



EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO

**DEPARTAMENTO DE
ORDENACIÓN 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 TR-5B Acuífero TROYA. Gabiria (Gipuzkoa)

Mayo de 2002



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 técnicas del sondeo	12
5.4.	Columna litológica.....	13
5.5.	Discusión de resultados	14
6.	<i>CONCLUSIONES</i>	17
<i>ANEXO 1</i>		19
	Hojas de testificación del sondeo TR-5B	19
<i>ANEXO 1</i>		20
	Fotografías del testigo del sondeo TR-5B	20

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 objeto de este informe, 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. Los resultados obtenidos permitirán replantear la segunda obra, a realizar con cargo a la Dirección de Aguas del GV.

El EVE, en el marco del Convenio de Colaboración con la Dirección de Aguas, colabora con la DFG en la dirección y seguimiento de los trabajos. Además, elabora este informe en el que se detalla el desarrollo y resultados de la obra.

2 SITUACIÓN

El sondeo TR-5 se localiza en el término municipal de Gabiria en el cruce entre la pista de acceso al caserío Etxeberri desde las instalaciones de la empresa Edersal y el antiguo acceso al caserío Bidaurreta.

Las coordenadas del sondeo TR-5 son:

X: 557.763

Y: 4.766.744

Z: 283

Esta perforación se abandona en el metro 118 y la máquina se emplaza a otro punto unos 50 m al Oeste del anterior.

Las coordenadas del sondeo TR-5B son:

X: 557.710

Y: 4.766.780

Z: 285



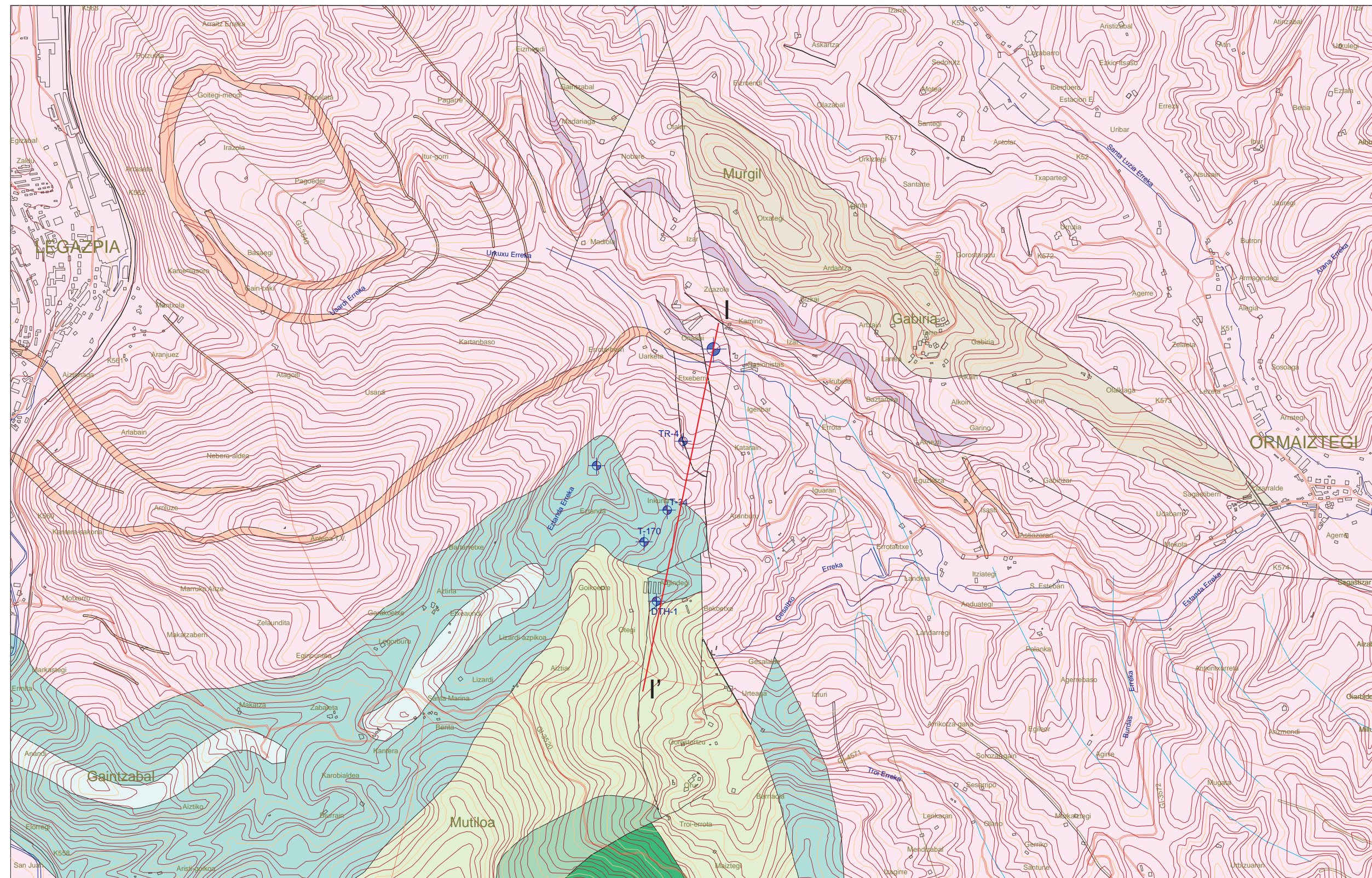
3 GEOLOGIA

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

Los principales conjuntos diferenciados (Plano 1) son:

