

Hidrología e Hidráulica Aplicadas – Ingeniería Civil Plan 2001

Examen 25 de julio 2026

EJERCICIO 1 (25 puntos)

Dos lagos se conectan por un canal de sección trapezoidal de largo $L=200$ m, ancho de base $b=2.1$ m, pendiente talud $m=1$, pendiente longitudinal de fondo $S_0=0.01$, coeficiente de rugosidad de Manning $n=0.015$. A la salida del primer lago (Lago A) hay una compuerta de fondo ideal de abertura a que permite descargar un caudal deseado de $Q=9.2$ m³/s. La superficie libre del Lago A se ubica a $h_{LA}=2.5$ m respecto al fondo del canal.

- Si el nivel del Lago B está por debajo de la cota de fondo del canal al final del mismo, calcule la abertura de la compuerta necesaria para obtener el caudal deseado. Clasifique el canal en tipo M o S y dibuje la superficie libre a lo largo del canal, indicando los tirantes en los puntos más relevantes y ubicando resaltos si los hubiere.
- Manteniendo la abertura de la compuerta calculada en la parte a). Si el nivel del Lago B respecto al fondo de la sección final del canal es $h_{LB}=2$ m. Clasifique el canal en tipo M o S y dibuje la superficie libre a lo largo del canal, indicando los tirantes en los puntos más relevantes y ubicando resaltos si los hubiere.
- Manteniendo la abertura de la compuerta calculada en la parte a) y considerando que el Lago B puede aumentar su nivel respecto a la parte b), determine el nivel máximo que puede alcanzar el Lago B para que se mantenga el caudal que circula por el canal en $Q=9.2$ m³/s.

(a)



(b)



EJERCICIO 2 (25 puntos)

- Se requiere realizar el diseño hidráulico de una alcantarilla a ser ubicada en las siguientes coordenadas: $X=550$ Km; $Y=6275$ Km, correspondientes al punto de cierre de una cuenca, situada al noroeste del departamento de Lavalleja. Las características principales de la cuenca de drenaje a ese punto se presentan en la Tabla 1.

Área (Km ²)	ΔH (m)	L (m)	Grupo Hidrológico	S (%)
4.2	87	2850	C	5.7

dónde: L es la longitud del cauce principal, ΔH es el desnivel máximo del cauce principal y S es la pendiente media de la cuenca.

Determinar el caudal máximo de diseño de la alcantarilla asociado a **5 años** de período de retorno y justificar el método de cálculo empleado. El uso del suelo actual en toda la superficie de la cuenca es **pastizales en condiciones hidrológicas regulares**. Se podrá suponer que el **flujo es concentrado** en la cuenca.

- 2) Se proyecta un desarrollo urbano que abarca el **25%** de la superficie de la cuenca presentada en 1). Dicho desarrollo implica la transformación de pastizales en áreas de **concreto/techo** y la canalización de parte del cauce principal de la cuenca, provocando una reducción en su tiempo de concentración de un **18 %**. En esas condiciones recalcular el caudal máximo de la cuenca para 5 años de período de retorno. Justifique su respuesta.
- 3) Determinar la **máxima área** de desarrollo urbano admisible, para que el caudal máximo, de $T_r = 5$ años, no aumente más que un 80% del caudal de la situación original (100% Pastizales); asumiendo para este caso que la reducción del tiempo de concentración es la misma de la parte 2. Justifique su respuesta.

EJERCICIO 3 (25 puntos)

En base a la **carta topográfica** del SGM con curvas de nivel cada **10 m** que se adjunta, se pide:

- 1) **Delimitar la cuenca** ubicada en el departamento de Paysandú, cuyo punto de cierre ($X=359.8$ km; $Y=6480.0$ km) se indica en la carta.
- 2) Una tormenta extrema sobre la cuenca generó los siguientes hietogramas de precipitación y precipitación efectiva:

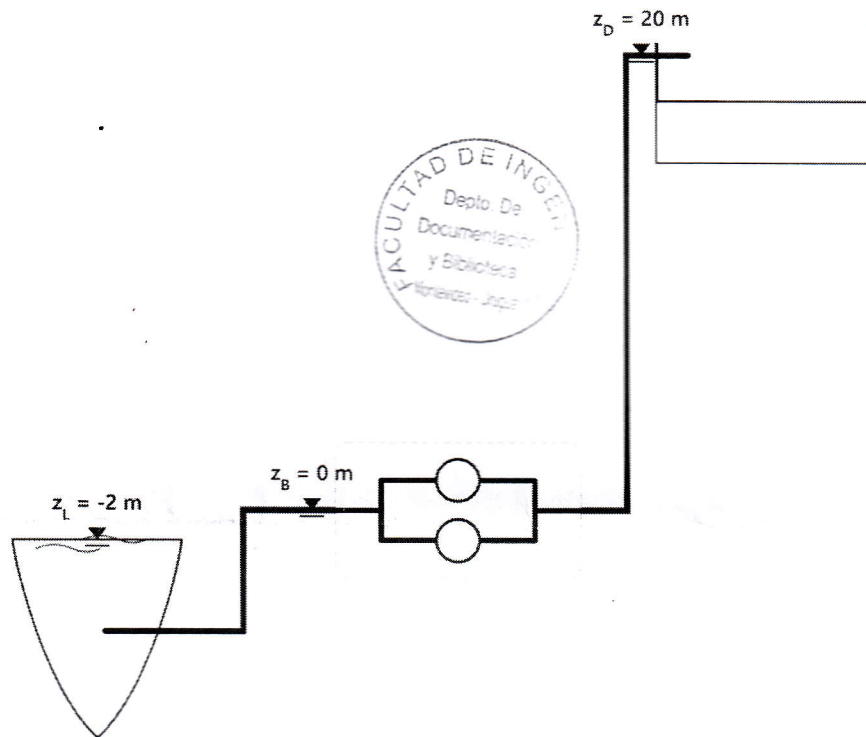
P (mm)	2	13	0
P_{ef} (mm)	0	7.8	0
T (min)	0-10	10-20	20-30

- 2.1) Determinar y graficar el **hidrograma unitario triangular del NRCS** para la cuenca, sabiendo que su área es de 4.65 km^2 y que tiene un tiempo de concentración de 1.17 horas.
- 2.2) Calcular y graficar el **hidrograma** del evento en el punto de cierre de la cuenca.
- 2.3) Estimar el **volumen** de escorrentía del evento.

EJERCICIO 4 (25 puntos)

El sistema captación de agua de una planta potabilizadora consiste en dos bombas idénticas conectadas en paralelo (las curvas características se indican en la tabla y la cota de las mismas es $z_b = 0 \text{ m}$) que elevan agua desde un lago cuya superficie se encuentra a cota $z_L = -2 \text{ m}$ a la cámara mezcladora de la planta. La tubería de succión tiene diámetro $D_s = 250 \text{ mm}$, longitud $L_s = 15 \text{ m}$, rugosidad $\epsilon_s = 0.03 \text{ mm}$ y coeficiente de pérdida de carga localizada $k_s = 4$. La tubería de impulsión descarga libre a la cámara mezcladora a cota $z_D = 20 \text{ m}$, tiene diámetro $D_i = 200 \text{ mm}$, longitud $L_i = 800 \text{ m}$, rugosidad $\epsilon_i = 0.03 \text{ mm}$ y coeficiente de pérdida de carga localizada $k_i = 3$. Las pérdidas de carga en las conexiones entre las bombas y las tuberías comunes de succión e impulsión se pueden despreciar.

Q (m^3/h)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	88
H (m)	43,0	42,5	42,0	41,5	41,0	39,0	36,0	32,0	27,0	20,0
rend (%)	0	25	40	52	60	68	72	75	77	75
NPSHr (m)	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,4	2,9	3,2	4,0



- 1- Encontrar el punto de funcionamiento del sistema y de cada una de las bombas.
 - i. Presentar la ecuación de pérdida de carga para la instalación.
 - ii. Presentar un gráfico esquemático H-Q donde se grafiquen la curva de la instalación y la de las bombas, así como el punto de funcionamiento del sistema y de cada bomba.
 - iii. Presentar valores numéricos de Q, H, y factores de fricción para la succión e impulsión.

- 2- Encontrar la potencia consumida por el sistema y verificar que las bombas no caviten.
 - i. Presentar la ecuación para el cálculo de la potencia.
 - ii. Presentar la curva de eficiencia indicando la condición de operación.
 - iii. Presentar la ecuación de NPSH disponible.
 - vi. Presentar valores numéricos de NPSH requerido y disponible.

