

**EJERCICIO 1** (25 puntos)

Un lago A descarga por un canal de largo $L=500$ m que termina en un lago B. El nivel del lago A sobre el fondo del canal a la entrada es $H_{LA}=1.9$ m, el canal es de sección rectangular con ancho de base $b=5$ m, pendiente longitudinal de fondo $S_0=0.001$, coeficiente de rugosidad de Manning $n=0.03$. El nivel del lago B sobre el fondo del canal a la entrada es $H_{LB}=1.3$ m,

- 1) Calcule el caudal de descarga, clasifique el canal en **tipo M** o **S** y dibuje la superficie libre a lo largo de todo el canal, indicando los **tirantes** en los puntos más relevantes, y ubicando **resaltos** si los hubiere.
- 2) A los **250 m** del inicio del canal se ubica un escalón (longitud despreciable). Determine la **máxima altura** que puede tener el escalón para que el tirante aguas arriba del mismo no se vea afectado.
- 3) Si el escalón es de **$dz=0.35$ m** de altura. Calcule los cambios respecto a la situación 1) e indíquelos en el perfil de flujo.

**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	65	1950	C	6.7

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.

- 1) 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 registra con un pluviómetro la ocurrencia de un evento extremo de precipitación en la cuenca. Dicho evento tuvo una duración de **18 minutos**, donde se acumuló una precipitación de **40 mm** a intensidad constante. Determinar el período de retorno de dicho evento de lluvia.
- 3) Se proyecta posteriormente un desarrollo urbano que abarca el **25%** de la superficie de la cuenca presentada en 2). 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, se pide recalcular el **caudal máximo** de la cuenca para **5 años** de período de retorno, asumiendo condiciones de flujo concentrado. Justifique su respuesta.

EJERCICIO 3 (25 puntos)

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

- 1) **Delimitar la cuenca** ubicada en el departamento de Durazno, cuyo punto de cierre (coordenadas $X=500$ km; $Y=6325$ km) se ubica en la carta topográfica adjunta perteneciente al SGM (curvas de nivel cada 10 m).
- 2) Dado el siguiente **hietograma de precipitación** registrado en la cuenca durante el mes de agosto (estación inactiva):

t (min)	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120	120-140
P (mm)	4	10	17	31	18	12	7

2.1) Determinar el **volumen de precipitación efectiva total** generado en la cuenca para dicho evento, sabiendo que su área es de 6.21 km^2 , su tiempo de concentración es de 73 minutos, su superficie se encuentra cubierta por hierba con baja densidad y arbustos, que sus suelos pertenecen a la unidad cartográfica "Carpintería" y que en los 5 días previos al evento se registró una precipitación acumulada de 21 mm.

2.2) Determinar el **tiempo de encharcamiento** asociado al evento registrado y el **volumen infiltrado** hasta dicho tiempo.



EJERCICIO 4 (25 puntos)

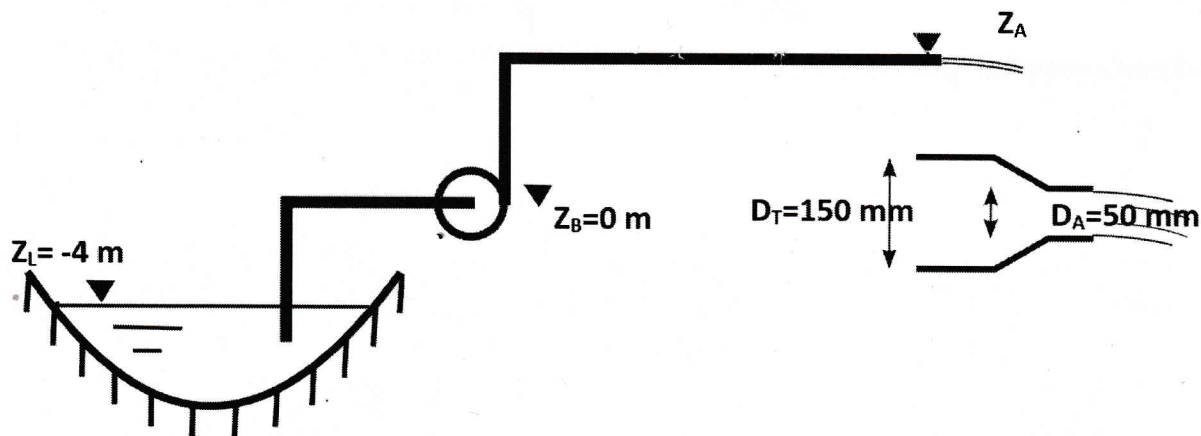
Se dispone de un sistema de riego por aspersión que toma agua desde un lago. La cota del nivel de agua en el lago es $Z_L = -4\text{ m}$. El largo de la tubería de succión es $L_s = 15\text{ m}$ y el de la tubería de impulsión es $L_i = 600\text{ m}$. El diámetro de ambas tuberías es $D_T = 150\text{ mm}$ y su rugosidad absoluta $\epsilon = 0,05\text{ mm}$. Las pérdidas de carga localizadas en la succión se resumen en un coeficiente $k_s = 1$. El coeficiente de pérdida de carga localizada en la tubería de impulsión es $k_i = 5$. El aspersor tiene diámetro de salida $D_A = 50\text{ mm}$ y pérdida de carga localizada despreciable. La cota del aspersor Z_A puede variar en función de la cota del terreno a regar.

