



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

62340



JUNTA DE ANDALUCÍA
Consejería de Obras Públicas y Transportes

CONVENIO DE COLABORACIÓN CON LA
CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
PARA EL DESARROLLO DEL PROGRAMA DE
ASISTENCIA EN
AGUAS SUBTERRÁNEAS
PARA ABASTECIMIENTOS

1996-2000

**ACTIVIDAD Nº 13. PLAN DE INTEGRACIÓN DE LOS
RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS EN LOS
SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PÚBLICO DE
ANDALUCÍA. SECTOR DE ACUÍFEROS EN RELACIÓN
CON EL ABASTECIMIENTO DE LA COMARCA DE LA
SIERRA DE SEGURA (JAÉN).**

**Documento 13.13.- Ensayo de bombeo para la evaluación del rendimiento del
sondeo de reconocimiento de Burunchel La Iruela (Jaén).**



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España



JUNTA DE ANDALUCÍA
Consejería de Obras Públicas y Transportes

ACTIVIDAD Nº 13. PLAN DE INTEGRACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PÚBLICO DE ANDALUCÍA. SECTOR DE ACUÍFEROS EN RELACIÓN CON EL ABASTECIMIENTO DE LA COMARCA DE LA SIERRA DE SEGURA (JAÉN).

Documento 13.13.- Ensayo de bombeo para la evaluación del rendimiento del sondeo de reconocimiento de Burunchel La Iruela (Jaén).

INDICE

	Pag.
1.- <u>INTRODUCCION</u>	1
1.1.- ANTECEDENTES	1
1.2.- OBJETIVOS	3
2.- <u>DESCRIPCION GENERAL DE LOS TRABAJOS</u>	5
2.1.- CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE BOMBEO Y CONTROL	5
2.2.- DESARROLLO DE LOS TRABAJOS E INCIDENCIAS	6
3.- <u>BOMBEOS PREVIOS</u>	7
4.- <u>ENSAYO DE BOMBEO DEFINITIVO</u>	10
4.1.- ANALISIS DE LOS DESCENSOS	11
4.2.- ANALISIS DE LA RECUPERACION	13
5.- <u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	16

ANEXOS

- 1.- Datos obtenidos en los bombeos previos
- 2.- Datos obtenidos en el bombeo definitivo

1.- INTRODUCCION

El presente informe tiene por objeto describir los trabajos realizados y resultados obtenidos en la realización de un Ensayo de Bombeo en el sondeo Burunchel en La Iruela (Jaén), de acuerdo con la oferta aceptada por la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía.

El trabajo ha sido llevado a cabo a través de la empresa contratista de las obras "ISABEL CARREÑO LAGUNA, PAVIMENTOS ASFALTICOS".

1.1.- ANTECEDENTES

La pedanía de Burunchel (La Iruela) viene sufriendo, en la época estival, un déficit de agua, evaluado en unos 6,5 l/s.; la demanda de la población se ve satisfecha, el resto del año, con las actuales captaciones existentes.

Para intentar satisfacer la demanda estival, recientemente ha sido construido, por la empresa "Perforaciones Suarez", un sondeo de investigación de 276 m de profundidad.

Este sondeo era una de las dos alternativas planteadas en el "Estudio Hidrogeológico para la mejora del abastecimiento a Burunchel" realizado por el Instituto Tecnológico GeoMinero de España"

El sondeo presenta, según la información suministrada, las siguientes características:

Diámetro: 220 mm.

Profundidad: 276 metros.

Sistema de perforación: Rotopercusión.

Litología atravesada:

de 0 a 84 m. Calizas jurásicas.

de 84 a 97 m. Calizas con intercalaciones de margas.

de 97 a 102 m. Margas y margocalizas.

de 102 a 123 m. Calizas.

de 123 a 129 m. Margas.

de 129 a 176 m. Calizas.

de 176 a 201 m. Calizas margosas.

de 201 a 213 m. Calizas.

de 213 a 216 m. Margas arenosas.

de 216 a 225 m. Calizas verdosas.

de 225 a 240 m. Calizas y margas.

de 240 a 273 m. Margas arenosas.

Caudal: El caudal estimado mediante el compresor de la máquina de perforación fue ligeramente inferior a 1 l/s.

Profundidad del nivel: El agua se alcanzó a 170 metros. El nivel de agua tras unas semanas desde la finalización del sondeo se situaba a 101,89 m. de profundidad.