- 3- Encontrar el nivel mínimo (con una precisión de al menos 0,1 m) al que puede descender el nivel del lago sin que las bombas caviten. Para esta condición encuentre el caudal total bombeado, presentando valores numéricos de Q, H, y factores de fricción.

t/h



Ejercicio 1

L = 200 m
 m = 1
 n = 0.015
 h₀ = 2.5 m
 b = 2.1 m
 s = 0.01
 Q = 9.2 m³/s

a) Long B de aguas libre con Q y geom
 $y_n = 0.751$
 $y_c = 1.051$
 Canal S

¿a? $E_a = E_1$
 $E_1(y_1 - a) = 2.5$
 $y_1 = 0.56$
 $E_a = h_a = 2.5$

b) con h₀ = 2 m → curva S1 desde aa

Resalto
 $x = 150$
 $y_{s3} = 0.14$
 $y_{s1} = 1.416$
 $y_{s1}^* = 0.111$

c) a* = 1.13 m → culab S3
 $M_{L3} > 3.8$
 $S3 (x - 200) = 3.8$
 compuesta abogada

Ejercicio 2

1) X = 550 m
 Y = 62.15 m
 A = 42 m²
 ΔH = 81 m
 L = 2850 m
 GH - c

S = 3.05 % → T_c = 0.58 L = 55 m

Q = 23.13 m³/s

E_{canal} = 42.15 m
 c = 0.58

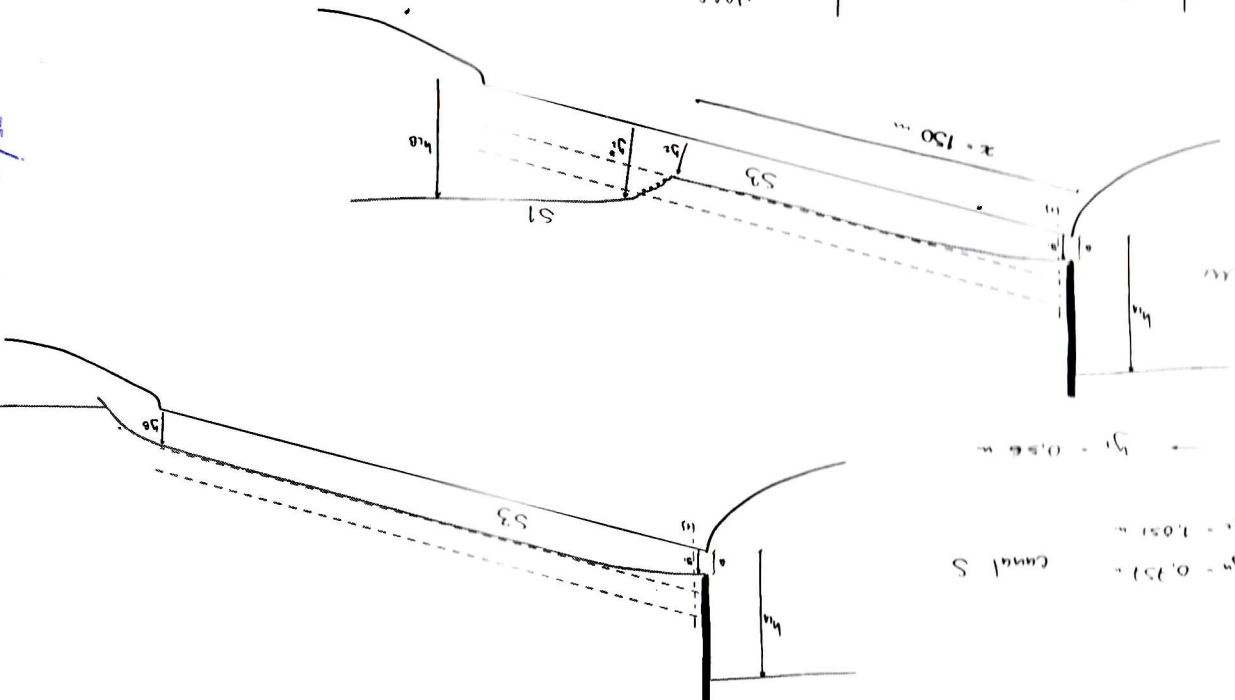
MCS
 NC = 19
 Q = 14.13 m³/s



2) Q_{canal} = 42.1 m³/s
 T_c = 0.416 h
 c = 0.58
 50 %

MCS
 M₀ = 19 × 15% + 98 × 25% = 83.15
 Q = 21.28 m³/s

MCS
 I_{canal} = 63.1 mm/h
 c = 0.36 × 15% + 0.80 × 25% = 0.61
 Q = 34.6 m³/s



5/7

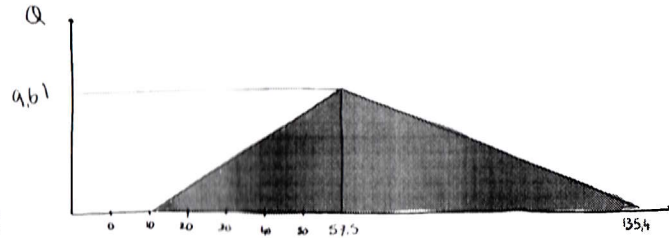
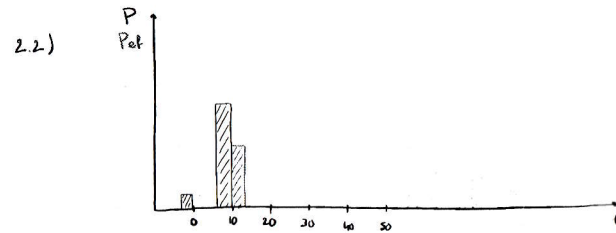
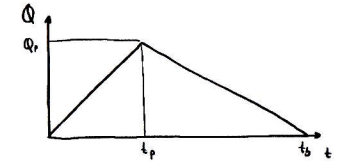
Ejercicio 3

2.1) $A = 4,65 \text{ km}^2$
 $T_c = 1,14 \text{ h}$

$t_p = \frac{D}{2} + 0,6 t_c = 0,185 \text{ horas}$