Las curvas características de la bomba, ubicada a cota igual a $Z_B = 0\text{ m}$, se presentan en la siguiente tabla:

$Q\text{ (m}^3/\text{s)}$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07
$H\text{ (m)}$	65.0	64.0	60.0	54.0	48.0	41.0	31.0	18.0
rend (%)	0	35	56	68	67	60	46	26
NPSHr (m)	3.2	3.4	3.7	4.4	5.3	6.8	8.5	10.8



- 1- Determinar la mínima cota a la que puede ubicarse el aspersor (Z_A) para que la bomba no cavite, explicando el procedimiento seguido.
- 2- Si el aspersor se ubica a $Z_A = 30\text{ m}$:
 - a) Determinar el punto de funcionamiento del sistema en este caso:
 - Presentar la ecuación de pérdida de carga para esta instalación, detallando cada uno de sus términos.
 - Presentar valores numéricos de Q y H de funcionamiento y factores de fricción para la succión e impulsión en la condición de operación.
 - Presentar un esquema H-Q donde se grafiquen la curva de instalación y de la bomba, así como el punto de funcionamiento.
 - b) Determinar la potencia consumida por el sistema de bombeo en la condición de funcionamiento anterior:
 - Presentar la ecuación para cálculo de la potencia.
 - Presentar el valor numérico de potencia consumida por el sistema y eficiencia de la bomba.
- 3- En las condiciones anteriores calcule la presión dentro de la tubería inmediatamente antes del aspersor.



EJERCICIO 1

1) Itero en el canal:

$$Q = 10 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow y_c = 0.74 \text{ m} \quad y_c < y_n \rightarrow h_{LB} = 1.3 \text{ m} > y_c \rightarrow n_2 \rightarrow y_{n2}(x=0)$$

$$y_n = 1.83 \text{ m}$$

calculo $y_{n2}(x=0)$ desde $y_{ini} = 1.3 \text{ m}$ en $x_{ini} = 500 \text{ m}$

$$y_{n2}(x=0) = 1.67 \rightarrow E = 1.74 \text{ m} \neq h_{LA} = 1.9 \text{ m}$$

$$\Rightarrow Q = 15 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow \begin{cases} y_c = 0.97 \text{ m} \\ y_n = 2.46 \text{ m} \end{cases} \quad y_c < y_n \quad h_{LB} = 1.3 \text{ m} > y_c$$

