13. CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS (P.27 a P.28)

13.1. Introducción

13.2. Cálculo de T, S y Qs

13.2.1. Cálculo de T
13.2.2. Cálculo de S
13.2.3. Cálculo de Qs

13.3. Bombeos de Ensayo en el campo de Níjar

13.3.1. Bombeos realizados antes del 1.971
13.3.2. Bombeos Hechos durante el Estudio

13.4. Informa Parcial de Cada Bombeo

13.5. Cuadro Resumen

13.6. Cálculo de Coeficiente de Almacenamiento

13.6.1. Cálculo de S por Medio de Bombeos de Ensayo
13.6.2. Fórmula S=ß
13.6.3. Fórmula de Tison
13.6.4. Resultados

13.6.3.– FORMULA DE TISON

$S = \gamma \times e\ (\phi \times \beta + \alpha)$ donde:

$\phi =$ Porosidad.

$\alpha =$ Coeficiente de compresibilidad del acuífero 10^{-8} cm2 . gr^{-1}.

Para calcular $\phi =$ porosidad, empleamos el factor de formación. El empleo de este factor puede ser válido para manto libre. Sin embargo, para conocer un orden de cifras en manto cautivo, aunque somos conscientes del error que se comete, lo empleamos asimismo.

Se define como factor de formación = F la relación:

$$F = \frac{Ro}{Rw}, \quad \text{donde} \quad Ro: \text{ Resistividad en m del acuífero}$$

Se calcula a partir de los perfiles geofísicos o de la testificación.

$R_W =$ Resistividad del agua de formación.

$$\frac{1}{Cw}, \quad \text{donde}$$

C: Conductividad del agua medida por medio de un conductivímetro.

Experimentalmente, la relación entre factor de formación y porosidad, para el caso del acuífero que nos interesa –calizas areniscosas– es de la forma:

$$F = \frac{1}{\phi^2}$$

Conocido F, se calcula ϕ.

13.6.4.– RESULTADOS

En el cuadro adjunto se indican los valores obtenidos, según los tres métodos empleados.

Hay que señalar:

a) Cuando el manto se hace libre, fenómeno muy local y perfectamente limitado, los valores de S son del orden de 10^{-2} ó 10^{-3}.

El valor obtenido en el bombeo realizado en el 1046–81–5 que es igual a 2.10^{-2}, nos confirma que en esa zona el acuífero se encuentra sometido directamente a la presión atmosférica.

El mismo fenómeno parece apreciarse en el 1045–98–8, con valores de S del orden de 6.10^{-3}.

b) Cuando el manto es cautivo los valores de S varían entre 1.10^{-4} y 1.10^{-5}.

En el punto 1046–119–5, son semejantes los valores de S obtenidos por bombeo de ensayo, y por la 1ª de las fórmulas empleadas.

El valor calculado por medio de la segunda fórmula no es demasiado aberrante.

Sin embargo, los distintos valores de S obtenidos por los distintos métodos, difieren bastante en el caso de 1045–98–8.

13.– CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS HIDRAULICAS (P.27 a P.28)

13.1.– INTRODUCCION

Con el fin de definir las características hidráulicas de los acuíferos se han interpretado los datos de los bombeos de ensayo realizados por INC en el tiempo y de los programados por el mismo Estudio. Hay que tener en cuenta que los ensayos se han llevado a cabo en pozos en explotación, lo cual introduce errores en la interpretación de los bombeos (pozos incompletos, colmatación de rejillas, etc.).

13.2.– CALCULO DE T, S y Qs

Se ha empleado el Método de JACOB

13.2.1.– CALCULO DE T

La ecuación formulada por JACOB, llevada a su forma práctica, se reduce a:

$$T = \frac{0{,}183 \cdot Q}{C} \text{ donde:}$$

T: Transmisividad.

Q: Caudal.

C: Incremento de la depresión en un ciclo logarítmico, es decir en un intervalo C separando un valor cualquiera de t, de un valor diez veces mayor.

13.2.2.– CALCULO DE S

Para ello es menester instalar piezómetros en pozos cercanos al que se efectúa el bombeo de ensayo.

Su fórmula es: $S = \frac{2,25 \cdot T \cdot to}{r^2}$, en la que:

S: Coeficiente de almacenamiento.

T: Transmisividad.

to: Tiempo correspondiente a la abscisa del punto de intersección de la asíntota a la curva gráfica obtenida, con el eje de depresiones nulas.

r: Distancia que separa el piezómetro del eje del pozo donde se efectúa el bombeo.