$t_b = \frac{8}{3} t_p = 2,09 \text{ horas}$

$Q_p = 0,208 \frac{A}{t_p} = 1,232 \text{ m}^3/\text{s} / \text{mm}$



2.3) $V_{esc} = 36152,8 \text{ m}^3$

Ejercicio 4

Bombas en paralelo

$z_a = 0 \text{ m}$

$z_c = -2 \text{ m}$

$D_s = 250 \text{ mm}$

$L_s = 15 \text{ mm}$

$E_s = 0,03 \text{ mm}$

$k_s = 4$

$z_b = 2,0 \text{ m}$ (descarga libre)

$D_i = 200 \text{ mm}$

$L_i = 800 \text{ mm}$

$E_i = 0,03 \text{ mm}$

$k_i = 3$

1) $H_{m1} = (H_2 - H_1) + \left(\left(k_s + f_s \frac{L_s}{D_s} \right) \cdot \frac{1}{2gA_s^5} + \left(k_i + f_i \frac{L_i}{D_i} \right) \cdot \frac{1}{2gA_i^5} + \frac{1}{2gA_s^5} \right) Q^2$

Fuccionamiento

+ sistema $Q = 0,0426 \text{ m}^3/\text{s} = 153,49 \text{ m}^3/\text{h}$

+ bombas $Q = 0,0213 \text{ m}^3/\text{s} = 76,75 \text{ m}^3/\text{h}$

+ caudal $H = 28,63 \text{ m}$

$Re_s = 2,17 \cdot 10^5$

$f_s = 0,01635$

$Re_i = 2,71 \cdot 10^5$

$f_i = 0,01606$



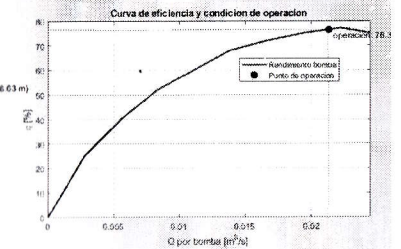
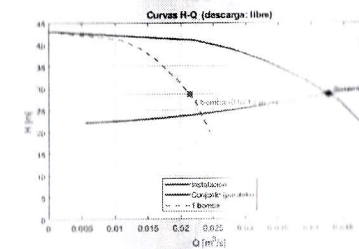
2) $P_{tot} = \rho g Q H = 15,62 \text{ kW}$

$NPSH_d = 10,1 \text{ m} + 11,1 \text{ m} = 21,2 \text{ m}$

$k_s Q^2$

$NPSH_d = 7,94 \text{ m} > NPSH_r = 3,10 \text{ m}$

NO CAUTA



3) $z_c = -7,1 \text{ m} \rightarrow NPSH_d = 2,87 \text{ m} > NPSH_r = 2,84 \text{ m}$

$\rightarrow$ descenso de 5,1 m

$Q_{PF} = 137,6 \text{ m}^3/\text{h}$ $H_{PF} = 32,5 \text{ m}$