Cota del agua: El sondeo se sitúa a unos 1085 m.s.n.m. según la cartografía a escala 1/10.000, por lo que la cota del agua (983 m.s.n.m) es sensiblemente coincidente con la del manantial que descarga esta escama calcárea, situado a unos 980 m.s.n.m. según datos del estudio previo realizado en su día.

Entubado: El sondeo se encuentra sin entubar, solo dispone de un metro de tubería metálica de emboquille con tapa.

1.2.- OBJETIVOS

Aunque el sondeo inicialmente se consideró negativo para los fines previstos, existían dudas para desestimarlos definitivamente, en base a los siguientes puntos:

a) El caudal estimado mediante el compresor de la máquina de perforación, pudiera estar infravalorado por pérdidas de agua en las fracturas situadas sobre el nivel piezométrico, sobre todo considerando el elevado espesor y fracturación de las calizas situadas sobre el nivel del agua.

Este hecho es habitual en materiales de esta naturaleza, donde además son frecuentes las pérdidas de aire y espumante que hacen poco

fiables los datos suministrados por el bombeo con compresor, incluso con un control exhaustivo durante su ejecución.

b) Dado el desconocimiento de las características hidrodinámicas del sondeo, no se podía descartar que mediante su desarrollo y/o ensanche, por los procedimientos adecuados, pudiera obtenerse el caudal necesario (unos 6,5 l/s).

Para dilucidar dichas incógnitas, la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía y el ITGE, vieron la necesidad de realizar un Ensayo de Bombeo que permitiera determinar el caudal suministrado por el sondeo y evaluar la conveniencia de ensancharlo para su explotación, y poder así complementar las necesidades de agua de la pedanía de BURUNCHEL (La Iruela) en la época estival.

2.- DESCRIPCION GENERAL DE LOS TRABAJOS

2.1.- CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE BOMBEO Y CONTROL

El Ensayo de Bombeo fue realizado por la empresa "Riegos y Suministros Genil S.L" durante los días 29 y 30 de Julio de 1996, bajo el control y dirección de INGEMISA.

El equipo de bombeo utilizado estaba constituido por un Grupo de la marca Leroy Sones de 160 KVA, accionado mediante un motor "Barreiros" de 300 C.V. El grupo motobomba es de la marca Caprari, tipo 6RB40/42 de 30 C.V.

La aspiración se colocó a 196 m, siendo imposible colocarla a mayor profundidad por obstrucciones en el sondeo.

En el sondeo se instalaron dos tuberías para realizar los ensayos, una tubería de impulsión de 2,5 pulgadas y una tubería piezométrica auxiliar.

Los caudales se midieron por volumetría mediante un recipiente calibrado y los niveles se registraron mediante sondas eléctricas calibradas.

El agua bombeada se vertía de forma libre por la ladera del monte que posee una fuerte pendiente.

Durante los ensayos de bombeo se controlaron la temperatura y la conductividad del agua del sondeo, mediante conductivímetro digital de precisión WTW, dotado de termómetro digital.

2.2.- DESARROLLO DE LOS TRABAJOS E INCIDENCIAS

Para alcanzar los objetivos propuestos se han llevado a cabo las siguientes actividades:

Se realizaron 3 bombeos. Los dos primeros fueron paralizados a los 5 y 12 minutos de su comienzo respectivamente, por fugas en el circuito eléctrico de una sonda y atranque de la segunda sonda disponible, problemas surgidos como consecuencia de las características del sondeo y el escaso espacio interanular existente entre las paredes y la tubería de impulsión.

Tras adquirir una nueva sonda eléctrica calibrada, se realizó el bombeo definitivo, a un caudal de 0,5 l/s, que tuvo una duración ligeramente superior a 18 horas.

Una vez finalizado el bombeo se controlaron los niveles de recuperación durante 6 horas y media, obteniéndose datos suficientemente representativos para su correcta interpretación. La depresión residual al final del período controlado era inferior a 0,5 m.

3.- BOMBEO PREVIOS

El primer bombeo se inició a las 12:15 del día 29 de Julio de 1996, con un caudal de 1 l/s y tuvo una duración de 5 minutos. Se tomó la decisión de finalizar el bombeo, por avería de la sonda utilizada.

El nivel inicialmente se encontraba a 102.73 m. de profundidad, y tras el primer minuto de bombeo se apreció una depresión de 7,48 m.

Tras el bombeo se comprobó que el nivel del sondeo se recuperaba muy lentamente, de tal forma que a los 40 minutos la depresión residual era de 3.81 m.

Las medidas registradas se recogen en la ficha correspondiente (Anexo 1).