13.2.3.– CALCULO DE Qs

Para hallar el caudal específico Qs, es necesario estabilizar el nivel dinámico, durante un tiempo prudencial para un caudal determinado.

Su fórmula es: $\frac{Q}{D}$, en la que:

Q: Caudal para un nivel estabilizado.

D: Depresión obtenida para ese nivel.

13.3.– BOMBEOS DE ENSAYO EN EL CAMPO DE NIJAR

Para seguir el orden cronológico de ejecución, los dividiremos en dos partes:

13.3.1.– BOMBEOS REALIZADOS ANTES DE 1.971

Como parte integrante de todo estudio, sea de la índole que sea, es primordial la recopilación de cuantos datos existan relacionados con el mismo.

En nuestro caso, recabamos del I.N.C. todos los antecedentes que pudieran sernos útiles, logrando reunir los partes diarios de 45 hechos por este Organismo, en el área comprendida dentro de los límites del estudio.

En 28 de estas perforaciones se habían realizado bombeos de ensayo, pudiéndose calcular en todos el caudal específico Qs, y sólo en 20, la transmisividad T.

13.3.2.– BOMBEOS HECHOS DURANTE EL ESTUDIO

Se han llevado a cabo un total de 17 bombeos de ensayo. Con el fin de calcular el coeficiente de almacenamiento S, en 8 de ellos se han empleado como piezómetros pozos colindantes al que era objeto de bombeo, no habiendo sufrido variación de nivel más que 3 de los 21 observados.

De los 17 bombeos, 6 se han hecho con equipo de aforo del I.N.C. compuesto por grupo electrógeno DEUTZ y motobomba PLEUGER; 7 por un grupo alquilado por el

I.N.C. y 4 con equipo eléctrico instalado de propiedad particular.

13.4.– INFORME PARCIAL DE CADA BOMBEO

De cada bombeo y siempre que nos sea posible, señalaremos lo siguiente:

– Maquinaria de bombeo: energía y bomba; profundidad del pozo; profundidad de aspiración; nivel estático; y distancia del pozo al lugar de evacuación de las aguas.

– Gráfico de cada bombeo; descenso y recuperación.

– Cálculo de las características hidráulicas del acuífero por el Método de JACOB.

Los datos de cada bombeo vienen indicados en el anexo correspondiente.

13.5.– CUADRO RESUMEN

Núm. Inventario	Tm^2/s	$Qs\ m^2/h$	S
1.046–1–1	2.10^{-2}	37,75	
1.046–2–1	$2.10^{-3} < T < 10^{-2}$	10,80	
1.046–4–1	2.10^{-3}	9,59	
1.046–5–1	5.10^{-3}	14,71	
1.046–6–1	6.10^{-3}	11,91	
1.046–7–1	1.10^{-2}	24,43	
1.046–8–1	$3.10^{-3} < T < 2.10^{-2}$	14,66	
1.046–9–1	2.10^{-2}	34,33	
1.046–10–1	8.10^{-3}	12,91	
1.046–13–1	– – –	14,63	
1.046–14–1	– – –	59,64	
1.046–15–1	– – –	10,44	
1.046–16–1	9.10^{-3}	16,19	
1.046–17–1	2.10^{-2}	33,50	
1.046–21–5	4.10^{-3}	47,91	
1.046–23–5	5.10^{-3}	15,90	
1.046–27–1	2.10^{-3}	9,05	
1.046–30–5	5.10^{-3}	7,78	
1.046–31–5	5.10^{-4}	36,30	
1.046–32–5	4.10^{-3}	19,15	
1.046–33–5	3.10^{-3}	10,17	
1.046–71–5	– – –	41,55	
1.046–78–2	5.10	7,40	
1.046–117–5	– – –	24,18	
1.046–119–5	– – –	12,92	
1.046–133–5	– – –	27,93	
1.046–134–5	– – –	8,08	
1.046–135–1	8.10^{-4}	1,18	
1.045–4–4	2.10^{-1}	1.714,28	
1.045–6–4	– – –	– – –	
1.045–33–8	3.10^{-2}	1,35	
1.046–37–1	1.10^{-2}	18,19	
1.046–81–5	4.10^{-2}	19,48	2.10^{-2}
1.045–84–8	4.10^{-3} T 3.10^{-2}	16,49	
1.045–87–8	8.10^{-3}	6,48	
1.045–94–8	2.10^{-3}	4,35	
1.046–94–2	8.10^{-3}	10,61	
1.045–98–8	2.10^{-2}	– – –	6.10^{-3}

