		
646		25%	Baja	Baja	Silt		
646,40		50%	Media	Baja	Muy fino		
647		75%	Media	Baja	Fino		
648			Alta	Baja	Medio		
649				Baja	Grueso		
649,45				Media	Muy grueso		
650				Alta			
651							
652							
652,50							
653							
654							
655							

Sondeo: TR-6				Página: 67 de 67
	Profundidad marniobra (m)	Litología	Descripción	
		Recuperación		
655,55		25% 50% 75%		
656		Baja Media Alta	Fracturación	
657		Baja Media Alta	Alteración	
658				CALIZAS MICRÍTICAS CON RUDISTAS. HASTA 660,50 IMPORTANTE RECRYSTALIZACIÓN
658,55				
659				
660				
661				
661,55			661,55 FIN PERFORACIÓN	
662				
663				CALIZAS MICRÍTICAS CON ABUNDANTES RUDISTAS
664				
665				Estructuras, fósiles, minerales, etc.
				Buzamiento Formación

**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 HIDROGEOLÓGICA 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 HIDROGEOLÓGICA 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 HIDROGEOLÓGICA 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



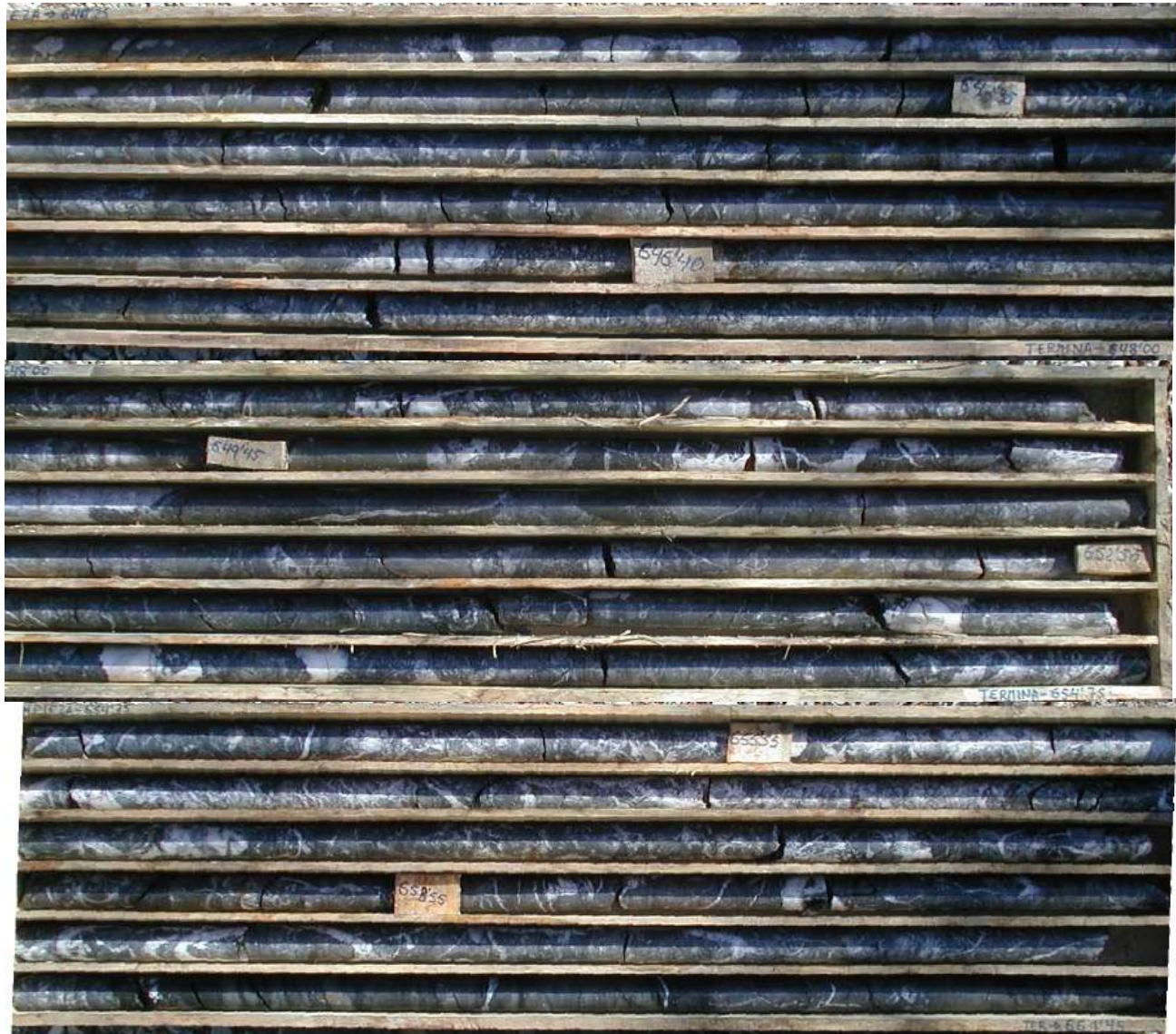
# SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

