ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL (ESPOL)
FACULTAD DE ING. EN CIENCIAS DE LA TIERRA (FICT)
INGENIERÍA CIVIL - 1er. EXAMEN DE HIDRÁULICA

ESTUDIANTE: ______—______ **Término: 2014-I**

MATRÍCULA: ____—____ **PARALELO 1** **FECHA: 03/VII/2014**

INDICACIONES GENERALES:

1) Lea atentamente TODAS las especificaciones de cada problema. Escriba claramente y sea ordenado (a) en el desarrollo de las respuestas.
2) Tomar en cuenta el **Art. 21 del Reglamento de Evaluaciones y Calificaciones de Pregrado de la ESPOL** (sobre deshonestidades Académicas **premeditada** y **circunstancial**), el **Artículo 7, literal g del Código de Ética de la ESPOL** y la **Resolución del Consejo Académico CAc-2013-108**, sobre compromiso ético de los estudiantes al momento de realizar un examen escrito. No tome riesgos innecesarios en ese sentido.
3) Tiene 2 horas para completar su examen. ¡Éxitos!

Ira. PARTE (20 PUNTOS):

1.- Un canal, justo a la salida de una represa es un ejemplo de: **(2 puntos)**

a) Flujo uniforme. b) Flujo rápidamente variado.

c) Flujo no permanente. d) Flujo gradualmente variado.

2.- Mencione 3 eventos que se observan justo cuando existe el tirante crítico: **(3 puntos)**

Caudal máximo **Inestabilidad** Energía específica mínima

3.- La conductividad K de una sección está en función de qué variables: (2 puntos)

a) C, A, R_h b) A, n, S c) Q, A, C (d) A, V, n

4.- Conteste: "En las ecuaciones de Saint-Venant se asume que la pendiente es pequeña y **que el flujo es únicamente unidimensional "** **(2 puntos)**

V F

5.- Verdadero o Falso: "Regímenes de flujo": **(2 puntos)**

- V F: En régimen subcrítico sólo es necesario una condición de borde.
- V F: El tirante crítico no puede ser nunca tirante normal.
- V F: El régimen supercrítico implica altas velocidades y bajas pendientes.
- V F : El régimen subcrítico significa altos tirantes y pendientes no pronunciadas.

6.- Marque con X lo INCORRECTO: **(2 puntos)**

- [ ] El triángulo de presiones en un flujo cóncavo es mayor que el de un flujo paralelo.
- [X] La celeridad de una onda en aguas profundas depende sólo del tirante.
- [ ] Las ecuaciones de Navier-Stokes son únicamente para flujo incompresible.
- [X] En el análisis de onda difusa, la pendiente de fondo y fricción son equivalentes.

7.- Escoja la(s) opción(es) CORRECTA(s) sobre rugosidades: **(3 puntos)**

- [ ] El coeficiente Chèzy (C) es directamente proporcional al de Manning (**n**).
- [ ] Se espera un **n** mayor para canales de acero que para canales con vegetación.
- [ ] El coeficiente de Chèzy es menor para concreto liso que para rugoso.

8.- Explique de manera CONCISA (si es preciso, con gráficos): **(4 puntos)**

¿En qué consiste el método de las diferencias finitas en la hidráulica computacional? Explique su relación con las condiciones de borde e inicial.

En hidráulica computacional se usa el método de las diferencias finitas para aproximar / discretizar la solución de diversos tipos de ecuaciones, tales como: Elípticas, parabólicas e hiperbólicas.

Las diferencias finitas se basan en la definición de la 1ra derivada:

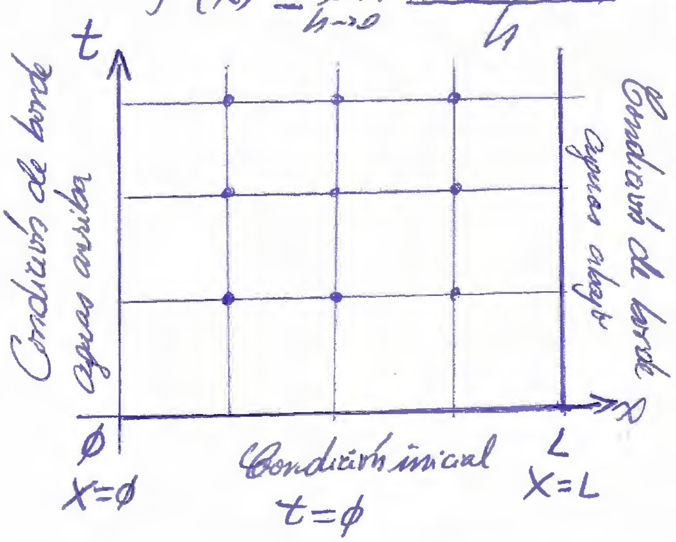
$$f'(x) = \lim_{h \to 0} \frac{f(x+h)-f(x)}{h}$$

Las diferencias finitas pueden ser: orientadas:

a) Hacia adelante ("Forward")

b) Hacia atrás ("Backwards")

c) Centradas ("Centered")



$$f'(x) = \frac{f(x)-f(x-h)}{h}$$

$$f'(x) = \frac{f(x+\frac{1}{2}h)-f(x-\frac{1}{2}h)}{h}$$

✓ Dependiendo de la derivada a usar ($1^{ra}, 2^{da}, 3^{ra}$) pueden ser de: 1^{ro}, 2^{do}, 3^{er} orden.

✓ Las condiciones de borde ($x=0, L$), e inicial ($t=0$) ayudan a resolver el sistema de ecuaciones que se genera para resolver una variable que depende del tiempo y el espacio.

NOMBRE: ______________________________

MATRÍCULA: ______________ PRIMER EXAMEN DE HIDRÁULICA, 2014-I FICT, P-1

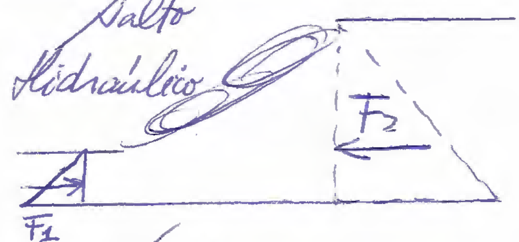
IIda. PARTE (10 PUNTOS):

A partir del **Teorema de Transporte de Reynolds**, demuestre que existe una relación entre el tirante inicial o anterior (Y_1), y final o posterior (Y_2) de un resalto hidráulico. El fondo es horizontal, el canal es rectangular y está bajo condiciones de flujo permanente. La expresión a demostrar es la siguiente:

$$\frac{y_2}{y_1} = 0.5*\left(\sqrt{1+8F_1^2}-1\right)$$, siendo F el número de Froude de la sección inicial.

TTR: $\frac{dB_{sist}}{dt} = \cancel{\frac{\partial}{\partial t}\int_{vc} \vec{v}\rho\, d\forall} + \int_{sc} \vec{v}\rho(\vec{v}\cdot\vec{n})\, dA$ → flujo permanente

Salto Hidráulico



$\xrightarrow{+} \quad \Sigma F = \rho\left[V_2^2 A_2 - V_1^2 A_1\right]$

$F_1 - F_2 = \rho\left[V_2^2 A_2 - V_1^2 A_1\right]$ 3/3

$\cancel{b\rho} g\left[\frac{y_1^2}{2} - \frac{y_2^2}{2}\right] = \cancel{b\rho}\left[V_2^2 y_2 - V_1^2 y_1\right]$

$\frac{g}{2}\left[1-\left(\frac{y_2}{y_1}\right)^2\right] = \frac{V_2^2 y_2}{y_1^2} - \frac{V_1^2}{y_1}$

$\frac{g}{2}\left[1-\left(\frac{y_2}{y_1}\right)^2\right] = \frac{V_2(V_1 y_1)}{y_1^2} - \frac{V_1^2}{y_1}$

$\frac{g}{2}\left[1-\left(\frac{y_2}{y_1}\right)^2\right] = \left(\frac{y_1 V_1}{y_2}\right)\left[\frac{V_1}{y_1}\right] - \frac{V_1^2}{y_1} = \frac{V_1^2}{y_2} - \frac{V_1^2}{y_1}$