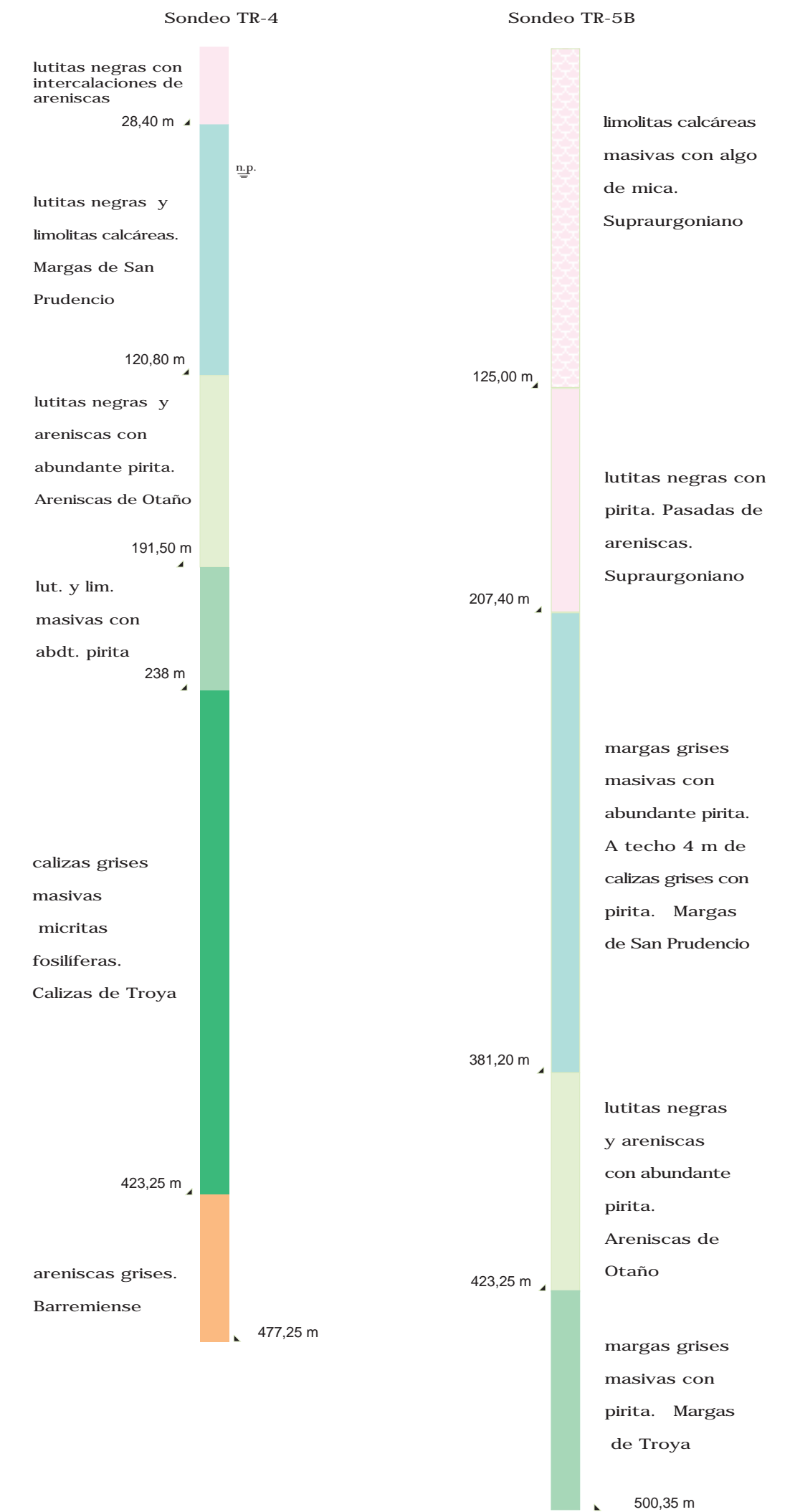
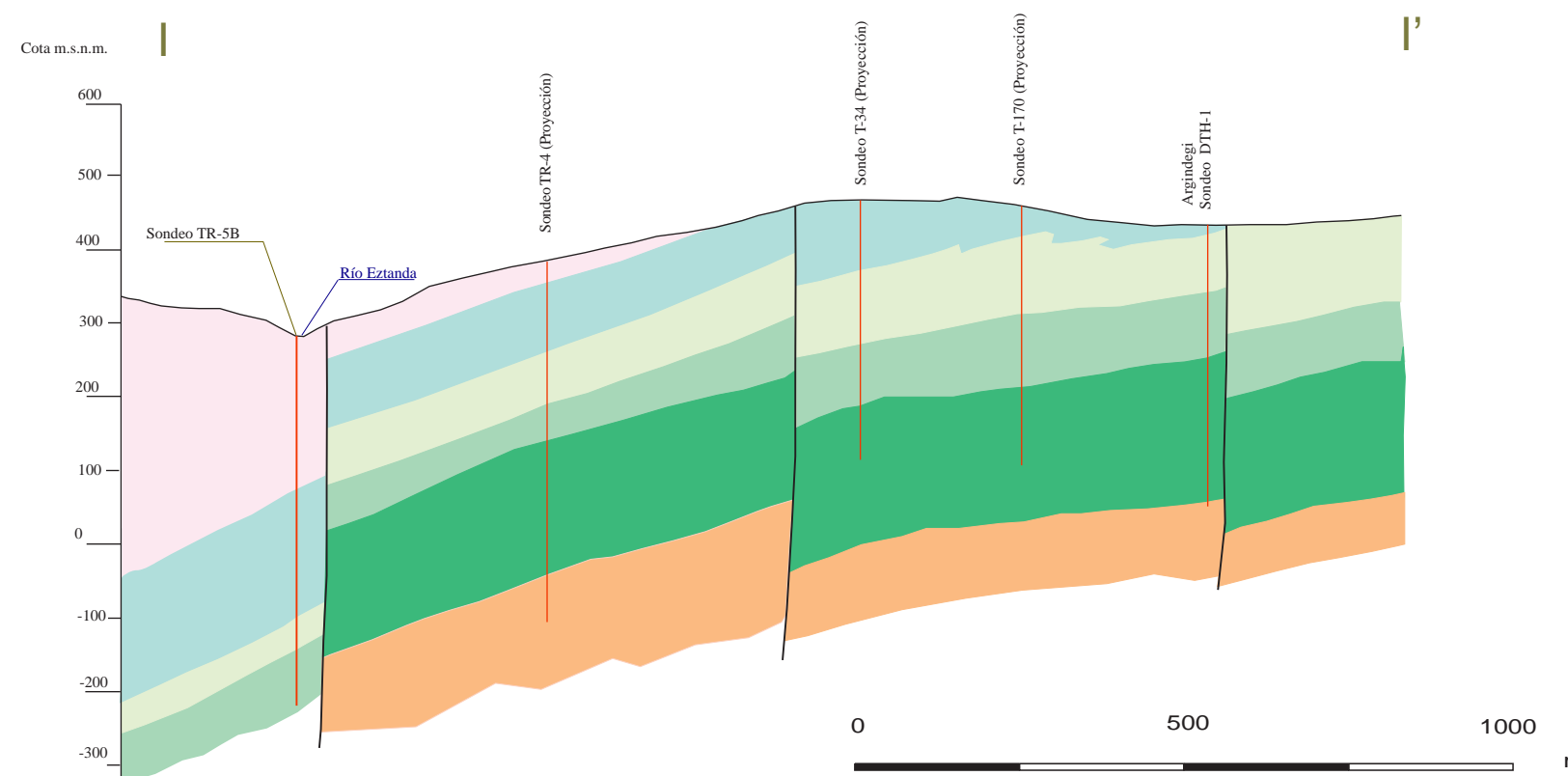
- Arenas del Barremiense. Es la unidad inferior de la serie. Constituye la facies de implantación urgoniana, con un espesor superior a los 150 m. Se trata de areniscas micáceas y limolitas arenosas de aspecto masivo y baja permeabilidad que constituyen sustrato impermeable del acuífero y fijan las condiciones 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 hundieron progresivamente definiendo un pronunciado surco.



0 500 1000

- Sills básicos. Perm. BAJA. CRETACICO SUPERIOR
- Alternancia de margas y margocalizas. Perm. BAJA. CRETACICO SUPERIOR
- Alternancia de lutitas y areniscas. Perm. MEDIA. Complejo Supraurgoniano
- Margas, calcarenitas, areniscas y limolitas. Perm. BAJA. MARGAS DE SAN PRUDENCIO
- Areniscas. Perm. MEDIA
- Areniscas silíceas y lutitas. Perm. BAJA. ARENISCAS DE OTAÑO
- Margas masivas. Perm. BAJA. MARGAS DE TROYA
- Calizas con rudistas y corales. Perm. ALTA. CALIZAS DE TROYA
- Limolitas arenosas y areniscas. Perm. BAJA. BARREMIENSE



SONDEO DE INVESTIGACIÓN TR-5B. TROYA

Mayo 2002

FIGURA 1



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



EVE



DEPARTAMENTO DE ORDENACION DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE
Dirección de Aguas

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 el 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 aporta novedades de entidad al detalle de la geometría del acuífero urgoniano en esta zona al reducir el espesor del recubrimiento confinante en mas de 200 m sobre el esperable.

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 muy posible calidad del recurso a obtener como desde la perspectiva de la viabilidad económica de la explotación.

5 CARACTERISTICAS DEL SONDEO

El sondeo TR-5 se emplaza en las inmediaciones de la pista de acceso al caserío Etxeberri desde las instalaciones de la empresa Edersal. Dadas las características del acceso y emplazamiento no se precisa realizar ninguna obra civil accesoria. Los distintos problemas que registra esta perforación conducen a su abandono en el metro 118, tras 4 meses de trabajo. La máquina se desplaza hasta otro punto, unos 50 metros hacia el Oeste, dónde se perfora el sondeo TR-5B.

5.1. Equipo de perforación

La perforación del sondeo TR-5 se inicia con una máquina, marca DIAMEC modelo 262, que se estrena en esta obra. Distintos problemas mecánicos con el sistema hidráulico obligan a sustituirla por una máquina marca Longyear modelo L 38. Esta máquina sufre una rotura de la caja de cambios y es sustituida por una ROLATEC RL-900. Esta máquina tiene que abandonar el sondeo TR-5 y perfora el sondeo TR-5B en un nuevo emplazamiento.