El segundo bombeo se inició a las 13:00, con un caudal de 1,5 l/s.

El registro de niveles se realizó, ante la imposibilidad de utilizar la tubería piezométrica instalada por tener un diámetro de paso muy similar al de la sonda, introduciendo la nueva sonda entre la pared del sondeo y la tubería de impulsión.

El nivel del sondeo, al comienzo de este nuevo bombeo, no se había recuperado del anterior y se encontraba a 106,38 m. de profundidad.

El bombeo finalizó a los 12 minutos, por atranque de la nueva sonda, habiéndose generado una depresión superior a los 26,34 m.

Las medidas registradas durante este bombeo se presentan en la ficha correspondiente, que se adjunta en el anexo 1.

El descenso en el sondeo, a partir de los 3 minutos del comienzo del bombeo en los que la depresión fue de 15,32 m, parece incrementarse gradualmente en torno a 1-2 m. por minuto.

Analizando gráficamente los descensos en función del logaritmo del tiempo (figura 1), se comprueba una perfecta alineación de los puntos, excepto en el primer valor registrado.

A partir de dicha recta, aplicando el método de Jacob:

$$T=0,183 \frac{Q}{d}$$

siendo: T= transmisividad (m²/día); Q= caudal (m³/día) y d=descenso de la recta por ciclo (m).

Se obtiene una transmisividad muy baja, de 0,8 m²/día.