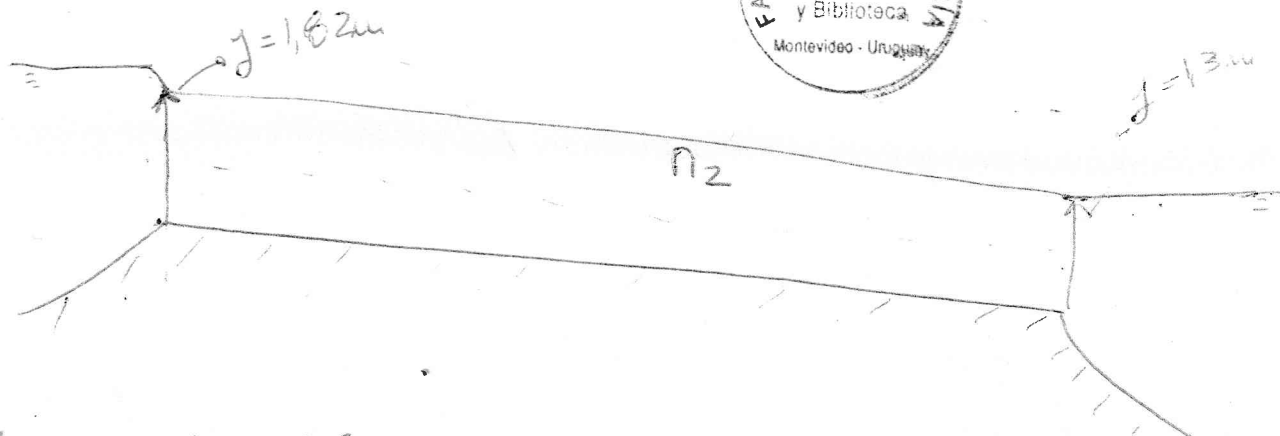
$y_{n2}(x=0)$ con $y_{ini} = 1.3 \text{ m}$ en $x_{ini} = 500 \text{ m} \rightarrow y_{n2} = 2.11 \text{ m}$

$$E = 2.21 \text{ m} \neq h_{LA}$$

$$\Rightarrow Q = 11.6 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow \begin{cases} y_c = 0.81 \text{ m} \\ y_n = 2.03 \text{ m} \end{cases} \quad y_c < y_n \quad h_{LB} = 1.3 \text{ m} > y_c$$

$y_{n2}(x=0)$ con $y_{ini} = 1.3 \text{ m}$ en $x_{ini} = 500 \text{ m} \rightarrow y_{n2} = 1.82 \text{ m}$

$$E = 1.9 \text{ m} \quad \checkmark$$



2) Calculo ~~de~~

$$y_{n2}(x=250 \text{ m}) = 1.68 \text{ m} \rightarrow E = 1.77 \text{ m}$$

MAX elevación $\rightarrow$ en (2) $y_c \rightarrow E_c$

$$E_c = 1.220 \text{ m}$$

$$H_1 = H_2 \rightarrow E_1 = E_c + z_{elevación \text{ MAX}}$$

$$H_1 = H_2 \rightarrow z_{elevación \text{ MAX}} = 0.55 \text{ m} \quad 4/9$$

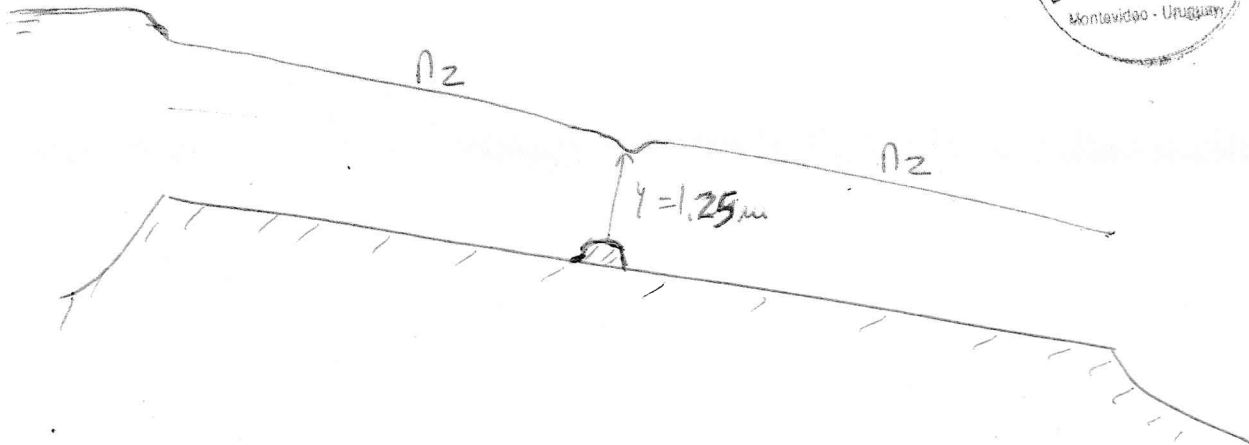


3) $dz = 0,35m \rightarrow dz < \Delta x_{eucloai} = 0,5m$

→ Da energia por parar $\rightarrow E_2 = E_1 - dz = E_3 - dz =$

~~The~~ $\rightarrow E_2 = 1,428m \rightarrow \boxed{y_1 = y_3 = 1,25m}$
 $y_1' = 0,56m$