5.2. Desarrollo de los trabajos

La máquina se emplaza en el sondeo TR-5 el día 5 de Febrero de 2001 y las labores en este punto continúan hasta el 25 de Mayo cuando se abandona la obra debido a la imposibilidad de continuar la perforación.

La máquina se traslada a un nuevo emplazamiento dónde se inicia la perforación del sondeo TR-5B el día 29 de Mayo finalizando los trabajos el día 10 de Octubre. Se ha perforado un total de 500,35 m en 87 días útiles con lo que la velocidad media de perforación es de 5,75 m/d. Una velocidad baja que se explica por el trabajo a un solo turno y las frecuentes averías sufridas. En el cuadro adjunto se detalla el desarrollo de los distintos trabajos.

FECHA	PROF. (m)	Ø PERFORACION mm Sistema	LODO	ENTUBACION PROF. Ø E x I		OBSERVACIONES
29/5/2001			AGUA			SE EMPLAZA LA MAQUINA
30/5/2001	12,00	116 CONVENCIONAL	AGUA			
31/5/2001	12,00	128 ENSANCHE	AGUA			
1/6/2001	12,00	128 ENSANCHE	AGUA	12.1	128 x118	
4/6/2001	20,75	96 WIRE LINE. HQ	AGUA	15	113 x103	SE PERFORA CON Ø 116 mm HASTA 15 m. SE REVISTE
5/6/2001	31,40	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
6/6/2001	43,50	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
7/6/2001	60,60	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
8/6/2001	65,60	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			CAIDAS
11/6/2001	74,20	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
12/6/2001	80,75	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			ROTURA DE RETENES DEL CABEZAL DE ROTACION
13/6/2001	80,75	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			SE SACA MANIOBRA. CAMBIANDO RETENES
14/6/2001	80,75	113 ENSANCHE	AGUA			RECORTANDO A Ø 113 HASTA M 35
15/6/2001	80,75	113 ENSANCHE	AGUA			RECORTANDO A Ø 113 HASTA M 42
18/6/2001	80,75	113 ENSANCHE	AGUA			RECORTANDO A Ø 113 HASTA M 49
19/6/2001	80,75	128 ENSANCHE	AGUA	17.1	128 X 118.5	RECORTANDO: Ø 128 HASTA M 17,10 - Ø 113 HASTA M 59
20/6/2001	80,75	113 ENSANCHE	AGUA			RECORTANDO A Ø 113 HASTA M 73. ROTURA VARILLA. PESCA
21/6/2001	80,75	96 WIRE LINE. HQ	AGUA	73	104 X 100	SE ENTUBA CON ACERO INOXIDABLE AISI 304. SE CEMENTA EL ANULAR
22/6/2001	80,75	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			SE SACA EL HQ Y EL REVESTIMIENTO DE Ø 128 mm
25/6/2001	80,75	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			SE PERFORA EL TAPÓN DE CEMENTO DESDE 63 A 69 M
26/6/2001	82,00	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			SE PERFORA EL TAPÓN DE CEMENTO Y SE CONTINUA HASTA 82 M
28/6/2001	85,00	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
29/6/2001	88,55	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
2/7/2001	97,70	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
3/7/2001	102,65	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			SE ROMPE EL CABLE DEL WIRE LINE
4/7/2001	110,65	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			SE ROMPE LA PINZA DEL WIRE LINE
5/7/2001	120,25	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
6/7/2001	124,65	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
9/7/2001	131,15	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
10/7/2001	137,75	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
11/7/2001	144,90	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
12/7/2001	149,35	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			SE ROMPE EL MUÑECO
13/7/2001	152,35	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
16/7/2001	158,55	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
17/7/2001	166,30	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
18/7/2001	174,05	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
19/7/2001	181,45	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
20/7/2001	188,25	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			
21/7/2001	193,75	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			AGARRES
22/7/2001	198,35	96 WIRE LINE. HQ	AGUA			AGARRES

FECHA	PROF. (m)	Ø PERFORACION mm Sistema	LODO	ENTUBACION PROF. Ø E x I		OBSERVACIONES
23/7/2001	198,35			195	88.9 x 77.8	SE SACA MANIOBRA. SE REVISTE CON H Y CORONA ZAPATA. BAJA CON AGUA Y ROTACIÓN HASTA 195
24/7/2001	198,35					METIENDO NQ
1/8/2001	199,85	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
2/8/2001	205,85	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			SE ROMPE EL CABEZAL DE ROTACION
3/8/2001	205,85	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			ARREGLANDO EL CABEZAL
6/8/2001	205,85	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			ARREGLANDO EL CABEZAL
7/8/2001	205,85	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			ARREGLANDO EL CABEZAL. SE BAJA MANIOBRA
8/8/2001	214,80	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
9/8/2001	220,30	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
10/8/2001	223,20	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			SE SACA MANIOBRA POR OBSTRUCCIÓN DE LA CORONA
13/8/2001	229,10	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
14/8/2001	235,10	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
17/8/2001	244,30	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
20/8/2001	255,70	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
21/8/2001	270,35	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
22/8/2001	282,35	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
23/8/2001	290,80	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
27/8/2001	300,05	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
28/8/2001	312,90	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
29/8/2001	323,75	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
30/8/2001	332,75	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
31/8/2001	340,95	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
3/9/2001	350,25	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
4/9/2001	353,25	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			PROBLEMAS CON LA ROTACIÓN
5/9/2001	356,45	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
6/9/2001	363,25	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
10/9/2001	371,50	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
11/9/2001	383,80	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
12/9/2001	383,80	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
13/9/2001	393,25	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
14/9/2001	398,95	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
17/9/2001	407,30	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
18/9/2001	415,70	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
19/9/2001	424,60	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
20/9/2001	429,95	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
21/9/2001	437,20	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
24/9/2001	444,15	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			

FECHA	PROF. (m)	Ø PERFORACION mm Sistema	LODO	ENTUBACION PROF. Ø E x I		OBSERVACIONES
25/9/2001	453,30	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
26/9/2001	459,55	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
27/9/2001	471,55	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
28/9/2001	471,55	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			ROTURA VARILLAJE. PESCA
1/10/2001	477,30	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
2/10/2001	483,40	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
3/10/2001	495,70	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			
4/10/2001	500,35	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			FIN SONDEO
5/10/2001	500,35	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			SACANDO NQ
8/10/2001	500,35	76 WIRE LINE. NQ	AGUA			SACANDO HQ

5.3. Características técnicas del sondeo

Las principales características constructivas del sondeo son:

Perforación		
Profundidad (m)	Ø mm	Tipo
0-17,1	128	Rotación
17,1-80,75	113	Rotación
80,75-198,35	96,3	Rotación
198,35-500,35	75,7	Rotación

Entubación		
Profundidad (m)	Ø ext x ø int. (mm)	Tipo
0-71,50	104 x 100	Acero inoxidable AISI- 304L

Cementación

En previsión de la surgencia que se podría producir, al alcanzar el techo de las calizas, se cementa el anular entre la tubería de \varnothing 104 mm y la perforación mediante la inyección de 400 litros de lechada de cemento de densidad 1,80 gr/cm³.

Acabado

El sondeo es negativo y no llega a las calizas objetivo por lo que se abandona al alcanzar los 500 m de profundidad.

5.4. Columna litológica

El sondeo TR-5 corta una serie limolítica totalmente fracturada y con un grado de alteración muy importante. Estas condiciones se mantienen con escasos cambios hasta el metro 118. La hidratación de estos materiales, por el lodo de perforación, produce un aumento de volumen notable de las arcillas a lo largo de amplios tramos de la perforación. La maniobra se ve sometida a importantes fricciones que llegan a bloquear la rotación por completo. La situación se ve complicada, de un modo importante, por las frecuentes averías de la maquinaria y el trabajo a un único turno producen un incremento de los tiempos muertos. Finalmente, el fracaso de los distintos lodos y cementaciones empleados para continuar la perforación obliga a abandonar el sondeo.