$\frac{\cancel{g}}{2}\left[1-\left(\frac{y_2}{y_1}\right)^2\right] = F_1^2 \cancel{g}\left(\frac{y_1}{y_2}\right) - F_1^2 \cancel{g}$ 2/2

✓ $A_1 = by_1$

✓ $A_2 = by_2$

Ley de Continuidad

✓ $Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$

$by_1 V_1 = by_2 V_2$

✓ $\frac{V_1}{V_2} = \frac{y_2}{y_1}$ 2/2

$F_1^2 = \frac{V_1^2}{g y_1}$

$1-a^2 = 2F_1^2\left[\frac{1}{a}-1\right]$ $\qquad \frac{y_2}{y_1} = a$

$1-a^2 = 2F_1^2\left[\frac{1-a}{a}\right]$

Se elimina $1-a=0 \Rightarrow y_1 = y_2$ de lo contrario no habría salto hidráulico.

$a\cancel{(1-a)}(1+a) = 2F_1^2\cancel{(1-a)}$

$a^2 + a - 2F_1^2 = 0$ 3/3

$a = \frac{-1 \pm \sqrt{1-4(1)(-2F_1^2)}}{2}$

→ $a_1 = \frac{1}{2}\left[\sqrt{1+8F_1^2}-1\right]$ ✓ $\Rightarrow \left(\frac{y_2}{y_1}\right) = \frac{1}{2}\left[\sqrt{1+8F_1^2}-1\right]$ ✓ lqqd

→ $a_2 = \frac{1}{2}\left[-\sqrt{1+8F_1^2}-1\right] \Rightarrow$ no puede haber tirante negativo

NOMBRE: ______

MATRÍCULA: ______ PRIMER EXAMEN DE HIDRÁULICA, 2014-I FICT, P-1

IIIra. PARTE (20 PUNTOS):

Una corriente de agua, que fluye a 1.5 m/s en un canal ancho (cuyo tirante es 1m), se aproxima a una elevación del fondo de 10 cm. Se conoce que dependiendo del valor de la elevación dada, si el flujo previo a la elevación estuviese bajo régimen subcrítico, entonces el régimen en la sección sobre la elevación debería ser subcrítico también. Análogamente en caso de ser flujo supercrítico.

Estime:

a) La profundidad del agua y_2 sobre la elevación (soluciones matemáticas y físicas y resalte **la correcta**, comentando por qué la escoge y por qué discrimina el resto); y,

b) La altura de la elevación que haría que el flujo sobre la misma fuera crítico.

Grafique la energía específica vs. tirantes.

Ec. Continuidad

a)

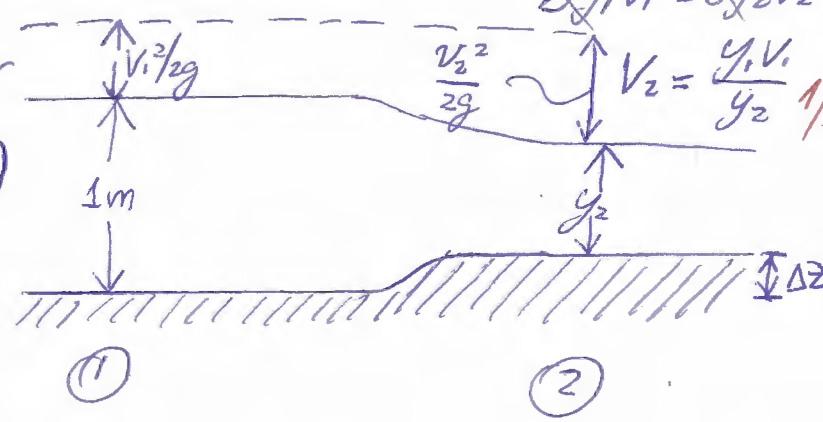
$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gD_1}} = \frac{1.5}{\sqrt{(9.8)(1)}} = 0.479 \Rightarrow \text{régimen subcrítico.} \quad 2/2$$

