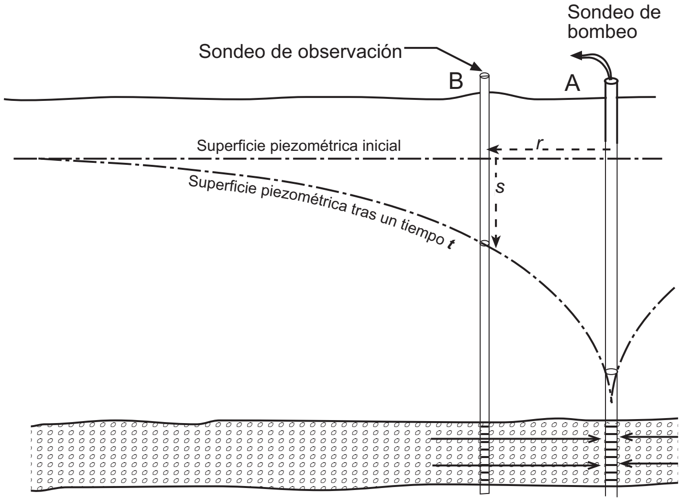
Bombeo de Ensayo por el método de Jacob
(Acuífero confinado, régimen variable)

EJEMPLO RESUELTO

Introducción

Necesitamos dos sondeos abiertos en el mismo acuífero. En uno bombearemos un caudal constante, en el otro mediremos los descensos. Las medidas en el campo son:

- Distancia (*r*) entre los dos sondeos
- Caudal (*Q*)constante bombeado
- Tiempos (*t*) y descensos (*s*)en el sondeo de observación



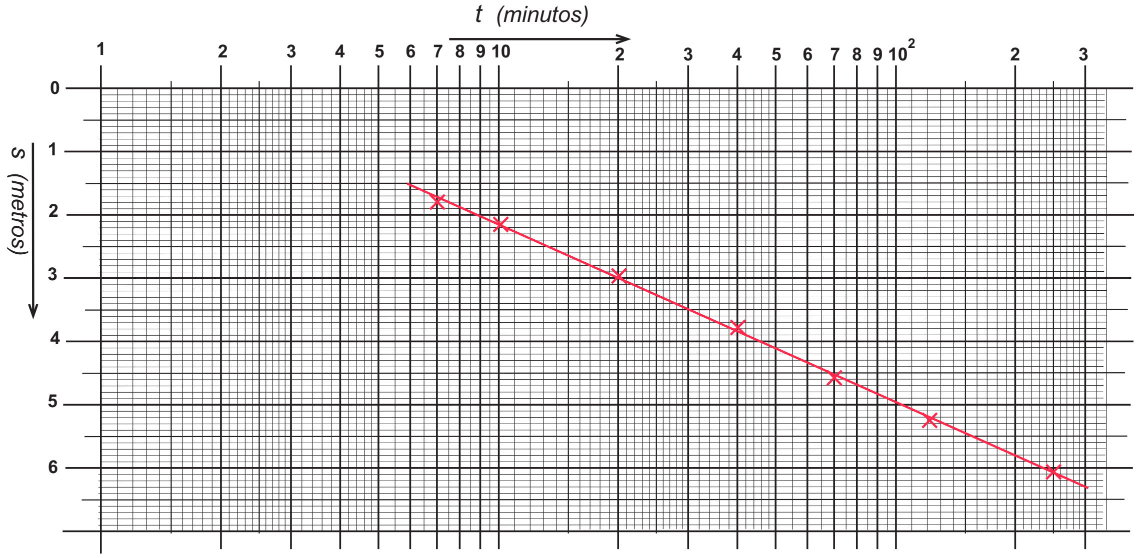
Datos

En un acuífero confinado se ha realizado un bombeo para medir los parámetros hidráulicos de dicho acuífero. En el sondeo A se ha bombeado un caudal constante de 20 litros/seg. y en el sondeo B, a una distancia de 150 metros de A, se han medido los siguientes descensos:

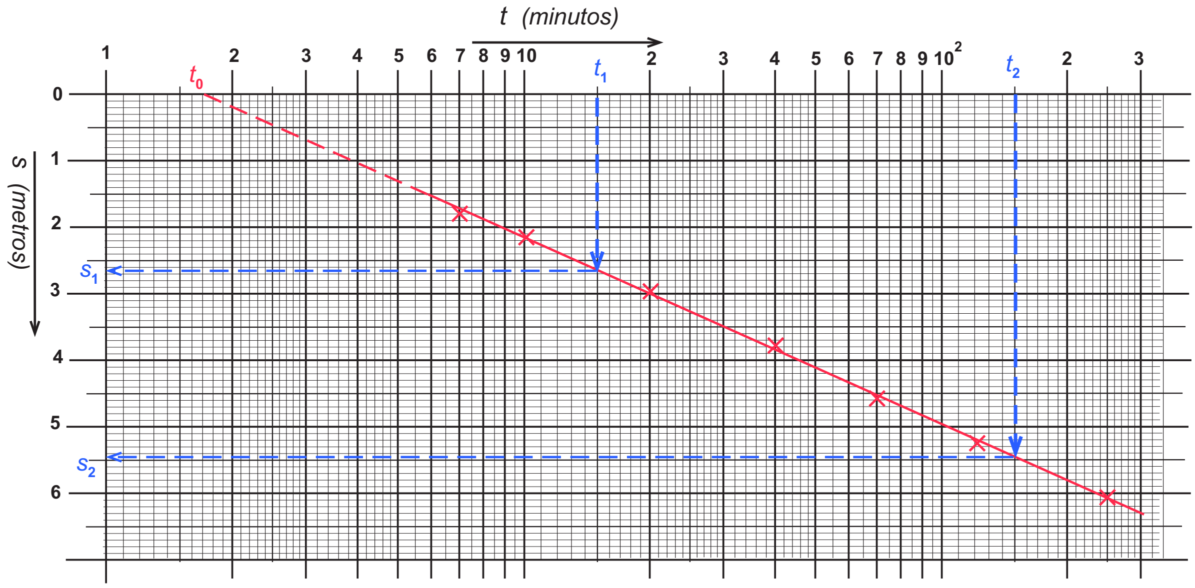
t (minutos)	s (metros)
7	1,80
10	2,15
20	3,00
40	3,80
70	4,60
120	5,25
250	6,05

Solución

1. Se representan los puntos en un gráfico semilogarítmico: en abcisas, logaritmos de tiempo; en ordenadas, descensos.
   (Hemos representado los descensos hacia abajo porque evoca su evolución en la realidad, aunque sería más correcta la disposición habitual de cualquier gráfico: que los valores positivos de la variable en ordenadas crecieran hacia arriba).



2. Se interpola una recta que se ajuste lo mejor posible a los puntos. Puede ser que los primeros puntos no estén alineados, ya que la solución de Jacob puede no cumplirse para tiempos pequeños
3. Tomamos dos puntos de la recta de modo que: $t_2 = 10 \, . \, t_1$
   Leemos la diferencia s_2 **-** s_1 para esos dos puntos: En este caso leo **2,80 metros**. (El trazado de la recta es ligeramente subjetivo, por lo que este valor puede variar)



Cálculo de la Transmisividad (los cálculos se explican más adelante)

Aplicamos la siguiente expresión: $\boxed{s_2 - s_1 = 0{,}183\dfrac{Q}{T}}$ (1)

convirtiendo el caudal de litros/seg. a m³/día

$$2{,}80 = 0{,}183\frac{20 \times 86{,}4}{T}$$

Despejamos T : $\boxed{\boldsymbol{T = 113\,m^2/día}}$

Como los descensos están en metros y el caudal en m³/día, la transmisividad se obtiene en m²/día.

Cálculo del coeficiente de almacenamiento (los cálculos se explican más adelante)

Prolongamos la recta hasta cortar el eje de abcisas (descenso = 0), leemos el valor del punto de corte (t_0): $\boldsymbol{t_0}$ **= 1,7 minutos**

Aplicamos la siguiente expresión: $\boxed{S = \dfrac{2{,}25 T \, t_0}{r^2}}$ (2)

$$S = \frac{2{,}25 \times 113 \times \dfrac{1{,}7}{1440}}{150^2} = 1{,}3 \, . \, 10^{-5}$$

Explicación de los cálculos realizados

¿Por qué los puntos están alineados? ¿Por qué los primeros puntos pueden no estar en la recta?