La perforación ha atravesado una potente serie detrítica que se resume en el cuadro adjunto. 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
0-125	Limolitas calcáreas masivas con algo de mica
125-207,40	Lutitas negras con pirita
207,40-211,50	Calizas grises con pirita
211,50-381,20	Margas grises masivas con abundante pirita
381,20-405	Lutitas negras con niveles de areniscas. Localmente arenas
405-426	Margas grises masivas con abundante pirita
426-462	Lutitas negras y areniscas con abundante pirita
462-500,35	Margas grises masivas con pirita

Los materiales se encuentran con frecuencia muy fracturados aunque con un grado de alteración inferior al del primer punto de sondeo, TR-5, lo que ha facilitado las labores de perforación. El sondeo corta a 207,40 metros de profundidad 4,10 m de calizas grises con mineralizaciones de pirita y calcopirita. A partir del metro 211,50 se inicia una potente serie margosa masiva y con abundante pirita que en un primer momento se interpreta como Formación Margas de Troya situada a techo de las calizas objetivo. Sin embargo, la ausencia

de herramientas de datación, impide una completa certeza y basa esta suposición exclusivamente en las características faciales de la formación atravesada.

A partir del metro 426 se cortan unas lutitas negras, muy similares a las atravesadas entre 125 y 207 m, con areniscas y abundante pirita que se extienden hasta el metro 462. A continuación, aparecen de nuevo margas grises masivas, con pirita, hasta el metro 500,35 donde se decide parar el sondeo.

Al finalizar el sondeo es surgente con un caudal de unos 0,5 l/s. No obstante, al retirar el revestimiento de diámetro H, durante el abandono, el sondeo se cierra ya que el caudal de surgencia se reduce a un pequeño rezume.

5.5. Discusión de resultados

El sondeo TR-5B se ha finalizado a los 500 m sin alcanzar las calizas objetivo. Sin embargo, el corte elaborado para la propuesta del sondeo proporcionaba una profundidad máxima del techo de las calizas de unos 300 m. Este hecho puede obedecer a una o varias de las siguientes razones:

- Los buzamientos en el sondeo oscilan entre 30° y 45° lo que puede explicar, al menos en parte, el importante espesor de margas atravesado. En efecto, el replanteo del corte basado en el sondeo TR-4, suponiendo una serie monoclinas con un buzamiento igual al máximo medido en el sondeo: 45°, colocaría el techo de las calizas a unos 550 m de profundidad.
- Además, se ha cortado un gran número de zonas de fractura, algunas caracterizadas por una importante milonitización como las situadas entre los metros 181-186 y especialmente 320,50-326, que parecen ocasionar repeticiones de serie incrementando el espesor del recubrimiento a atravesar.
- Por otra parte, el sondeo ha cortado un nivel de 4 m de calizas con mineralización: esfalerita y pirita, a los 207 m de profundidad. Esto podría interpretarse como una cuña de calizas intercalada por la acción de las fracturas o incluso de un olistolito desprendido desde la plataforma carbonatada relativamente cercana. Sin embargo, el contacto de muro del paquete calizo es bastante gradual y no se halla mecanizado.

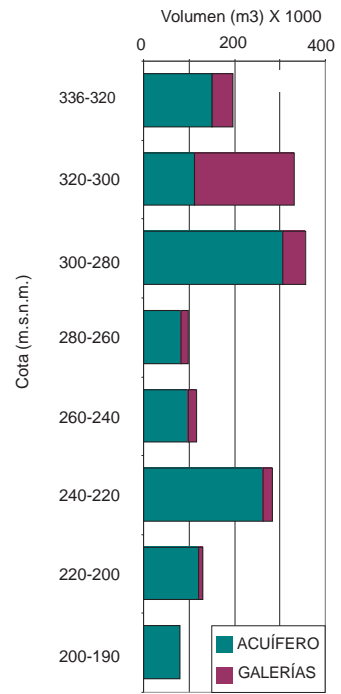
- Por lo tanto, la hipótesis mas plausible apunta al acuífero hacia el Norte, por causas tectónicas, del bloque elevado detectado en el sondeo TR-4. Este bloque se encuentra limitado al Este por la importante falla de Troya. mientras que los otros límites no están claros y deben venir definidos por otras fracturas menores. Tiene forma de huso con el eje mayor de dirección sensiblemente Norte–Sur. De acuerdo con los resultados del sondeo TR-5B, el límite Norte de esta estructura debe situarse al Sur del río Eztanda.
- De ser esto cierto, la columna perforada en el sondeo TR-5B, al Norte del acuífero de la estructura que alza el bloque del TR-4, es la correspondiente al bloque occidental del Domo en esta zona. Así, habría que interpretar la columna perforada como:

Prof. (m)	Litología	Formación
0-125	Limolitas calcáreas masivas con algo de mica	Supraurgoniano
125-207,40	Lutitas negras con pirita	Supraurgoniano
207,40-211,50	Calizas grises con pirita	Margas de San Prudencio
211,50-381,20	Margas grises masivas con abundante pirita	Margas de San Prudencio
381,20-462	Lutitas negras y areniscas con abundante pirita	Areniscas de Otaño
462-500,35	Margas grises masivas con pirita	Margas de Troya

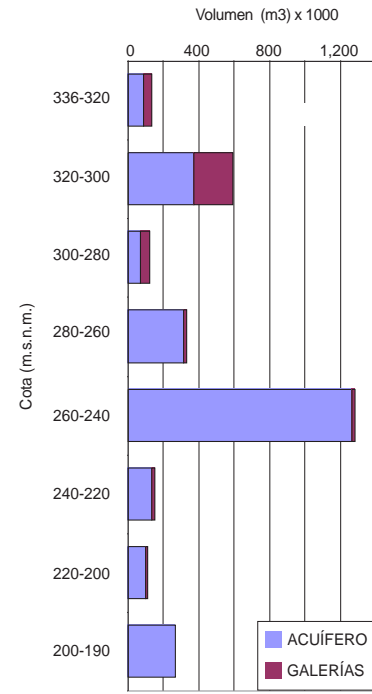
- Los materiales detríticos perforados hasta el metro 207 corresponderían al Complejo Supraurgoniano. El paquete de 4 de metros de calizas, así como el nivel atravesado entre 345-346 m, estaría integrado dentro del potente conjunto de margas emplazado a muro que continua hasta el metro 381,20 y constituye las denominadas margas de San Prudencio. El término inferior, hasta el metro 462, compuesto por lutitas y areniscas negras, representaría a las areniscas de Otaño que engloba además un tramo margoso entre los metros 405 y 426. En este tramo, entre los metros 381,20-383 y 392,95-393,25, se cortan niveles de arenas sin cementar que son muy característicos de esta formación. A partir de este punto, el sondeo entraría en las margas de Troya. Esta hipótesis colocaría el techo de las calizas de Troya, en el emplazamiento del sondeo TR-5B, a una profundidad superior a 600 m.