608,70 - 641,25 m



# SONDEO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA TR-6. GABIRIA

641,25 - 661,55 m



**Anexo 3. Parte de bombeo del sondeo TR-6**

Prueba de Producción								 EVE
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**

Nekazaritzan eta Ingurumenean Departamentua  
Departamento de Agricultura y Medio Ambiente



Gipuzkoako Foru Aldundia  
Diputación Foral de Gipuzkoa

Nekazaritzan Laborerria  
Laboratorio Agrario

Av. 240 / 20158 Zizurki (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  
Erregistro zk. / Número de registro 200301054

Alipamena / Su referencia: Mina Troya T-6

Laguna / Muestra de	Agua de manantial -
Nork bildala / Remitida por	Dirección de Obras Hidráulicas (D.O.G.)
	SAN SEBASTIAN
Telefonoa / Teléfono	
Nondik bildala / Procedencia	Pabxi TAMES
Oharak / Observaciones	

Fecha de Análisis Azterketa data	
Inicio	2003-03-11
Fin	2003-04-11

ECINDAKO ZAHAZTAPENAK DETERMINACIONES REALIZADAS		Metodoa Método	Ertza Resultado	Unitateak Unidades
Cobre	(Cu)	ICP	0,34	mg/l
Cadmio	(Cd)	ICP	< 0,02 mg/l	
Plomo	(Pb)	ICP	0,04	mg/l
Cromo	(Cr)	ICP	0,59	mg/l
Niquel	(Ni)	ICP	0,16	mg/l
pH	(25°C)	PNTE/LF/303	8,8	
Conductividad eléctrica	25°C	PNTE/LF/301	1170	µS/cm
Turbidez		PNTE/LF/302	428	NTU
Alcalinidad	Bicarbonatos (CO3H+)	SM 2320 (mod.)	598	mg/l
Silice	(SiO2)	ICP	4,03	mg/l
Aniones	Cloruros (Cl-)	HPLC	111	mg/l
	Sulfatos (SO4=)	HPLC	31,9	mg/l
	Nitratos (NO3-)	HPLC	< 0,50 mg/l	
Nitritos	(NO2-)	P/N 000143	0,310	mg/l
Amonia	(NH4)	P/N 000156	2,04	mg/l
Ortofósforatos	(PO4)	P/N 000148/149	0,05	mg/l
Oxidabilidad del permanganato	(O2)	Rodier	32	mg/l
Carbono Orgánico Total	(C)	SM 5310D (mod.)	16,5	mg/l
Coeficiente de Abs. Espectral	C.A.E. a 254 nm.		39	

OHARRAK: Zahaztapen hauen emaitza bakar-bakarrak dagozkie aztertutako laginari.

Txosten hau ezin da zaintza hartu eta zabaldu Laboratoriorak idatziz beirrendu ez bedu.

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

Nekazaritzaren Inguruaren Departamendua  
Departamento de Agricultura y Medio Ambiente



Gipuzkoako Foru Aldundia  
Diputación Foral de Gipuzkoa

Nekazaritzaren Laborategia  
Laboratorio Agrario

Ap. 240 / 20159 Zizurkil (Gipuzkoa)  
Tel. 943.691.064 • 943.692.098 / Fax 943.693.304

### AZTERKETA TXOSTENA / INFORME DE ENSAYO

Sarrera data / Fecha de entrada 2003-03-07  
Erregistro zk. / Número de registro 200301054

Alpamena / Su referencia Mina Troya T-G

EGINDAKO ZAHAZTAPENAK DETERMINACIONES REALIZADAS		Metodoa Método	Erantzua Resultado	Unitateak Unidades
Cationes	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
Hierro	(Fe)	ICP	193	mg/l
Manganoso	(Mn)	ICP	2,07	mg/l
Cinc	(Zn)	ICP	0,67	mg/l



Zuzendaria / Director

OHARRAK: Zehaztapen hauen erantzua bekar-bakarrrik dagoen aztertutako leginari.

Txosten hau ezin da zatikia hartu eta zaboldu Laboratorioak idatziz 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.