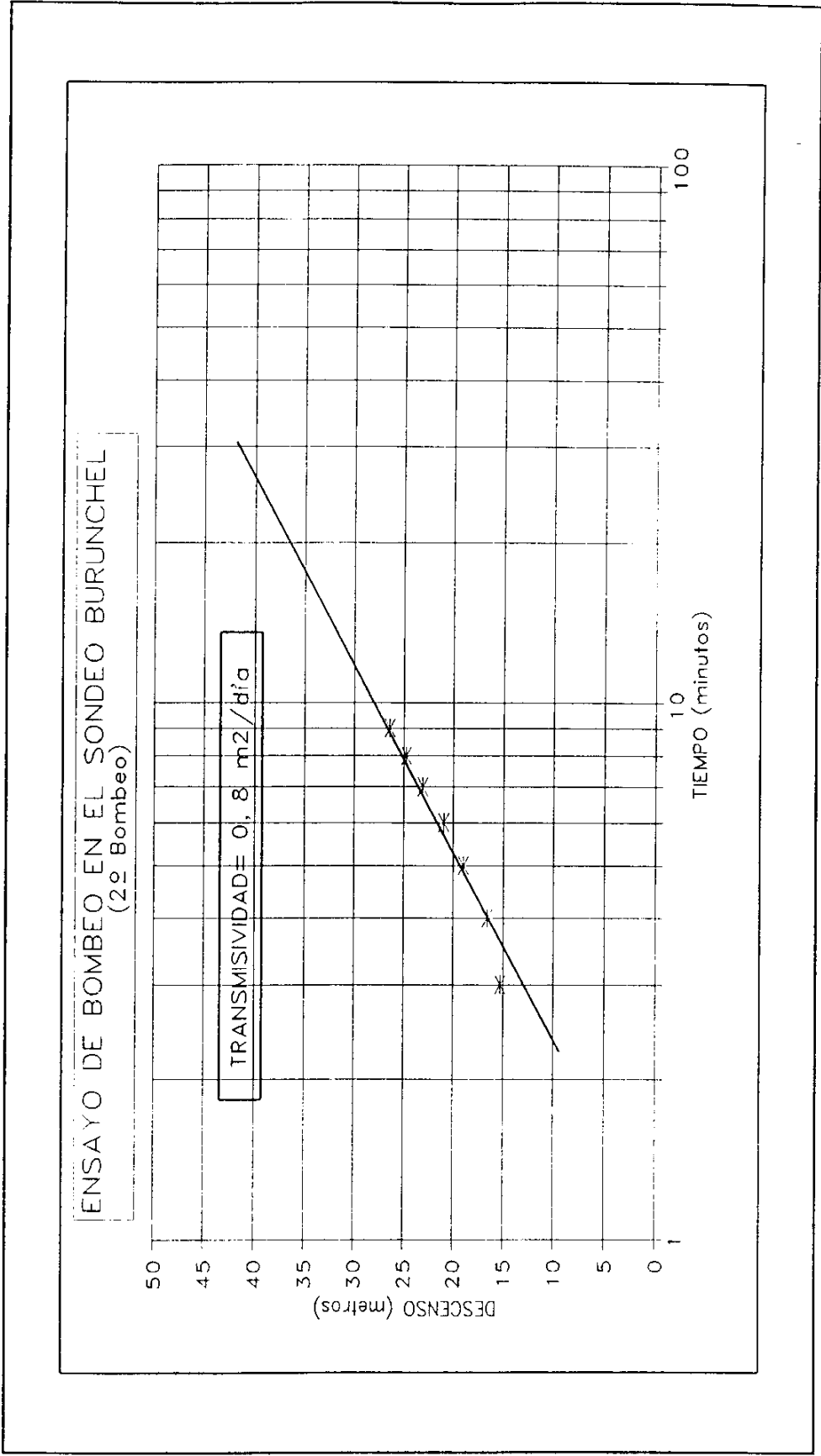


Figura 1.- Curva de descensos/log T, en el segundo Bombeo

4.- ENSAYO DE BOMBEO DEFINITIVO

El Ensayo de Bombeo definitivo comenzó a las 16:50 del día 29 de Julio de 1996.

Al comienzo de este bombeo y a pesar de haber transcurrido más de 3 horas y media desde la finalización del bombeo anterior, el nivel se encontraba situado a una profundidad de 103,78 m, no habiendo recuperado el nivel inicial de la jornada (102.73 m.), con el que mantenía una diferencia del orden de 1 metro.

En el Ensayo de Bombeo definitivo realizado, se pueden diferenciar 4 fases, en relación con el caudal bombeado:

a) Una primera fase, de 12 minutos de duración, en la que se mantiene un caudal de bombeo constante a 1 l/s.

b) Una segunda fase intermedia, de 8 minutos de duración, en la que el caudal descende gradualmente de 1 l/s a 0,5 l/s.

c) Una tercera fase, de 1.035 minutos de duración, en la que el caudal se mantiene constante a 0,5 l/s.

d) Una última fase, de 45 minutos de duración, en la que se regula el nivel a 187 m. de profundidad. En esta última fase, el caudal, tras mantenerse a 3 l/s durante los primeros 3 minutos, desciende a 0,5 l/s hasta el final del bombeo.

Hay que destacar que con un caudal de 3 l/s, se consiguió bajar el nivel desde 159,5 m, a 187 m, en solo 3 minutos.

Durante el bombeo se fue controlando la conductividad y temperatura de las aguas bombeadas. Ambos parámetros se mantienen muy constantes a lo largo de todo el bombeo, con valores de conductividad del orden de 460–490 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y de temperatura de 14,7–15,3°C, que indican que se trata de aguas de buena calidad, similares a las de los manantiales que drenan esta escama, probablemente de facies bicarbonatada cálcica.

4.1.- ANALISIS DE LOS DESCENSOS

Los datos recogidos durante el bombeo definitivo se recogen en la ficha correspondiente que se adjunta en el anexo 2.

En la figura 2 se presenta gráficamente la evolución de los descensos en función del logaritmo del tiempo.

En dicha figura se observa que para los primeros valores del gráfico, en los que el caudal de bombeo fue de 1 l/s, se puede ajustar una recta; a partir de la cual, por el método de Jacob, se obtiene una transmisividad de 0,7 $\text{m}^2/\text{día}$, muy similar a la obtenida en el segundo bombeo realizado.