Núm. Inventario	Tm^2/s	$Qs\ m^2/h$	S
1.045–102–8	2.10^{-3}	2,50	
1.046–106–1	3.10^{-3}	13,80	
1.046–107–2	1.10^{-3}	0,99	
1.046–71–5	1.10^{-2}	63,00	
1.046–117–5	6.10^{-3} T 5.10^{-2}	12,31	
1.046–119–5	7.10^{-3}	9,44	4.10^{-4}

A partir de los valores anteriores se han obtenido valores de T, a partir de Qs, para los pozos que se indican en la relación que sigue:

Núm. Inventario	T Deducido	T Calculado
L 1.046–13–1	8.10^{-3}	– –
1.046–14–1	2.10^{-2}	– –
1.046–15–1	6.10^{-3}	– –
1.046–71–5	2.10^{-2}	1.10^{-2}
1.046–117–5	1.10^{-2}	5.10^{-2}
1.046–119–5	7.10^{-3}	7.10^{-3}
1.046–133–5	1.10^{-2}	– –
1.046–134–5	4.10^{-3}	– –

13.6.– CALCULO DEL COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO

En la mayor parte de los bombeos de ensayo realizados se había previsto un control de niveles en los pozos que se encontrasen más cerca de aquél en el que se llevaba a cabo el ensayo, y así utilizarlos como piezómetros.

Desgraciadamente, debido a la distancia importante entre ellos o a valores bajos de la transmisividad, la verdad es que únicamente en tres casos se observó una variación de niveles.

Sin embargo como necesitamos el valor de S en cada malla para la construcción del modelo, no ha habido otra solución que emplear una serie de fórmulas experimentales. Por tanto los valores que se han calculado hay que tomarlos como simples órdenes de cifras.

13.6.1.– CALCULO DE S POR MEDIO DE BOMBEOS DE ENSAYO

$$S = \frac{2{,}25 \times T \times to}{R^2} \text{ donde:}$$

T: Transmisividad en m^2/s.

to: Tiempo correspondiente a la abcisa de un punto de intersección de la asíntota a la línea de profundidades con el eje de las depresiones nulas.

R: Distancia del piezómetro al pozo, en m.

13.6.2.– FORMULA $S = \beta \cdot e \cdot \gamma$ (Castany p. 145)

$\beta =$ Coeficiente de compresibilidad del agua $= 4{,}6.10^{-8}$ cm2/gr.

e = Espesor del acuífero en cm.

$\gamma =$ Peso específico del agua = lgr/cm3

De todas formas basta mirar el gráfico de descenso en el piezómetro correspondiente y veremos como la escasez de puntos significativos y su situación caótica no nos ayudan a tener un criterio válido sobre este punto.