Recordemos la expresión de Jacob: $\boxed{s = 0{,}183\dfrac{Q}{T}\log\dfrac{2{,}25\,T\,t}{r^2\,S}}$

Para un caso determinado, Q, T, S y r son constantes, luego podríamos ver la fórmula de este modo[1]:

$$s = \mathrm{A} + \mathrm{B} \cdot \log t$$

que es la ecuación de una recta, donde A es la ordenada en el origen y B es la pendiente.

Las medidas correspondientes a los primeros minutos pueden estar fuera de la recta debido a que la ecuación de Jacob es una **simplificación** de la ecuación de Theis, y esa simplificación sólo es válida para valores de u pequeños (en general, menores de 0,03). Y los valores de u son grandes par valores de tiempo pequeños (recordemos que $u = r^2 S / 4T t$).

Obtención de la transmisividad a partir de la pendiente de la recta

La ecuación de una recta se cumple en cualquiera de los infinitos puntos de dicha recta, luego la aplicamos para los puntos (t_1, s_1) y (t_2, s_2):

$$s_2 = 0{,}183 \frac{Q}{T} \log \frac{2{,}25\, T\, t_2}{r^2\, S}$$

$$s_1 = 0{,}183 \frac{Q}{T} \log \frac{2{,}25\, T\, t_1}{r^2\, S}$$

Restamos miembro a miembro:

$$s_2 - s_1 = 0{,}183 \frac{Q}{T} \left(\log \frac{2{,}25\, T\, t_2}{r^2\, S} - \log \frac{2{,}25\, T\, t_1}{r^2\, S} \right)$$

Y, como la diferencia de logaritmos es igual al logaritmo del cociente, simplificando resulta:

$$s_2 - s_1 = 0{,}183 \frac{Q}{T} \log \frac{t_2}{t_1}$$

Con esta expresión ya podríamos despejar T para dos puntos cualesquiera (t_1, s_1) y (t_2, s_2), pero si tomamos dos puntos que cumplan la condición de que: $\boldsymbol{t_2 = 10 \,.\, t_1}$
la ultima expresión se simplifica así:

$$\boxed{s_2 - s_1 = 0{,}183 \frac{Q}{T}}$$

que es la fórmula (1) que utilizamos en el cálculo.

Obtención del coeficiente de almacenamiento

Como ya conocemos el valor de T, podemos aplicar la ecuación de Jacob a un punto cualquiera de la recta, y con las coordenadas de ese punto (t , s) podríamos despejar S en la expresión de Jacob. El cálculo resultaría ligeramente engorroso, ya que la variable a despejar (S) está dentro del logaritmo. Para simplificar el cálculo se utiliza el punto de la recta en el que ésta corta al eje horizontal. Las coordenadas de dicho punto son (t_0,0), en ese punto s=0.

$$0 = 0{,}183 \frac{Q}{T} \log \frac{2{,}25\, T\, t_0}{r^2\, S}$$

Cuando el producto de dos factores es cero, al menos uno de ellos debe ser cero. Es evidente que 0,183 Q/T no puede ser cero, por lo que el logaritmo debe ser cero. Y si el logaritmo de un número es 0, dicho número es 1. Por tanto:

$$\log \frac{2{,}25\, T\, t_0}{r^2\, S} = 0 \;\; \Rightarrow \;\; \frac{2{,}25\, T\, t_0}{r^2\, S} = 1$$

La última igualdad es la expresión (2) que utilizamos en el cálculo.

---

[1] $s = 0{,}183 \frac{Q}{T} \cdot \log \frac{2{,}25\, T\, t}{r^2\, S} = 0{,}183 \frac{Q}{T} \left(\log \frac{2{,}25\, T}{r^2\, S} + \log t \right) = 0{,}183 \frac{Q}{T} \log \frac{2{,}25\, T}{r^2\, S} + 0{,}183 \frac{Q}{T} \log t = \mathrm{A} + \mathrm{B} \cdot \log \mathrm{t}$