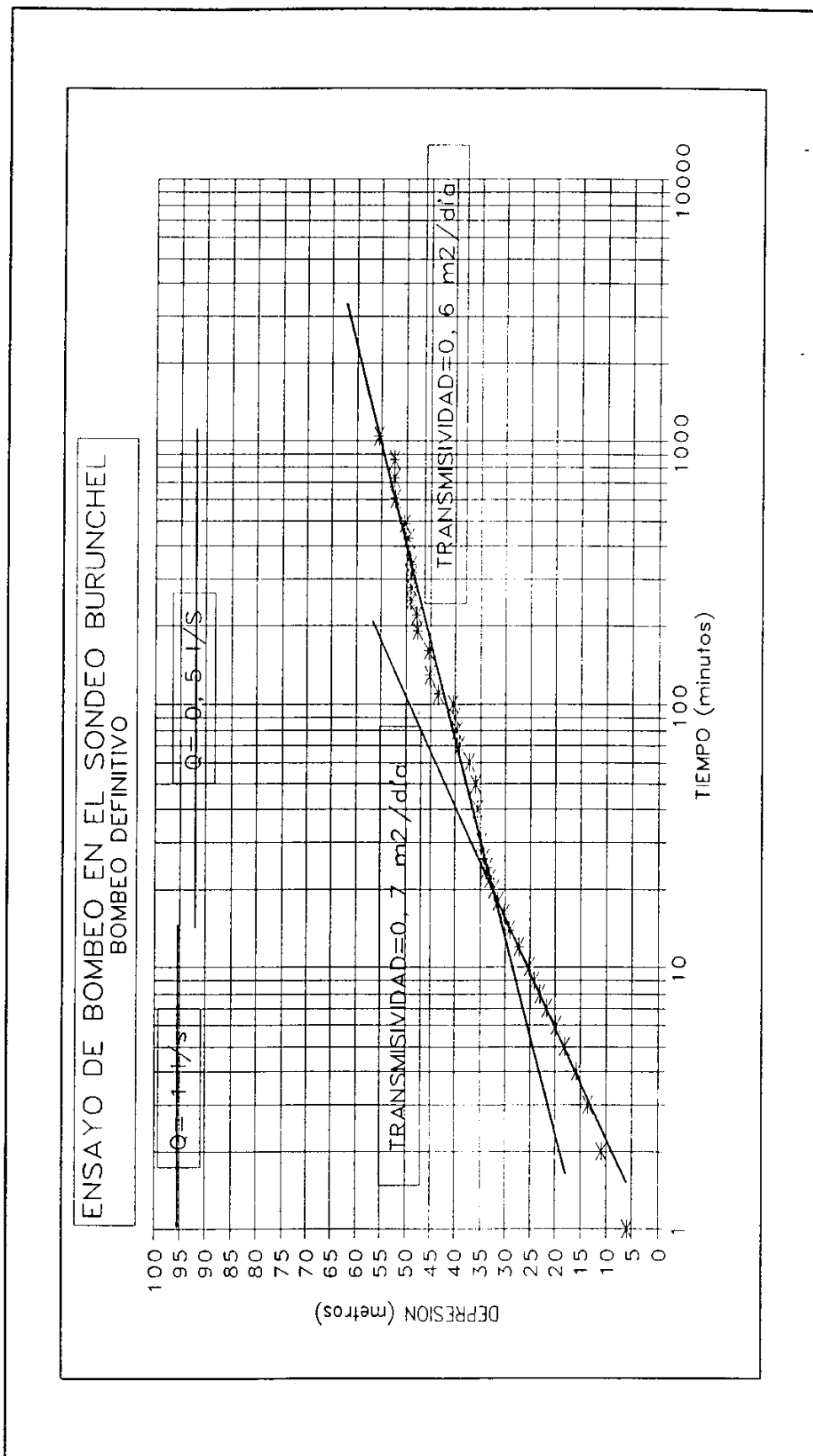


Figura 2.- Curva de descensos/log T en el Bombeo definitivo

Los niveles registrados posteriormente, con un caudal de bombeo de 0,5 l/s, no presentan una evolución constante, sino que sufren pequeñas estabilizaciones y bruscos descensos de nivel, que son congruentes con la gran anisotropía, tanto horizontal, como vertical de la permeabilidad. No obstante se ajustan a otra recta, mediante la que se obtiene, por el método de Jacob, una transmisividad de 0,6 m²/día, similar a las obtenidas con anterioridad.

4.2.- ANALISIS DE LA RECUPERACION

Una vez finalizado el bombeo definitivo, se controlaron los niveles en el sondeo durante un período de 404 minutos, en el que se recuperaron casi los 83 metros de descenso provocados por el bombeo. La depresión residual fue, al final del control, de 0,45 m. respecto al nivel inicial previo del bombeo definitivo.

Los datos obtenidos se recogen en la ficha correspondiente, que se adjunta en el anexo 2.

Para el análisis de la recuperación se ha representado gráficamente la evolución de la depresión residual en función de $(T+T')/T'$, siendo T el tiempo de bombeo y T', el tiempo transcurrido tras el cese del bombeo (ver figura 3).

El tramo inicial del gráfico (los primeros instantes de la recuperación) está sujeto a anomalías por lo que se puede despreciar.

El resto de los puntos del gráfico se pueden ajustar a tres tramos rectilíneos que en conjunto presentan forma de "S", lo cual es característico de un drenaje diferido, en el cual únicamente son interpretables, a efectos de obtener un valor de transmisividad, los tramos inicial y final que presentan pendientes muy similares. El tramo intermedio estaría afectado por drenaje diferido o "goteo".