	e cm	R_o m	R_w m	F	ϕ	S_1	S_2	S Bombeo
1.046-1-1	10.10^2	100	$1/2.000 \times 10^4$	20	22×10^{-2}	5.10^{-5}	2.10^{-5}	–
1.046-2-1	10.10^2	100	$1/2.300 \times 10^4$	23	21×10^{-2}	5.10^{-5}	2.10^{-5}	–
1.046-4-1	15.10^2	100	$1/2.300 \times 10^4$	23	21×10^{-2}	7.10^{-5}	3.10^{-5}	–
1.046-5-1	10.10^2	80	$1/2.400 \times 10^4$	19,2	23×10^{-2}	5.10^{-5}	2.10^{-5}	–
1.046-6-1	40.10^2	70	$1/2.100 \times 10^4$	14,7	26×10^{-2}	2.10^{-4}	9.10^{-5}	–
1.046-7-1	35.10^2	70	$1/1.900 \times 10^4$	13,3	$27,5 \times 10^{-2}$	2.10^{-4}	8.10^{-5}	–
1.046-8-1	10.10^2	100	$1/1.900 \times 10^4$	19	23×10^{-2}	5.10^{-5}	2.10^{-5}	–
1.046-9-1	10.10^2	100	$1/2.200 \times 10^4$	22	$21,5 \times 10^{-2}$	5.10^{-5}	2.10^{-5}	–
1.046-10-1	25.10^2	80	$1/2.300 \times 10^4$	18,4	$23,5 \times 10^{-2}$	1.10^{-4}	5.10^{-5}	–
1.046-13-1	40.10^2	210	$1/1.900 \times 10^4$	39,9	16×10^{-2}	–	–	–
1.046-14-1	60.10^2	210	$1/1.700 \times 10^4$	35,7	17×10^{-2}	–	–	–
1.046-15-1	15.10^2	200	$1/1.600 \times 10^4$	32	$17,5 \times 10^{-2}$	7.10^{-5}	3.10^{-5}	–
1.046-16-1	30.10^2	250	$1/1.600 \times 10^4$	40	16×10^{-2}	1.10^{-4}	5.10^{-5}	–
1.046-17-1	20.10^2	250	$1/2.300 \times 10^4$	57,5	13×10^{-2}	9.10^{-5}	3.10^{-5}	–
1.046-21-5	30.10^2	70	$1/2.400 \times 10^4$	16,8	25×10^{-2}	1.10^{-4}	6.10^{-5}	–
1.046-23-5	10.10^2	70	$1/4.000 \times 10^4$	28	19×10^{-2}	5.10^{-5}	2.10^{-5}	–
1.046-27-1	7.10^2	70	$1/2.800 \times 10^4$	19,6	23×10^{-2}	3.10^{-5}	1.10^{-5}	–
1.046-30-5	15.10^2	80	$1/4.000 \times 10^4$	32	18×10^{-2}	7.10^{-5}	3.10^{-5}	–
1.046-31-5	15.10^2	80	$1/3.500 \times 10^4$	28	19×10^{-2}	7.10^{-5}	3.10^{-5}	–
1.046-32-5	10.10^2	70	$1/4.000 \times 10^4$	28	19×10^{-2}	5.10^{-5}	2.10^{-5}	–
1.046-33-5	20.10^2	70	$1/3.100 \times 10^4$	21,7	$21,5 \times 10^{-2}$	9.10^{-5}	4.10^{-5}	–
1.046-71-5	20.10^2	80	$1/4.500 \times 10^4$	36	17×10^{-2}	9.10^{-5}	4.10^{-5}	–
1.046-78-2	10.10^2	100	$1/2.800 \times 10^4$	28	19×10^{-2}	5.10^{-5}	2.10^{-5}	–
1.046-117-5	7.10^2	380	$1/2.400 \times 10^4$	91,2	$10,5 \times 10^{-2}$	3.10^{-5}	1.10^{-5}	–
1.046-119-5	20.10^2	380	$1/2.600 \times 10^4$	98,8	10×10^{-2}	9.10^{-5}	3.10^{-5}	4.10^{-4}
1.046-133-5	10.10^2	380	$1/2.500 \times 10^4$	95	$10,5 \times 10^{-2}$	5.10^{-5}	1.10^{-5}	–
1.046-134-5	25.10^2	380	$1/2.500 \times 10^4$	95	$10,5 \times 10^{-2}$	1.00^{-4}	4.10^{-5}	–
1.046-135-1	20.10^2	100	$1/2.300 \times 10^4$	23	21×10^{-2}	9.10^{-5}	4.10^{-5}	–
1.045-4-4	30.10^2	300	$1/1.350 \times 10^4$	40,5	16×10^{-2}	1.10^{-4}	5.10^{-5}	–
1.045-6-4	–	–	–	–	–	–	–	–
1.045-33-8	20.10^2	400	$1/1.500 \times 10^4$	60	13×10^{-2}	9.10^{-5}	3.10^{-5}	–
1.046-37-1	8.10^2	250	$1/2.500 \times 10^4$	62,5	$12,8 \times 10^{-2}$	4.10^{-5}	1.10^{-5}	–
1.046-81-5	20.10^2	200	$1/2.500 \times 10^4$	50	14×10^{-2}	–	–	2.10^{-2}
1.045-84-8	20.10^2	100	$1/3.200 \times 10^4$	32	$18,0 \times 10^{-2}$	9.10^{-5}	4.10^{-5}	–
1.045-87-8	16.10^2	300	$1/2.900 \times 10^4$	87	$10,8 \times 10^{-2}$	7.10^{-5}	2.10^{-5}	–
1.045-94-8	16.10^2	300	$1/2.600 \times 10^4$	78	$11,3 \times 10^{-2}$	7.10^{-5}	2.10^{-5}	–
1.046-94-2	–	–	–	–	–	–	–	–
1.046-97-3	–	–	–	–	–	–	–	–
1.045-98-8	16.10^2	300	$1/3.000 \times 10^4$	90	$10,5 \times 10^{-2}$	7.10^{-5}	2.10^{-5}	6.10^{-3}
1.045-102-8	16.10^2	300	$1/3.000 \times 10^4$	90	$10,5 \times 10^{-2}$	7.10^{-5}	2.10^{-5}	–
1.046-106-1	10.10^2	100	$1/2.200 \times 10^4$	22	$21,5 \times 10^{-2}$	5.10^{-5}	2.10^{-5}	–
1.046-107-2	55.10^2	100	$1/2.950 \times 10^4$	29,5	18×10^{-2}	3.10^{-4}	1.10^{-4}	–