Las incertidumbres que se plantean de cara a una futura actuación son muy importantes. Sin embargo, las posibilidades que abre el disponer de un punto de explotación del acuífero próximo a la cota 280 justifican el riesgo de la operación (Figura 2). Se pueden sintetizar en:

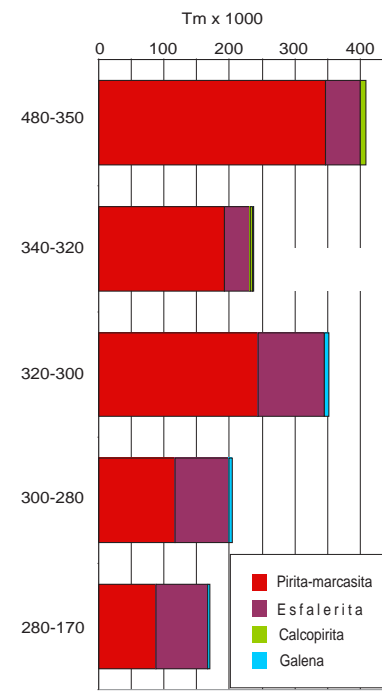
ACUÍFERO TROYA. ALMACENAMIENTO CALCULADO A PARTIR DE LOS DATOS DE LA RECARGA. UPV 1998



ACUÍFERO TROYA. ALMACENAMIENTO CALCULADO A PARTIR DE LOS DATOS DE DRENAJE. HFA 1994



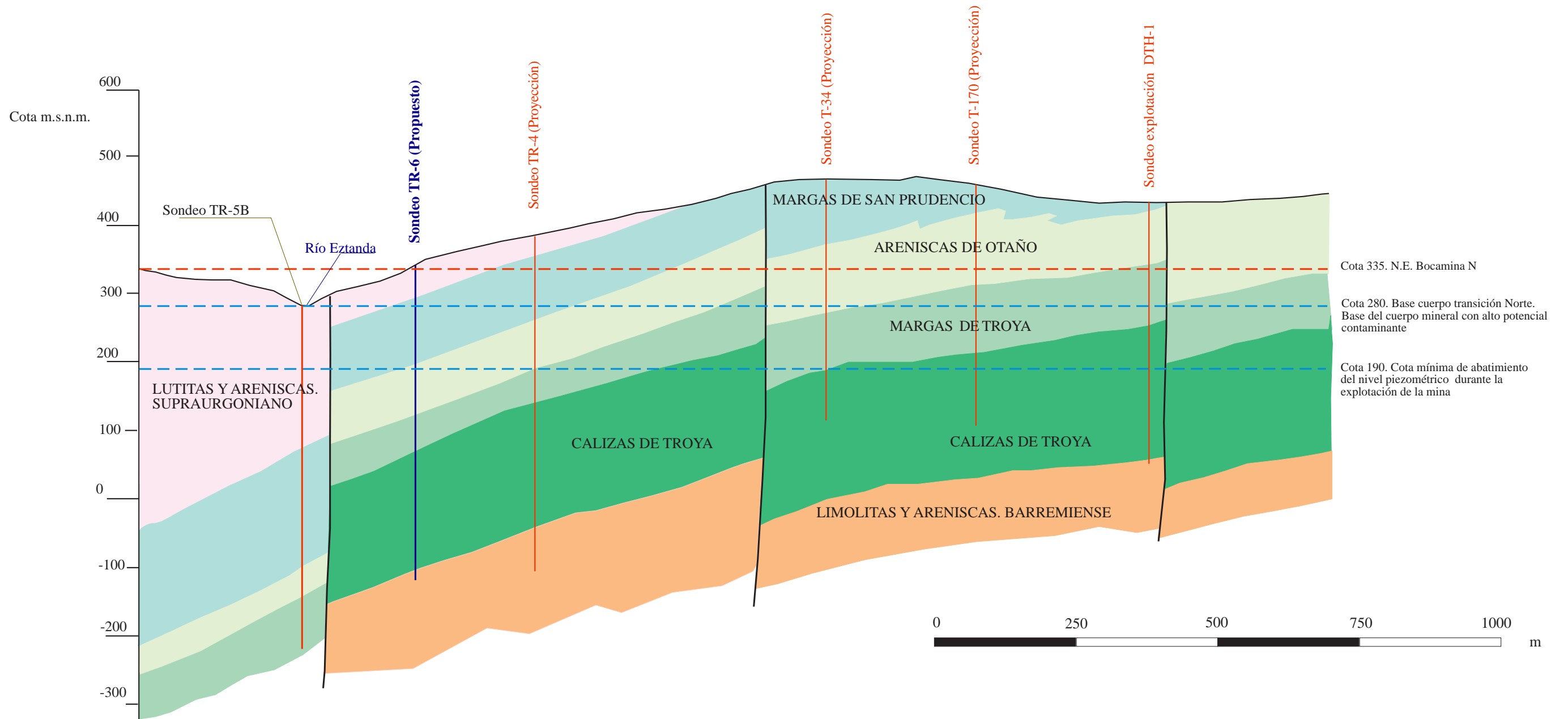
CALIZAS DE TROYA. MASA MINERAL SIN EXPLOTAR



DEPARTAMENTO DE ORDENACION DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE
Dirección de Aguas

REGULACION DEL ACUÍFERO TROYA.
SONDEO DE INVESTIGACIÓN TR-5B. Mayo 2002

FIGURA 2



- Evacuación por gravedad del volumen situado entre las cotas 280 y 335. Esto supone cerca de 1,3 Hm³ más el volumen de recarga recibido por el acuífero ($Q_m \approx 35$ l/s) durante período de drenaje. Con toda probabilidad, este agua presentará importantes contenidos en sulfatos y metales. La cota de ubicación de este punto de explotación permite el desagüe por gravedad de este volumen a la balsa de estériles de la mina lo que garantiza un grado importante de depuración previo a su vertido al río Eztanda.
- El punto de explotación permitirá mantener, con un coste energético de explotación nulo, el 83% del volumen de galerías de laboreo y acceso en seco, impidiendo su anegación y el reinicio de los procesos de oxidación-disolución de las masas de sulfuros expuestas. Este proceso es el principal motivo de degradación de la calidad del agua del acuífero.
- Las galerías anegadas bajo la cota 280, que suponen el 17% del volumen de galerías restante, se caracterizan por una escasa presencia de mineral con bajos contenidos de pirita y nulos de marcasita. Su potencial contaminante, de acuerdo con las distintas fuentes consultadas, es muy reducido.
- El volumen de almacén situado entre las cotas 190 y 280 asciende a un mínimo de 650.000 m³ (UPV 1998) y un máximo de 2,15 Hm³ (HFA 1994). Estos volúmenes deben incrementarse con la aportación natural registrada durante el período de explotación, y que para una duración del estiaje estimada en 100 días es de 0,15 Hm³.
- De este modo, se podrá abordar la regulación del acuífero Troya a un coste muy interesante que para el recurso renovable existente, del orden de 1,5 Hm³/año se calcula inferior a 0,011€/m³ (2 pts/m³).

Por lo tanto, a la vista del interés que tiene la zona de trabajo parece razonable perforar un nuevo sondeo de investigación en un punto intermedio entre los sondeos TR-4 y TR-5B con el fin de conocer la situación y las características del acuífero carbonatado. Existe un emplazamiento adecuado a cota 340, 190 m al Norte del sondeo TR-4. Suponiendo que el sondeo se emplaza en el bloque levantado del TR-4, el techo de las calizas se cortaría a una profundidad comprendida entre 315 m, para un buzamiento medio de 30°, y 400 m, supuesto un buzamiento medio de 45°. El nivel estático debe situarse a menos de 7 m de profundidad. En estas circunstancias, se podría plantear la realización de un sondeo inclinado desde la cota 285 que cortaría el techo de las calizas tras perforar 318 m con una inclinación sobre la vertical de 37°, en el supuesto de 30° de buzamiento medio, y 389 m con una inclinación de la perforación de 29°, en el supuesto de un buzamiento medio de 45°.

6. CONCLUSIONES

La perforación del sondeo de investigación hidrogeológica TR-5B en la zona norte del acuífero Troya, ha proporcionado los siguientes resultados:

- ◊ El sondeo se ha emplazado en la ribera del río Eztanda. Ha sido perforado por el método de rotación con extracción continua de testigo y ha alcanzado una profundidad de 500,35 m.
- ◊ Una primera perforación (sondeo TR-5) ha tenido que ser abandonada en el metro 118 debido a la imposibilidad de avanzar por la extrema fracturación y alteración de la formación lutítica atravesada.
- ◊ La serie atravesada por el sondeo TR-5B consiste en limolitas calcáreas, lutitas negras y margas masivas con abundante pirita. El sondeo atraviesa 4 m de calizas algo mineralizadas (pirita y esfalerita) pero no se alcanza el objetivo: el acuífero carbonatado de Troya descartando el corte previsto del sondeo que colocaba el techo de las calizas a unos 300 m de profundidad
- ◊ La estratigrafía de la serie es complicada debido a la escasa presencia de restos fósiles en los materiales atravesados y la gran similitud facial existente entre los distintos materiales. No obstante, el análisis de los datos obtenidos apunta al acuñaamiento del bloque levantado, en el que se emplaza el sondeo TR-4, al sur del sondeo TR-5B.
- ◊ De este modo, el sondeo habría cortado la serie completa aflorante en el flanco Oeste del Domo siendo su interpretación:

Prof. (m)	Litología	Formación
0-125	Limolitas calcáreas masivas con algo de mica	Supraurgoniano
125-207,40	Lutitas negras con pirita	Supraurgoniano
207,40-211,50	Calizas grises con pirita	Margas de San Prudencio
211,50-381,20	Margas grises masivas con abundante pirita	Margas de San Prudencio
381,20-462	Lutitas negras y areniscas con abundante pirita	Areniscas de Otaño
462-500,35	Margas grises masivas con pirita	Margas de Troya

- ◇ Si esta interpretación es correcta y no hay nuevas repeticiones de serie el techo de las calizas de Troya debería situarse por debajo de los 600 m.