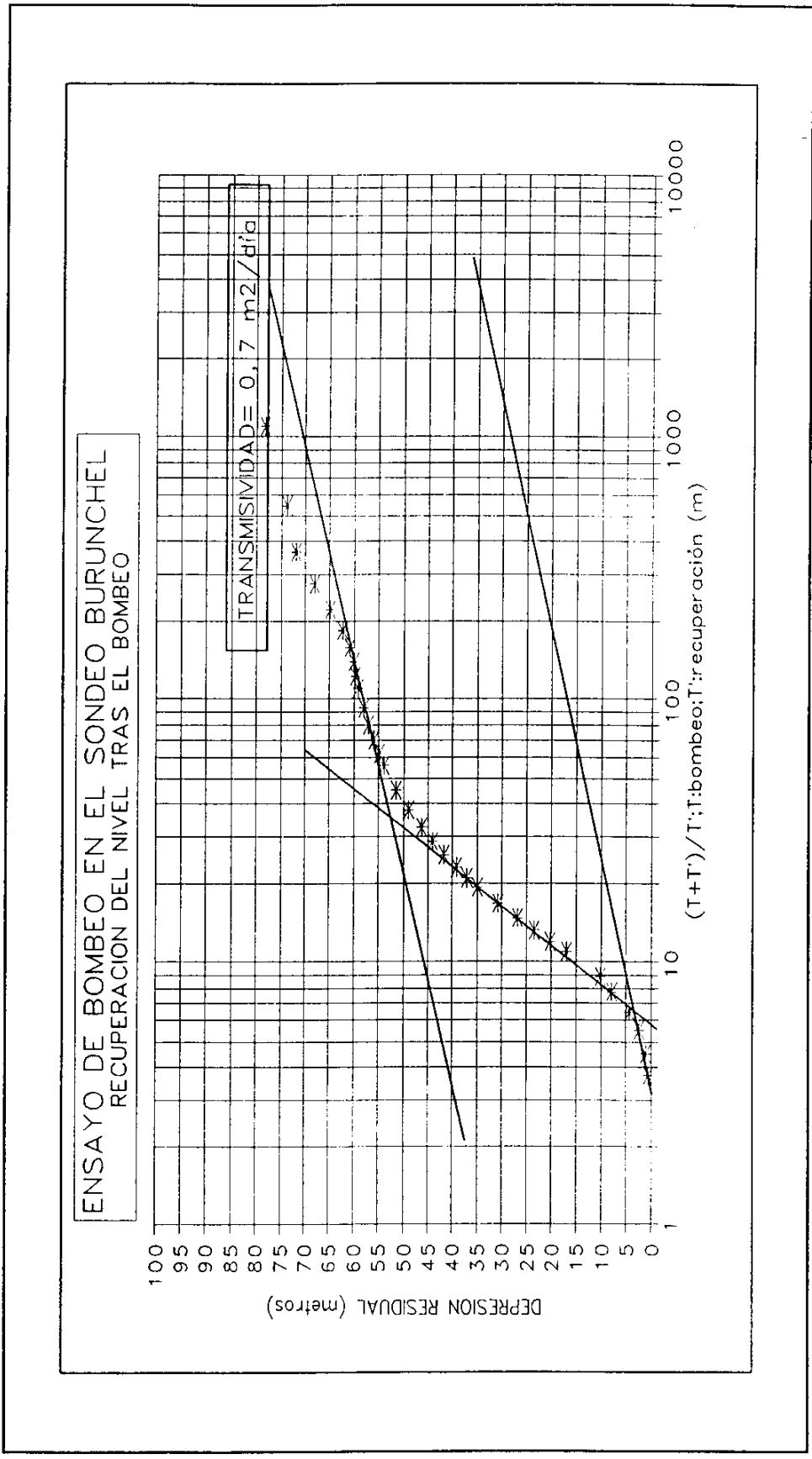


Figura 3.- Curva depresión residual/ log (T+T')T'

Considerando el caudal medio del bombeo realizado (0,514 l/s), podemos obtener la transmisividad de los dos tramos interpretables del gráfico, aplicando la formula de Jacob:

$$T=0,183\frac{Q_m}{d}$$

siendo: Q_m = el caudal medio del bombeo ($m^3/día$) y d = depresión residual de la recta por ciclo (m).

El valor de transmisividad obtenido es, en ambos tramos, de 0,7 $m^2/día$, muy similar a todos los obtenidos anteriormente.

