EXAMEN de DISEÑO HIDROLÓGICO

21 de julio 2021

Pregunta 1 (12 puntos)

Describa qué quiere decir que una serie de caudales es no estacionaria y enumere razones por las que esto puede ocurrir.

Asumiendo que se tiene abundancia de datos relevantes en la cuenca y un modelo hidrológico calibrado a la misma, describa alguna estrategia que pueda ayudar a determinar el origen/los orígenes de la no estacionariedad de una serie haciendo uso del modelo.

Pregunta 2 (10 puntos)

Comente en qué casos resulta aplicable la instalación de un vertedero de pared delgada para medición de caudales. Explique brevemente el funcionamiento del método y sus ventajas y desventajas.

Pregunta 3 (9 puntos)

Enumere 3 ecosistemas principales presentes en Uruguay y describa los servicios ecosistémicos que se pueden asociar a los mismos.

Pregunta 4 (11 puntos)

Enumere y describa los elementos genéricos en que se basa la estructura de los modelos hidrológicos vistos en clase (del tipo matemáticos, conceptuales). Identifique dichos elementos en el modelo de escurrimientos medios de Temez.

Pregunta 5 (8 puntos)

Describa y ejemplifique cómo puede variar en el tiempo la relación natural entre el agua subterránea y superficial.

Pregunta 6 (14 puntos)

Existe un embalse para riego con una cuenca de aporte de 10 km^2 y cuya curva cota-superficie inundada responde a la siguiente ecuación:

$$A(h) = a*h^b$$

donde a = 97.000, b = 1,3, A(h) está expresada en m^2 y h en m.

La cota de vertido (h_v) es de 8 m.

Para un mes dado, se conocen:

- El almacenamiento y la superficie finales (S_t y A_j) correspondientes a un nivel de agua en el embalse de 5 m.
- La componente (P_j - Ev_j) vale 80 mm.
- La componente del excedente T_j del modelo de Temez (para estimar el volumen de escurrimiento que alimenta el embalse) vale 100 mm;
- La variación del almacenamiento subterráneo (ΔV_j) del modelo de Temez vale 1/6 del Imax calibrado para Uruguay (Imax = 386 mm).
- Se tiene una extracción (Vd_t) de 0,45 Hm^3 para satisfacer las demandas de dicho mes.

A partir de estos datos, resolver el balance hídrico al embalse y determinar el valor del almacenamiento del mes anterior (S_{t-1}).

R:

Partimos de la expresión para el balance al embalse de paso mensual, despreciando la infiltración al terreno:

$$S_t = S_{t-1} + Vesc_t + A_t*(P_t - Ev_t) - Vd_t - Vv_t \quad (*)$$

Donde:

S_t: Volumen almacenado en el mes t

S_{t-1}: Volumen almacenado en el mes t-1

$Vesc_t$: Volumen escurrido en la cuenca en el mes t

A_t: Superficie libre del embalse en el mes t

P_t: Precipitación en el embalse en el mes t

Ev_t: Evaporación en el embalse en el mes t

Vd_t: Demanda a satisfacer en el mes t

Vv_t: Volumen vertido en el mes t

Calculamos A(h = 5 m) y S(h = 5 m) como la integral de A(h)dh, $S(h) = (a/(b+1))*h^{b+1}$

$A_t = 786.018\ m^2$

$S_t = 1,71x10^6\ m^3$

Además conocemos:

$(P_t - Ev_t) = 0,080$ m

$Vd_t = 0,45x10^6\ m^3$

$Vv_t = 0$ ($h = 5\ m < h_v$)

En cuanto a $Vesc_t$, según el modelo de Temez se estima sumando una componente superficial y una componente subterránea: $Atot_t = Asup_t + Asub_t$

$Asup_t = T_t - I_t$ (con T excedente, I infiltración)

$Asub_t = I_t - \Delta V_j$ (V almacenamiento subterráneo)

$I_t = Imax*T_t/(T_t+Imax) = 79,4$ mm con Imax= 386 mm y T_t =100 mm

$\Delta V_j = 1/6*Imax = 64,3$ mm

Aporte superficial: $Asup_t = 100 - 79,4 = 20,6$ mm

Aporte subterráneo: $Asub_t = I_t - \Delta V_j = 79,4 - 64,3 = 15,1$ mm

Aporte total: $Atot_t = Asup_t + Asub_t = 35,7$ mm; $Vesc_t = Atot_t \times Ac = 0,357$ Hm^3