- ◇ 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 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, se podrá plantear la manera más adecuada para su explotación mediante un sondeo inclinado desde la vega del Eztanda o cualquier otro medio.

Anexo 1

Hojas de testificación del sondeo TR-5B

LOCALIZACIÓN

Territorio Histórico: **Gipuzkoa**
 T.M.: **Gabiria**
 UTMX: **557.710**
 UTMY: **4.766.780**
 Cota (m): **285**

CARACTERÍSTICAS

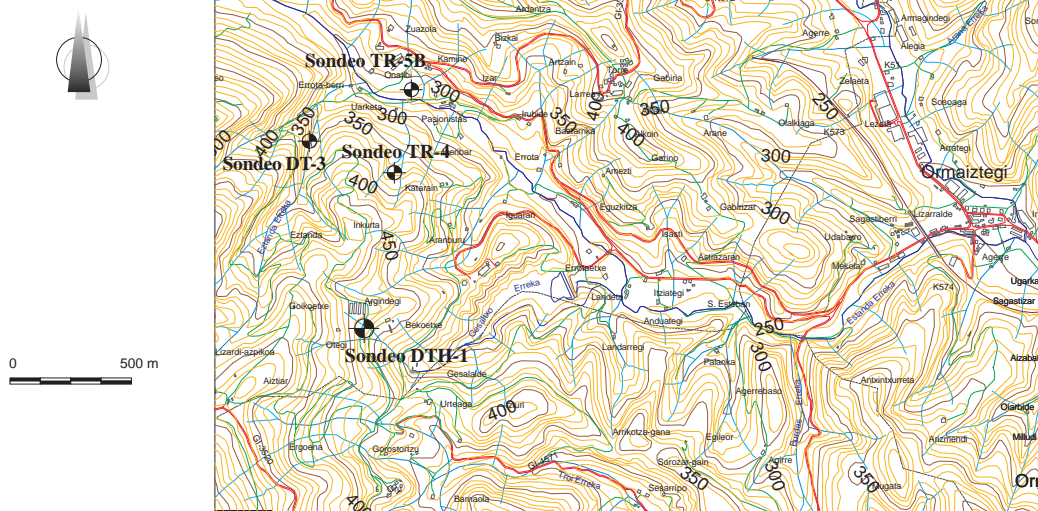
Método: **Rotación con extracción continua de testigo**
 Inicio: **28/05/01**
 Finalización: **10/10/01**
 Profundidad final: **500,35 m**
 Profundidad nivel piezométrico: **surgente**



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

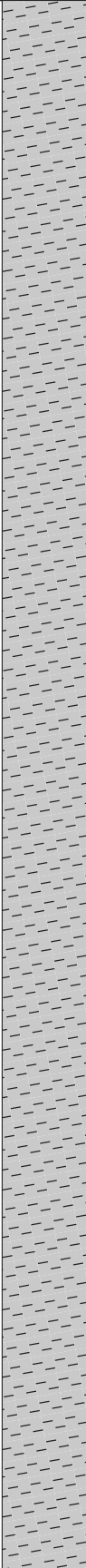
DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO
 Dirección de Aguas

MAPA DE SITUACIÓN



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				
1	1.00																
2	2.00				40%												
3	2.60				90%												
4	2.90				70%												
5	3.20				30%												
	4.00				90%												

CANTOS RODADOS DE ARENISCAS. DEPOSITOS ALUVIALES

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				
15.20			100%														LIMOLITAS CALCAREAS CON ALGO DE MICA				
16																					
17																					
18																					
18.45																					
19																					
20																					
20.75																					
21																					
22																					
23																					
24																					
24.95																					

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				
25.40			100%														LIMOLITAS CALCAREAS CON ALGO DE MICA				
26																					
26.70																					
27																					
28																					
28.20																					
28.50																					
29																					
30																					
30.65																					
31			80%														ARENISCAS CALCAREAS DE GRANO FINO				
31.40																					
32																					
32.80																					
33																					
34			100%														LIMOLITAS CALCAREAS CON ALGO DE MICA				
34.20																					
35																					

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																
			100%																																			
36																																						
	36.60																																					
37				60%																																		
	37.30																																					
38																																						
	39																																					
40																																						
	40.90																																					
42																																						
	42.75																																					
43																																						
	43.30																																					
44																																						
	45																																					

LIMOLITAS CALCAREAS MASIVAS
CON ALGO DE MICA

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Karstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación			
			25%	50%	75%	Baja	Medio	Alta	Baja		Medio	Alta	Silt	Muy fino	Fino					Medio	Grueso	Muy grueso
46																						
46.50																						
47																						
48																						
48.72																						
49																						
49.50																						
50						100%																
51																						
52	52.00																					
52.50																						
53																						
54																						
54.70																						
55																						

LIMOLITAS CALCAREAS MASIVAS
CON ALGO DE MICA

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				
56																		LIMOLITAS CALCAREAS MASIVAS CON ALGO DE MICA			
57																					
57.70																					
58																					
59																					
59.90				100%																	
60																					
60.60																					
61																					
62																					
63																					
63.60																					
64																					
64.40																					
65																					

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Karstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Baja	Alta	Baja	Alta		Silt	Muy fino	Fino	Medio	Grueso				
65.60	66		100%																
67			90%																
68																			
68.60	69																		
69.30	70			100%															
70																			
71																			
72	72.00																		
72.60	73																		
73																			
73.60	74																		
74																			
74.20	75		95%																

LIMOLITAS CALCAREAS MASIVAS
CON ALGO DE MICA

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Karstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Baja	Alta	Baja	Alta		Silt	Muy fino	Fino	Medio	Grueso				
85.25																			
86																			
86.80																			
87																			
88																			
88.55																			
89																			
89.85					100%														
90																			
91																			
91.70																			
92																			
92.85																			
93																			
94																			
94.70																			
95																			

LIMOLITAS Y ARGILITAS NEGRAS CON ALGUNAS VENILLAS DE CALCITA

88.80

LIMOLITAS CALCAREAS MASIVAS CON ALGO DE MICA

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación			Alteración			Karstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Baja	Medía	Alta	Baja	Medía	Alta		Silt	Muy fino	Fino	Medio	Grueso				
96																		LIMOLITAS CALCAREAS MASIVAS CON ALGO DE MICA			
97																		97.00			
97.70																					
98																					
99																					
100																					
100.25																					
101																					
101.84																		LIMOLITAS Y ARGILITAS NEGRAS CON ALGUNAS VENILLAS DE CALCITA			
102																					
102.65																					
103																					
104																					
105																					

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
	105.50																				
	106																				
	107																				
	107.65																				
	108																				
	109																				
	110				100%																
	110.65																				
	111																				
	112																				
	112.25																				
	112.75																				
	113																				
	113.50																				
	114																				
	115																				

LIMOLITAS Y ARGILITAS NEGRAS CON ALGUNAS VENILLAS DE CALCITA

112.00

LIMOLITAS CALCAREAS MASIVAS CON ALGO DE MICA

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Kartificación	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
116																						
116.50																						
117																						
118																						
118.50																						
119				100%																		
120																						
120.25																						
121				90%																		
121.05																						
121.65																						
122																						
122.85				100%																		
123																						
123.35																						
123.65																						
124																						
124.65																						
125																						