CAMBIA tirante en eucloai $y = 1,25m$



ESERCICIO 2

① Flujo concentrado → RAMSOL KIRPICH → $t_c = 0,42 \text{ hs}$ (25,2 min/s)
 $P_{310} = 80 \text{ mm}$ → 2 métodos $Q_{\text{máx}}$

MÉTODO RACIONAL: $\Phi = 0,36$
 $i = 67,5 \text{ mm/h}$ } $\Rightarrow Q = \frac{C i A}{360} \Rightarrow \boxed{Q_{\text{máx}} = 28,35 \text{ m}^3/\text{s}}$

MÉTODO NRCS: $NC = 79 \Rightarrow Q_{\text{máx}} = 13,26 \text{ m}^3/\text{s}$ ↑ MAJOR



② $d = 18 \text{ min}$ → $i = \frac{40}{18} = 2,22 \text{ mm/min} = 133,3 \text{ mm/h}$
 $P = 40 \text{ mm}$

$C_D (d = 18 \text{ min}) = 0,359 \Rightarrow P = P_{310} \times C_T \times C_D \times C_A$

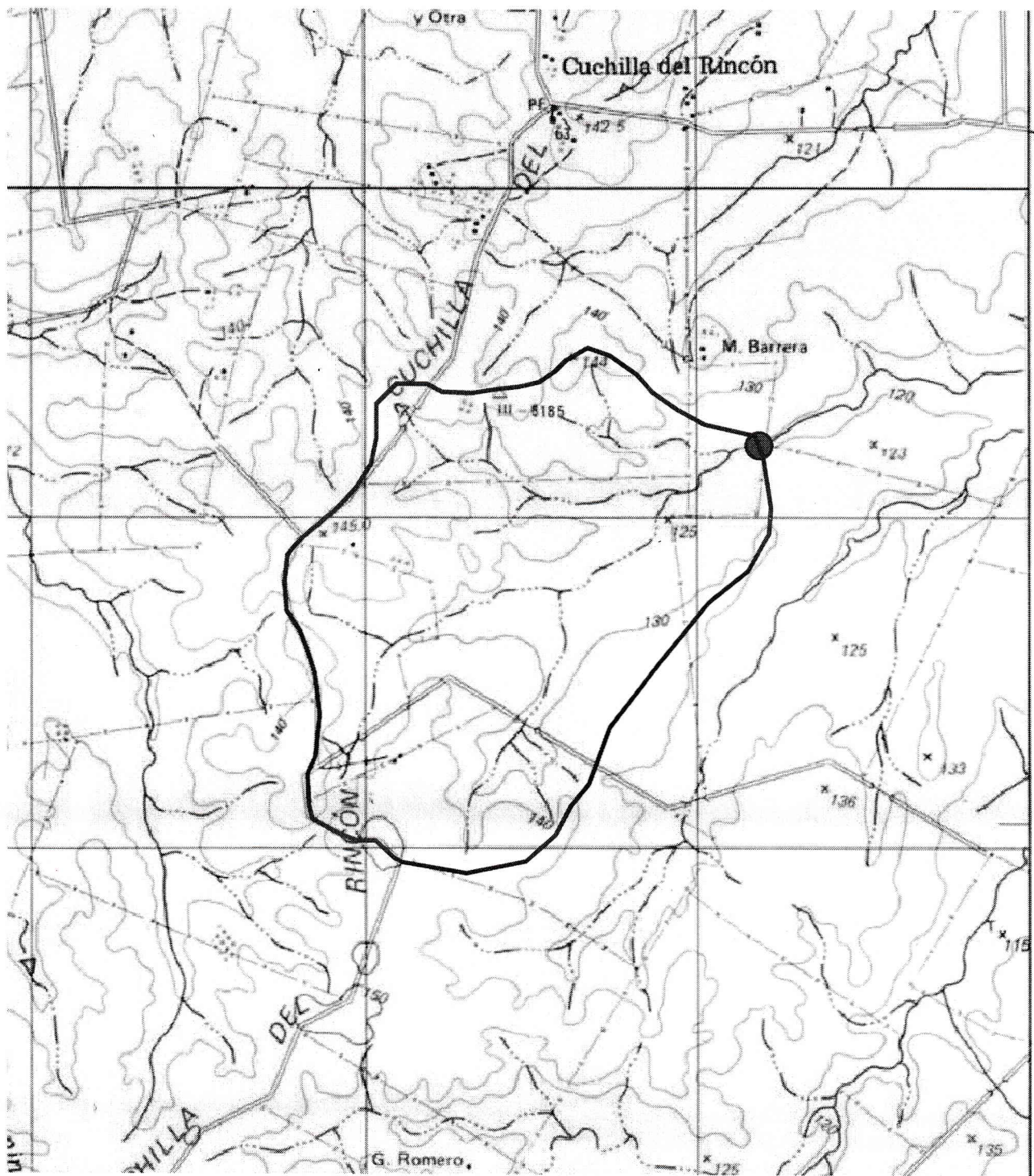
$\Rightarrow C_T = \frac{40}{80 \times 0,359 \times 1} = 1,393 \rightarrow \boxed{T_r \sim 77 \text{ años}}$