Entonces, el balance (*) queda:

$S_t = S_{t-1} + Vesc_t + A_t*(P_t - Ev_t) - Vd_t - Vv_t$

$1,71x10^6 = S_{t-1} + 0,357x10^6 + 786.018 \times 0,080 - 0,45x10^6$, lo que da:

$S_{t-1} = 1,74 \times 10^6$ m^3

Pregunta 7 (10 puntos)

Con el objetivo de estimar el intervalo de confianza de la precipitación diaria de 100 años de período de retorno se utiliza la técnica de Bootstrapping no paramétrico, realizando un total de N=40 remuestreos con repetición, a partir de los cuales se obtienen los 4nte0 valores que se presentan en la siguiente tabla, ordenados de menor a mayor. ¿Cuál es el valor de los límites superior e inferior del intervalo de 90% confianza, centrado, que surge de este análisis? Justifique.

# Sim.	Precipitación [mm/día]	# Sim.	Precipitación [mm/día]	# Sim.	Precipitación [mm/día]	# Sim.	Precipitación [mm/día]
1	176.4	11	200.5	21	209.3	31	220.0
2	180.0	12	200.9	22	210.7	32	224.3
3	180.2	13	201.1	23	213.9	33	228.1
4	184.1	14	201.9	24	214.4	34	237.7
5	191.1	15	202.0	25	215.0	35	238.8
6	191.8	16	202.7	26	215.4	36	239.3
7	192.4	17	202.8	27	216.2	37	244.8
8	196.5	18	205.6	28	216.9	38	245.1
9	196.7	19	206.3	29	218.5	39	247.2
10	197.3	20	208.3	30	218.6	40	261.4

R:

Con n=40, percentil 1.5/n (3,75%) -> 180,0 y percentil 2.5/n (6,25%) -> 180,2

Interpolando linealmente, percentil 5% -> 180,1 mm/día

Com n=40, percentil 37.5/n (93,75%) -> 245,1 y percentil 38.5/n (96,25%) -> 247,2

Interpolando linealmente, percentil 95% -> 246,2 mm/día

Intervalo centrado de 90% (5-95%) = [180,1 246,2] mm/día

Pregunta 8 (14 puntos)

Calcular los parámetros hidrogeológicos y predecir el tipo de funcionamiento hidrogeológico (confinado, semiconfinado o libre) de una formación acuífera en la que se ha realizado una prueba de bombeo con un caudal de Q= 36 l/s y una duración total de 30 horas. El pozo de observación se halla a 25 m del pozo de bombeo y los descensos observados son los siguientes:

t (min)	1	5	10	20	30	40	50	100
s (m)	1.5	1.8	1.9	2.2	2.5	2.65	2.8	3.15
t (min)	200	300	400	600	800	1000	1300	1800
s (m)	3.5	3.7	3.9	4.1	4.25	4.38	4.4	4.42

R:

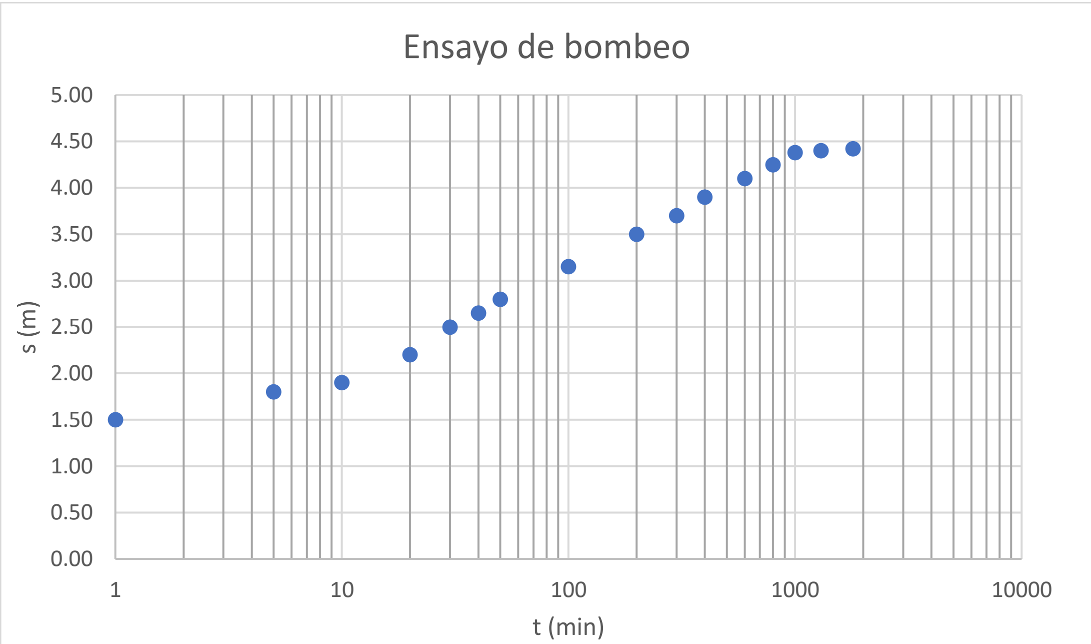
El problema involucra un ensayo de bombeo a caudal constante. Por ello deben utilizarse ecuaciones en régimen transitorio, según la letra y datos brindados en el problema, se aplica la aproximación de Jacob para su resolución, suponiendo que es válida.