LIMOLITAS CALCAREAS MASIVAS
CON ALGO DE MICA

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Karsificación	Granulometría					Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación	
			25%	50%	75%	Baja	Alta	Baja	Alta		Silt	Muy fino	Fino	Medio	Gruoso					Muy grueso
	125.05																			
	126		100%																	
	127																			
	127.35		90%																	
	127.90																			
	128																			
	129		100%																	
	130																			
	131																			
	131.15		80%																	
	131.70																			
	132																			
	133																			
	133.25																			
	133.75		100%																	
	134																			
	134.65		90%																	
	135																			

125.05

LUTITAS NEGRAS MASIVAS

132.00

LIMOLITAS CALCAREAS
CON PIRITA

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Kartstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Baja	Alta	Baja	Alta		Silt	Muy fino	Fino	Medio	Gruoso				
155.30			80%																
156	156.05		90%																
157			100%																
157.25			90%																
158	157.95		100%																
158.55			100%																
159	159.05		90%																
159.55																			
160	160.15																		
161	161.05		100%																
162																			
162.65																			
163	163.15		70%																
164	163.90																		
165.40			100%																
165																			

LUTITAS NEGRAS CON PIRITA Y ALGUNAS PASADAS MILIMETRICAS DE ARENISCA

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Kartstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Baja	Media	Alta	Baja		Media	Alta	Silt	Muy fino	Fino				
165.40																			
166																			
166.30																			
167																			
168																			
168.75																			
169																			
170			100%																
170.85																			
171																			
171.10																			
172																			
173																			
174																			
174.05																			
174.10																			
175																			

LUTITAS NEGRAS CON PIRITA Y ALGUNAS PASADAS MILIMETRICAS DE ARENISCA

174.10

LIMOLITAS CALCAREAS CON CANTOS OCASIONALES DE CALIZA

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
	176																					
	176.60																					
	177																					
	178																					
	179																					
	179.05																					
	180				100%																	
	181																					
	181.45																					
	182																					
	182.80																					
	183																					
	183.50																					
	184																					
	184.25																					
	185																					

LIMOLITAS CALCAREAS
CON CANTOS
OCASIONALES DE CALIZA

176.00

LUTITAS NEGRAS MASIVAS
DE 181 A 186 MILONITIZACIÓN

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Kartstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación	
			25%	50%	75%	Baja	Media	Alta	Baja		Media	Alta	Silt	Muy fino	Fino					Medio
	195.75	[Litología: Patrón de guiones horizontales]	75%																	
	196		80%																	
	196.85		30%																	
	197		40%																	
	198																			
	198.35		30%																	
	199		40%																	
	199.85		100%																	
	200																			
	201																			
	201.15																			
	202																			
	203		80%																	
	204																			
	204.25		50%																	
	205																			

LUTITAS NEGRAS MASIVAS

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Karstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Baja	Alta	Baja	Alta		Silt	Muy fino	Fino	Medio	Gruaso				
216																			
217																			
217.75																			
218					100%														
219																			
220																			
220.30					70%														
221																			
221.20																			
222					40%														
223																			
223.20					100%														
224																			
224.20																			
225																			

MARGAS GRISES BRECHOIDES CON ABUNDANTES VENAS DE CALCITA

LUTITAS CON VENILLAS DE CALCITA Y PIRITA

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				
	226																		
	225.95																		
	227																		
	228																		
	229																		
	229.10																		
	230																		
					100%														
	231																		
	232.10																		
	232																		
	233																		
	234																		
	235																		

LUTITAS CON VENILLAS DE CALCITA Y PIRITA

226.00

MARGAS GRISES CON PIRITA. A TECHO FACIES BRECHODES Y ABUNDANTE CALCITA. A PARTIR DE 236 MUY COMPACTAS Y MASIVAS

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Karstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Baja	Alta	Baja	Alta		Silt	Muy fino	Fino	Medio	Gruoso				
276	276.05	[Litología: Marga gris masiva con piritas]	100%																
277																			
278																			
278.75																			
279																			
280																			
281																			
281.75																			
282																			
283																			
284																			
284.75																			
285																			

MARGAS GRISES MASIVAS CON ABUNDANTE PIRITA

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				
296																			
297	296.90																		
298																			
299																			
300	300.05				100%														
301																			
302																			
303	303.05																		
304																			
305	304.15																		

MARGAS GRISES MASIVAS CON PIRITA

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				
306																			
306.85																			
307																			
308																			
309																			
309.90					100%														
310																			
311																			
312																			
312.90																			
313																			
314																			
315																			

MARGAS GRISES MASIVAS CON PIRITA

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Karstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Baja	Alta	Baja	Alta		Silt	Muy fino	Fino	Medio	Grueso				
316	315.90	[Litología: Marga gris]														MARGAS GRISES MASIVAS CON PIRITA			
317		[Litología: Marga gris]																	
318		[Litología: Marga gris]																	
319	318.95	[Litología: Marga gris]																	
320		[Litología: Marga gris]	100%																
321		[Litología: Marga gris]																	
322	321.95	[Litología: Marga gris]																	
323	323.00	[Litología: Marga gris]																	
324	323.75	[Litología: Marga gris]																	
	324.35	[Litología: Marga gris]																	
325		[Litología: Marga gris]																	

320.50

ZONA MILONITIZADA. FRAGMENTOS DE MARGAS, LUTITAS Y CALIZAS

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	Gruaso
326	326.00		100%																ZONA MILONITIZADA. FRAGMENTOS DE MARGAS, LUTITAS Y CALIZAS		
327																					
328																					
329	327.45		80%																		
330																					
331																					
332	331.70		100%																		
333	332.75																				
334	333.70																				
335																					

326.00

MARGAS GRISES MASIVAS CON PIRITA

333-334,40 FALLA

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				
336																			
336.55																			
337																			
338	337.90																		
339					100%														
340																			
341	340.95																		
342	341.75				80%														
343																			
344					100%														
344.15																			
345																			

MARGAS GRISES MASIVAS CON PIRITA

344.10

CALIZAS GRISES. A TECHO BRECHAS

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Karstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Baja	Alta	Baja	Alta		Silt	Muy fino	Fino	Medio	Grueso				
346																			
347																			
347.15																			
348																			
349																			
350																			
350.15					100%														
351																			
352																			
353																			
353.25																			
354																			
355																			

MARGAS GRISES MASIVAS CON PIRITA.
 ABUNDANTES CANTOS DE CALIZAS
 URGONIANAS DE RANGO
 CENTIMÉTRICO

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Karstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Baja	Alta	Baja	Alta		Silt	Muy fino	Fino	Medio	Gruaso				
356																			
	356.45																		
357																			
358																			
359																			
	359.45																		
360					100%														
	360.65																		
361																			
	362																		
	363																		
	363.25																		
364																			
365																			

MARGAS GRISES MASIVAS CON PIRITA.