③ $C_{\text{PASTURAS}} = 0,36$ (75% Area) } $\rightarrow C^* = 0,36 \times 0,75 + 0,80 \times 0,25 = 0,47$
 $C_{\text{concreto/todo}} = 0,80$ (25% Area)

$t_c^* = (1 - 0,18) \times t_c = (1 - 0,18) \times 0,42 = 0,344 \text{ hs}$ (20,66 min)

$Q^* = \frac{C^* \cdot i^* \cdot A}{360} \Rightarrow \boxed{Q^* = 41,23 \text{ m}^3/\text{s}}$

$i^* = \frac{P_{\text{máx}}}{t_c^*} = 75,18 \text{ mm/h}$



SIGNOS CONVENCIONALES

CAMINOS Transitable todo el año Pavimento liso con separador Dos o más vías Una vía Revestimiento pedregoso Revestimiento mejorado sin pavimento Transitable en tiempo seco Sin pavimento Senda vehicular a campo traviesa Señales de rutas principal, secundaria FERROCARRILES Vía normal, vía doble Estación, parada, plaza gatonera Paso a nivel, paso sobre nivel LIMITES Internacional, departamental OBRAS PUBLICAS, INDUSTRIALES Y ESPECIALES Tanque, depósito de agua, mina o cantera Escollera, escollera con más de 15 m. de ancho Muelle, muelle con más de 20 m. de ancho Pozo, molino COMUNICACIONES Y ELEMENTOS MISCELANEOS Aeropuerto, aeródromo, pista de campo Punto de mampostería, madera, ferroviario Paso, picada, alcantarilla Línea transmisora de energía Alambriado, cerco de piedra	Casa aislada, edificio que excede de 25 x 25 metros, depósito Escuela, iglesia, hospital, policía Cementerio, plaza de deportes PUNTOS DE CONTROL Vertice geodésico, punto de apoyo, punto fijo Puntos arrojados (identificados, no identificados) ELEMENTOS HIPDROGRAFICOS Curso muestra, simple, suplementario, aproximado Desmonte, refugio o barajón, depresión o barranca Arroyo, afloraciones rocosas VEGETACION Monte natural, artificial, frutal Viñedo, chacra o quinta, palmar Chical, pajonal, pajar ELEMENTOS HIDROGRAFICOS Lago o laguna permanente Curso de agua con más de 50 m. de ancho Curso permanente, intermitente Canal, bajante Barrido, arroyal, zona inundable Fonoteador o para embarcaciones grandes, pequeñas CENTROS POBLADOS Capital departamental Ciudad de más de 10 000 hab. Población de 2 500 a 10 000 hab. de 500 a 2 500 hab. Población de 40 a 100 const., centro poblado de 5 a 40 const.
--	---



TACUAREMBO
LA PAZ
CHUY
Neptunia
Empalme Sauce

SOLUCIÓN EJERCICIO 3



2.1)

$$P(3,10) = 84 \text{ mm}$$

$$NC = 78$$

$$GH = D$$

Humedad antecedente $\rightarrow$ NC(II) (no cambia)

$$P = 99 \text{ mm}$$

$$S = 71.6 \text{ mm}$$

$$P_{ef} = (P - 0.2S)^2 / (P + 0.8S) = (99 - 14.3) / (99 + 57.3) = 45.9 \text{ mm} = 2.85 \times 10^5 \text{ m}^3$$