La fórmula que se aplica es la siguiente:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} ln(t) + \frac{Q}{4\pi T} ln\left(\frac{2{,}25T}{r^2 S}\right)$$

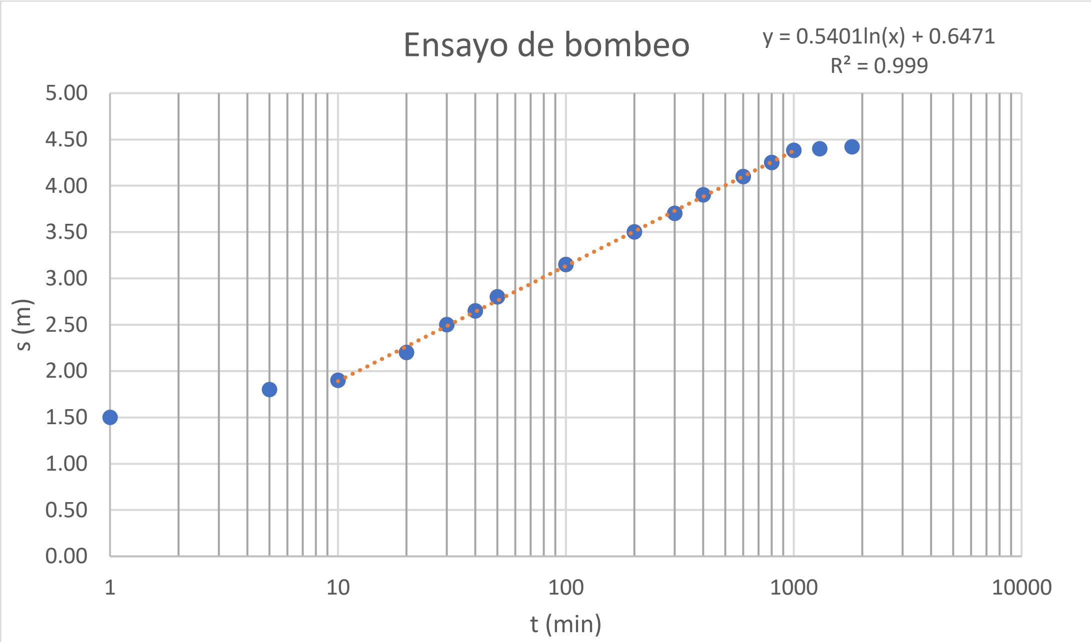
Datos:	
r (m)	25
Q (m3/h)	129.6
Q (m3/min)	2.16

Se deben graficar todos los puntos en una hoja semilogarítmica.



Se observa que al menos los dos o tres primeros puntos del gráfico presentan cierta curvatura respecto a la recta de descensos (probablemente presenten valores de u>0.03) por esto deben descartarse para calcular la pendiente de la recta. Además, se observa que a partir de los 1000 min se estabilizan los niveles, por ello, los dos últimos puntos de la curva deben descartarse en la estimación de la pendiente.

Se debe calcular entonces la pendiente y el término independiente de la recta, exceptuando los puntos iniciales y finales de la curva de descensos-tiempos, según lo explicado en el párrafo anterior.