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				
365.40																			
366																			
367																			
368																			
368.65																			
369																			
370					100%														
371																			
371.50																			
372																			
373																			
374																			
374.65																			
375																			

MARGAS GRISES MASIVAS CON
ABUNDANTE PIRITA

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				
386	386.15		50%																
387																			
388																			
389																			
390	389.30			100%															
391	390.75																		
392																			
393	392.95																		
	393.25																		
394																			
395																			

LUTITAS NEGRAS CON PIRITA

ARENAS NEGRAS CON PIRITA

LUTITAS NEGRAS CON PASADAS DE ARENISCAS DE GRANO MEDIO

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Karstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Baja	Alta	Baja	Alta		Silt	Muy fino	Fino	Medio	Grueso				
406																			
407																			
407.20																			
408																			
408.65																			
409																			
410																			
410.35																			
411																			
412																			
413																			
413.35																			
414																			
415																			

MARGAS GRISES MASIVAS CON ABUNDANTE PIRITA
DISEMINADA

100%

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				
	415.60																		
	416																		
	417																		
	418																		
	418.70																		
	419																		
	420																		
	420.65																		
	421																		
	421.50																		
	422																		
	423																		
	424																		
	424.60																		
	425																		

415.40 ZONA MILONITIZADA

MARGAS GRISES MASIVAS CON PIRITA DISEMINADA

100%

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			
	426																MARGAS GRISES MASIVAS CON PIRITA DISEMINADA			
	427																			
	427.15																			
	427.70																			
	428																			
	428.25																			
	428.70																			
	429																			
	430																ARENISCAS GRISES DE GRANO MEDIO Y GRUESO CON PIRITA. INTERCALACIONES OCASIONALES DE LUTITAS			
	431																			
	431.75				100%															
	432																			
	433																			
	433.40																			
	434																			
	434.20																ALTERNANCIA DE LUTITAS NEGRAS Y ARENISCAS GRISES DE GRANO MEDIO Y GRUESO. ABUNDANTE PIRITA			
	435																			

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Karsificación	Granulometría					Descripción	Estructuras, fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	Formación
			25%	50%	75%	Baja	Alta	Baja	Alta		Silt	Muy fino	Fino	Medio	Grueso				
435.05																			
436																			
437																			
437.20																			
438																			
438.85																			
439																			
440																			
441																			
441.05																			
442																			
443																			
444																			
444.15																			
445																			

ALTERNANCIA DE LUTITAS NEGRAS Y ARENISCAS
 GRISES DE GRANO MEDIO Y GRUESO. ABUNDANTE
 PIRITA

438.00

LUTITAS NEGRAS CON ABUNDANTE PIRITA
 INTERCALACIONES DE ARENISCAS DE GRANO
 MEDIO Y FINO

100%

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				
446																	
447																	
447.15																	
448																	
449																	
450																	
450.20																	
451																	
452																	
453																	
453.30																	
454																	
455																	

100%

LUTITAS NEGRAS CON ABUNDANTE PIRITA
INTERCALACIONES DE ARENISCAS DE GRANO
MEDIO Y FINO

453.50

ARENISCAS GRISES CARBONATADAS.
INTERCALACIONES DE LUTITAS CON ABUNDANTE
PIRITA FRAMBOLDAL

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				
456.70	456	[Litología: Alternancia de lutitas y areniscas de grano grueso]																ALTERNANCIA DE LUTITAS Y ARENISCAS DE GRANO GRUESO. PIRITA			
457																					
458																					
459																					
459.55																					
460																					
461																					
462																					
462.20																					
463			[Litología: Margas grises masivas con pirita]																	MARGAS GRISES MASIVAS CON PIRITA	
464																					
464.65																					
465																					

40°

462.40

100%

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				
466																			
467																			
468	467.95																		
469																			
470					100%														
471	470.95																		
472																			
473					80%														
474	474.25																		
475					100%														

MARGAS GRISES CON PIRITA. INTERCALACIONES DE ARENISCAS Y VENILLAS DE CALCITA

50P

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Karstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	
			25%	50%	75%	Baja	Media	Alta	Baja		Media	Alta	Silt	Muy fino	Fino			Medio	Grueso
486																			
	486.50																		
487																			
488																			
489																			
	489.65					100%													
490																			
491																			
492																			
	492.70																		
493																			
494																			
495																			

MARGAS GRISES MASIVAS COMPACTAS CON PIRITA

Profundidad (m)	Profundidad manobra (m)	Litología	Recuperación			Fracturación		Alteración		Karstificación	Granulometría					Descripción	Estructuras fósiles, minerales, etc.	Buzamiento	
			25%	50%	75%	Baja	Media	Alta	Baja		Media	Alta	Silt	Muy fino	Fino			Medio	Grueso
	495.70																		
	496																		
	497																		
	498																		
	499	499.00																	
	500				100%														
	501																		
	502																		
	503																		
	504																		
	505																		

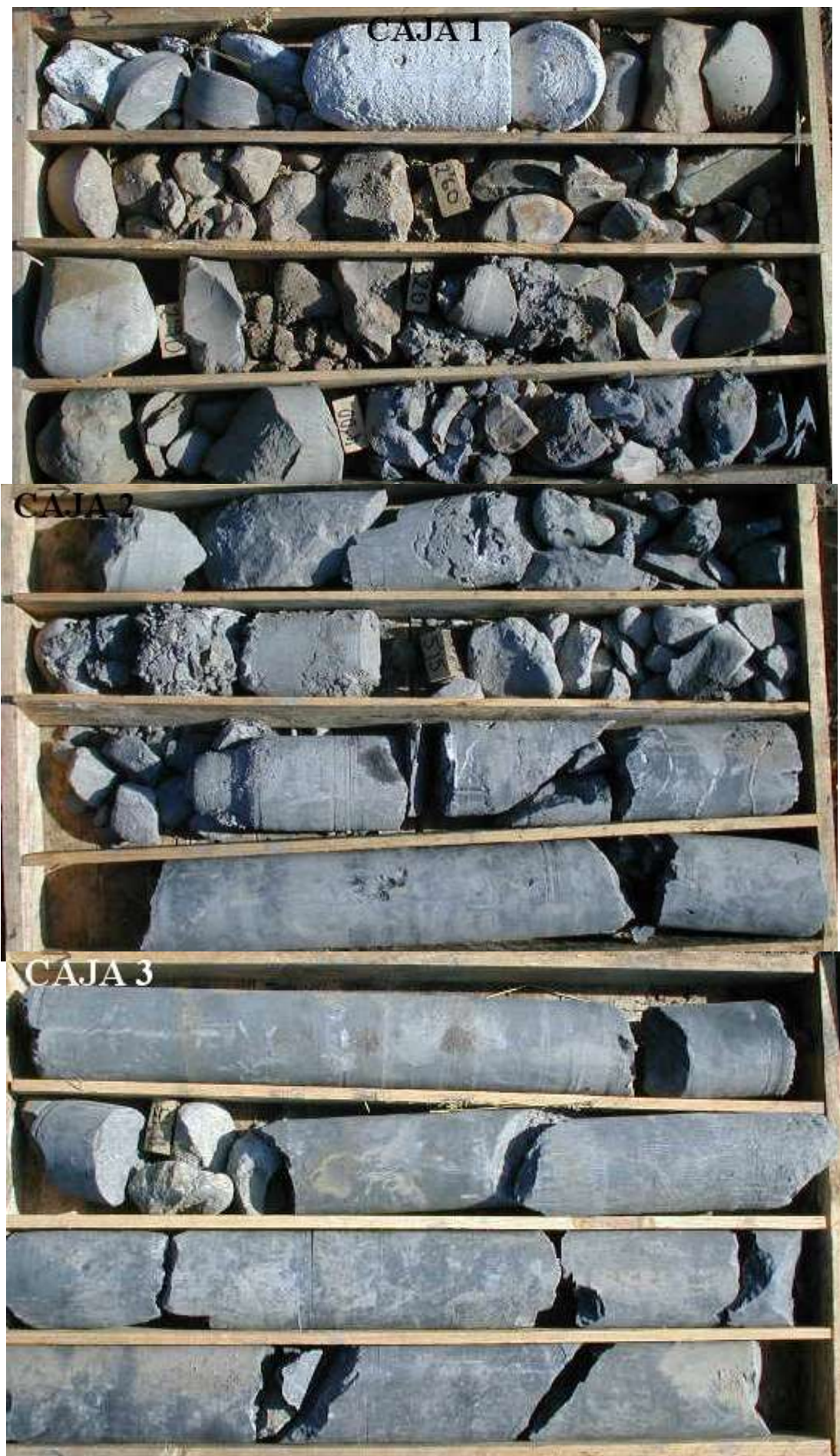
MARGAS GRISES MASIVAS COMPACTAS CON PIRITA

500.35 - FIN SONDEO

Anexo 1

Fotografías del testigo del sondeo TR-5B

SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



CAJA 23



CAJA 24



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B



SONDEO TR-5B