La recta definida por los últimos valores de recuperación registrados corta el eje de las abscisas, ello implica que el sondeo ha recuperado su nivel en un tiempo menor al teóricamente necesario, lo cual ha de obedecer a una recarga exterior al sistema sondeo-acuífero.

Estas recargas deben ser causadas por goteo vertical, o recargas laterales; dada la baja permeabilidad de los materiales y la existencia de niveles margosos intercalados, es más probable que se haya producido una recarga por drenaje diferido "goteo" desde los niveles colgados superiores.

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del Ensayo de Bombeo efectuado se pone de manifiesto que el caudal máximo del sondeo es de 0,5 l/s, para depresiones del orden de 83 m, siendo necesario efectuar una elevación de 187 m, hasta la boca del sondeo.

El acuífero en el entorno del sondeo presenta una transmisividad muy baja, entre 0,6 y 0,8 m²/día, que contrasta con las características litológicas de la columna del sondeo facilitada. La baja permeabilidad de los materiales, pese a la fracturación que se observa en superficie, podría deberse al relleno de la red de fisuración, con materiales margosos, procedentes de los abundantes niveles intercalados en la serie.

Con las actuales características hidráulicas del acuífero, el ensanche del sondeo no permitiría obtener caudales sensiblemente superiores a los 0,5 l/s bombeados.

Si consideramos la posibilidad de ensanchar el sondeo al máximo diámetro posible que se suele realizar a percusión (600–700 mm), el caudal que pudiera obtenerse de dicho sondeo se puede calcular, aplicando la fórmula de Thiem, tanto para el sondeo actual, como para el ensanchado a 600–700 mm de diámetro:

$$s_{220} = \frac{Q_{220}}{2\Pi T} (\ln R - \ln r_{220})$$

$$s_{700} = \frac{Q_{700}}{2\Pi T} (\ln R - \ln r_{700})$$

Siendo:

s= descenso (m)

Q= caudal (m³/día)

R= radio de influencia (m)

r= radio del sondeo (m)

T= transmisividad (m²/día)

Si consideramos un mismo descenso admisible (s) en ambos casos ($s_{700} = s_{220} = 85$ m), y puesto que los parámetros hidráulicos del acuífero son independientes del radio del sondeo, igualando las formulas se obtiene:

$$Q_{700} = Q_{220} \frac{(\ln R - \ln r_{220})}{(\ln R - \ln r_{700})}$$

Considerando que el radio de influencia (R) está comprendido, en un acuífero kárstico libre, entre 700 y 1000 m, el caudal que podría aportar un sondeo de 700 mm de diámetro sería de 0,58 l/s.

En las curvas de descensos obtenidas, figuras 1 y 2, no se observan, en los tramos iniciales de las mismas, las anomalías típicas debidas a la falta de desarrollo del sondeo (bruscos y acusados ascensos y descensos del nivel).

El gráfico de recuperación muestra que se ha producido una recarga inducida del sistema, provocada probablemente por el goteo de los niveles más permeables, descolgados del nivel piezométrico por las intercalaciones margosas.

Estos hechos ponen de manifiesto que es poco probable que la realización de un intenso desarrollo del sondeo, por pistoneo o mediante aire comprimido, permita obtener caudales sensiblemente superiores a los bombeados.

El desarrollo del sondeo por acidificación no aportaría tampoco, debido al elevado contenido margoso del acuífero, un incremento significativo del caudal del sondeo.

Unicamente podría pensarse, si no existe otra alternativa para la mejora del abastecimiento, en intentar un desarrollo del sondeo mediante la utilización de explosivos, que pudieran provocar una mayor fracturación en el entorno del sondeo facilitando la comunicación hidráulica vertical de los niveles más permeables, permitiendo una mejor conexión con posibles niveles colgados, que originan la recarga por goteo vertical, evidenciada en la curva de recuperación. El efecto de la utilización de explosivos es poco previsible.

Se recomienda, por tanto, intentar realizar otras obras de captación alternativas para el abastecimiento de la población.

No obstante, en el caso de que dichas obras fueran negativas y se hubieran agotado todas las alternativas posibles, podría intentarse el desarrollo del sondeo mediante explosivos y posterior ensanche a percusión, teniendo en cuenta que sus resultados son poco previsibles y que se estima poco probable obtener el caudal necesario con un solo sondeo.