Se utiliza la distancia al piezómetro como r=25 m y el caudal se expresa en (m3/min), del gráfico de descensos vs tiempo se determina la pendiente de la recta (m) y el término independiente de la expresión (n).

Se utilizan las siguientes expresiones derivadas de la aproximación de Jacob para determinar T y S:

$$\boxed{T = \frac{Q}{4\pi m}} \qquad \boxed{S = \frac{2{,}25\,T}{r^2 . e^{\frac{4\pi T n}{Q}}}}$$

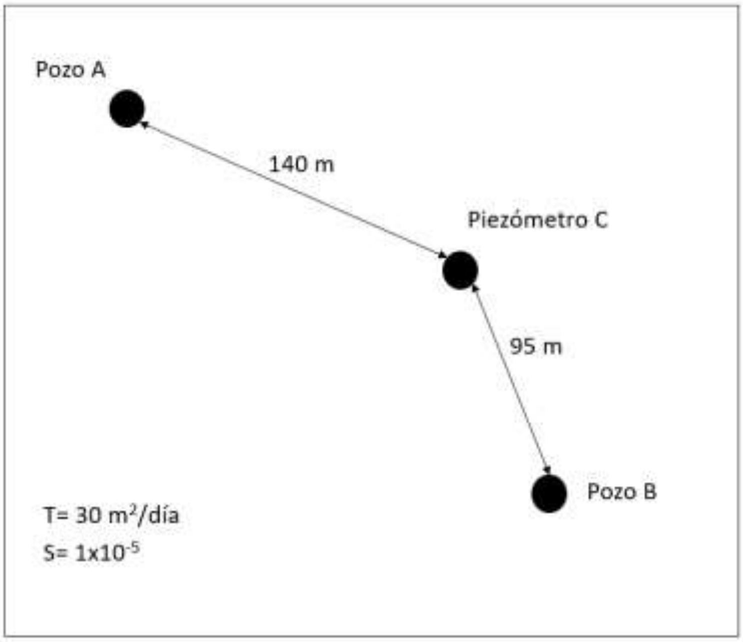
Los resultados correctos del problema son los siguientes:

m	0.54
T (m2/min)	0.318
T (m2/dia)	458.4
n	0.647
S	0.00035

Como el coeficiente de almacenamiento es $S=3.5 \times 10^{-4}$ entonces puede deducirse que se trata de un **acuífero confinado/cautivo.**

Pregunta 9 (12 puntos)

Se tiene un acuífero donde se existen dos pozos (A y B) que están siendo bombeados y un piezómetro (C) donde se monitorea el nivel. La configuración de las perforaciones y los parámetros hidrogeológicos del acuífero se muestran a continuación:



Se sabe que el Pozo B extrae un caudal de 3.5 l/s. Al momento de medir el nivel en el Piezómetro C, el Pozo B se encontraba encendido desde hacía 5 horas y el Pozo A desde hacía 2 horas.

Sabiendo, además, que el descenso medido en el Piezómetro C es de 8.66 m, calcule el caudal de extracción en el Pozo A.

R:

Calculamos el descenso provocado por el Pozo B en el piezómetro mediante la ecuación de Jacob en régimen transitorio:

$$s_B = 0.183 \times \frac{3.5 \times 60 \times 60 \times 24}{30 \times 1000} log\left(\frac{2.25 \times 30 \times {}^{5}/_{24}}{95^2 \times 10^{-5}}\right) = 4.05\ m$$

Sabiendo que el descenso en el piezómetro es la suma de los descensos provocados por cada pozo, podemos despejar el descenso producido por el Pozo A como:

$$s_A = s_{tot} - s_B = 8.66\text{ m} - 4.05\text{ m} = 4.61\text{ m}$$

A partir del descenso producido por el Pozo A, podemos despejar el caudal de la ecuación de Jacob:

$$Q_A = \frac{s_A \times T}{0.183 \times log\left(\frac{2.25 \times 30 \times {}^{2}/_{24}}{140^2 \times 10^{-5}}\right)} = \frac{4.61 \times 30}{0.183 \times log\left(\frac{2.25 \times 30 \times {}^{2}/_{24}}{140^2 \times 10^{-5}}\right)}$$
$$= 518.4\ m^3/dia$$