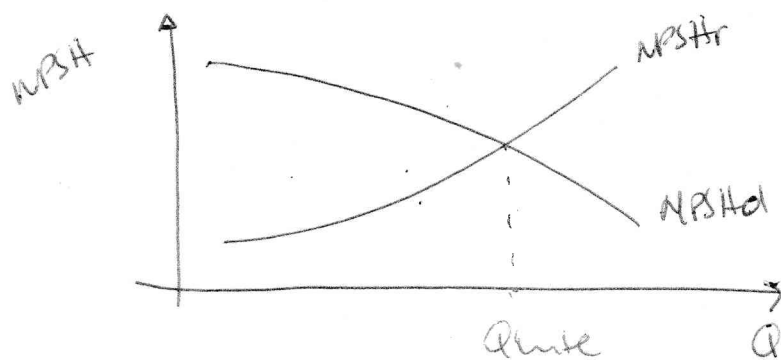
2.2)

$$I_a = 0.2 \cdot S = 0.2 \cdot 71.6 = 14.3 \text{ mm}$$

$$T_{ench} = 40 \text{ min}$$

EJERCICIO 4.

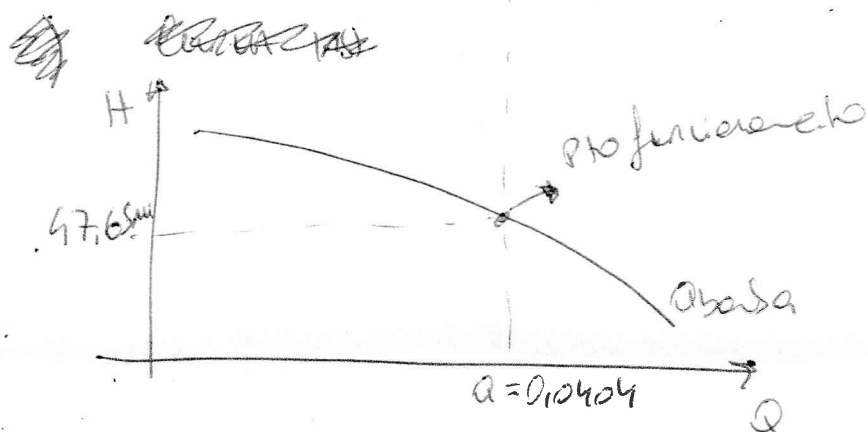
1) $NPSH_d = H_A - z_A + 0,33 - 0,24$ No depende de la
 $z_A = 0$ $H_A = -4m - (k_s + f L_s/D) Q^2 / 2g A^2$ impulsión



Punto donde
 $NPSH_d = NPSH_r$

$Q_{mte} = 0,0404 m^3/s$

$NPSH = 5,37m$



$H_m = 47,65m$

$H_m = H_i - H_s + \Delta H_{loc} + \Delta H_{dis}$

$H_i = z_{ASP} + \frac{Q^2}{2g A_{ASP}^2}$

$H_s = -4m$

$H_m = z_{ASP} + \frac{Q^2}{2g A_{ASP}^2} - (-4m) + \frac{Q^2}{2g A^2} (k_s + k_L + (L_s + L_i) \frac{f}{D})$

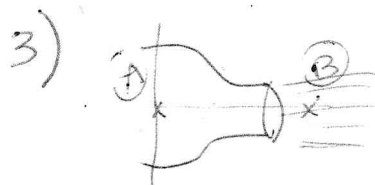
$\Rightarrow z_{ASP \min} = 1,06m$



2) $z_A = 30m \rightarrow$
 $Q = 0,0203 m^3/s$
 $H = 54,8m$
 $f_i = f_s = 0,0176$

b) $P_{ot} = \frac{\rho Q H}{\eta}$

$\eta = 65,8\% \rightarrow P_{ot} = 23 kW$



$H_A = H_B \rightarrow z_A = z_B$

③ como el fluido es PB=0

$P_A/\rho + \frac{v_A^2}{2g} = \frac{v_B^2}{2g}$

$\Rightarrow P_A = 102,5 kPa$