ANEXOS

Anexo 1.- Datos obtenidos en los bombeos previos

Anexo 2.- Datos obtenidos en el bombeo definitivo

ENSAYO DE BOMBEO
Medidas de descenso

SONDEO: Burunchel
FECHA: 29 y 30 de Julio de 1996
TIEMPO DE BOMBEO: 1.100 minutos
CAUDAL: 0,5 l/s

TIEMPO		NIVEL (m)	DEPRESION (m)	OBSERVACIONES
Hora	Minuto			
16:50	0	103,78	0	
	1	109,8	6,02	Q= 1 l/s
	2	114,72	10,94	"
	3	117,35	13,57	"
	4	119,61	15,83	C= 485 μ S/cm
	5	121,85	18,07	Q= 1 l/s
	6	123,58	19,8	"
	7	125,55	21,77	"
	8	126,7	22,92	"
	9	127,88	24,1	"
	10	128,96	25,18	"
	12	131,05	27,27	C= 480 μ S/cm; T= 14.7°C
	14	132,8	29,02	
	16	134,02	30,24	Q= 0,75 l/s
	18	135,15	31,37	
	20	136,09	32,31	Q= 0,5 l/s
	22	136,82	33,04	"
	24	137,48	33,7	C= 479 μ S/cm
	26	137,88	34,1	Q=0.5 l/s
	30	138,49	34,71	"
	40	139,29	35,51	"
	50	139,65	35,87	"
	60	141,05	37,27	"
	70	142,8	39,02	"
	80	143,45	39,67	"
	90	143,88	40,1	C= 462 μ S/cm; T= 15.3 °C
	100	144,25	40,47	Q=0.5 l/s
	110	147,3	43,52	"
	130	148,9	45,12	"
	160	149,2	45,42	"
	190	151,34	47,56	"
	220	151,6	47,82	C=483 μ S/cm; T= 15.3 °C
21:00	250	152,7	48,92	Q=0.5 l/s
	280	152,72	48,94	"
	310	152,71	48,93	"
	340	152,76	48,98	"
	370	152,91	49,13	"
	430	153,37	49,59	"
1:00	490	154,06	50,28	"

ENSAYO DE BOMBEO
Medidas de descenso

SONDEO: Burunchel
FECHA: 29 y 30 de Julio de 1996
TIEMPO DE BOMBEO: 1.100 minutos
CAUDAL: 0,5 l/s

TIEMPO		NIVEL (m)	DEPRESION (m)	OBSERVACIONES
Hora	Minuto			
	610	156	52,22	"
	730	156,11	52,33	"
	850	156,18	52,4	"
	1049	159,46	55,68	"
8:45	1055			Se bombean 3l/s para bajar el nivel a la aspiración
8:48	1058	187	83,22	El nivel se regula entorno a 187 m. El caudal desciende a 0,5 l/s
9:10	1080	187	83,22	
9:30	1100	186,87	83,09	FIN DEL BOMBEO

ENSAYO DE BOMBEO
Medidas de recuperación

SONDEO: Burunchel
FECHA: 29 y 30 de Julio de 1996
TIEMPO DE BOMBEO: 1.100 minutos
CAUDAL: 0,5 l/s
NIVEL INICIAL : 103.78 m.

TIEMPO			NIVEL (m)	DEPRESION	OBSERVACIONES
Hora	Minuto	(T+T')/T'		RESIDUAL (m)	
9:30	0		186,87	83,09	
	1	1101,00	182,00	78,22	
	2	551,00	177,60	73,82	
	3	367,67	175,59	71,81	
	4	276,00	171,92	68,14	
	5	221,00	168,68	64,90	
	6	184,33	166,19	62,41	
	7	158,14	164,61	60,83	
	8	138,50	164,00	60,22	
	9	123,22	163,44	59,66	
	10	111,00	162,92	59,14	
	12	92,67	161,92	58,14	
	14	79,57	160,86	57,08	
	16	69,75	159,76	55,98	
	18	62,11	158,52	54,74	
	20	56,00	157,74	53,96	
	25	45,00	155,20	51,42	
	30	37,67	152,68	48,90	
	35	32,43	150,18	46,40	
	40	28,50	147,81	44,03	
	45	25,44	145,45	41,67	
	50	23,00	142,80	39,02	
	55	21,00	140,90	37,12	
	60	19,33	138,75	34,97	
	70	16,71	134,50	30,72	
	80	14,75	130,55	26,77	
	90	13,22	127,10	23,32	
	100	12,00	123,94	20,16	
	110	11,00	120,71	16,93	
	140	8,86	113,98	10,20	
	165	7,67	111,67	7,89	
	200	6,50	108,07	4,29	
	242	5,55	106,06	2,28	
	314	4,50	104,73	0,95	
16:04	404	3,72	104,23	0,45	