$$Q = A_1V_1 = A_2V_2$$

$$\cancel{b}y_1V_1 = \cancel{b}y_2V_2$$

$$V_2 = \frac{y_1V_1}{y_2} \quad 1/1$$

$D_1 \simeq y_1$ por ser canal rectangular



Bernoulli: (se desprecian pérdidas)

$$y_1 + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$1 + \frac{(1.5)^2}{2g} = y_2 + (\underbrace{z_2 - z_1}_{0.1}) + \frac{y_1^2V_1^2}{y_2^2(2g)} \quad 2/2$$

$$1.114y_2^2 = y_2^3 + 0.114 + 0.1y_2^2$$

$$y_2^3 - 1.014y_2^2 + 0.114 = 0$$

3/3

✓ $y_{2a} = 0.859\,m \rightarrow V_{2a} = 1.75\,m/s \Rightarrow F_{2a} = 0.60 \Rightarrow$ régimen subcrítico

× $y_{2b} = 0.451\,m \rightarrow V_{2b} = 3.32\,m/s \Rightarrow F_{2b} = 1.58 \Rightarrow$ supercrítico

× $y_{2c} = -0.296\,m \rightarrow$ no es posible físicamente

y_{2a}, V_{2a}, F_{2a} se escogen para satisfacer la condición dada en el problema. #

b) Gráfico E vs y.

$$y_c = \text{tirante crítico} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{V_1^2y_1^2}{g}} = \boxed{0.612\,m = y_c} \quad 2/2$$

#

$q = V_1y_1$

$$E_1 = y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = 1.0 + \frac{(1.5)^2}{2g} = 1.114\,m$$

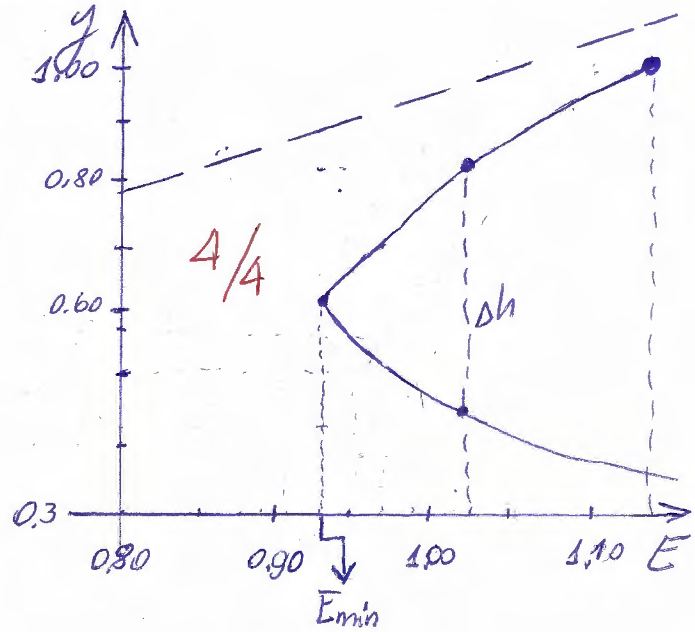
$$E_{2_a} = y_{2_a} + \frac{V_{2a}^2}{2g} = 0.859 + \frac{(1.75)^2}{2g} = 1.015\,m$$

$$E_{min} = \frac{3}{2} y_c = 0.918\,m$$

2/2

$$E_{2_b} = y_{2_b} + \frac{V_{2b}^2}{2g} = 0.451 + \frac{(3.32)^2}{2g} = 1.013\,m$$

2/2



Para que el flujo se vuelva crítico,

E_1 tiene que volverse E_{min}, la diferencia es el Δz de Bernoulli

$$\Rightarrow \quad E_1 - E_{min} =$$

① ©
Crítico

$$\underbrace{y_1 + \frac{V_1^2}{2g}} + z_1 = \underbrace{y_c + \frac{V_c^2}{2g}} + z_c$$

2/2

$$E_1 + z_1 = E_{min} + z_c$$

$$E_1 - E_{min} = \Delta z_c = \boxed{0.196\,m} \#$$

El escalón debe ser de casi 20 cm de altura para lograr que la sección se vuelva crítica.

NOMBRE: ______________________________

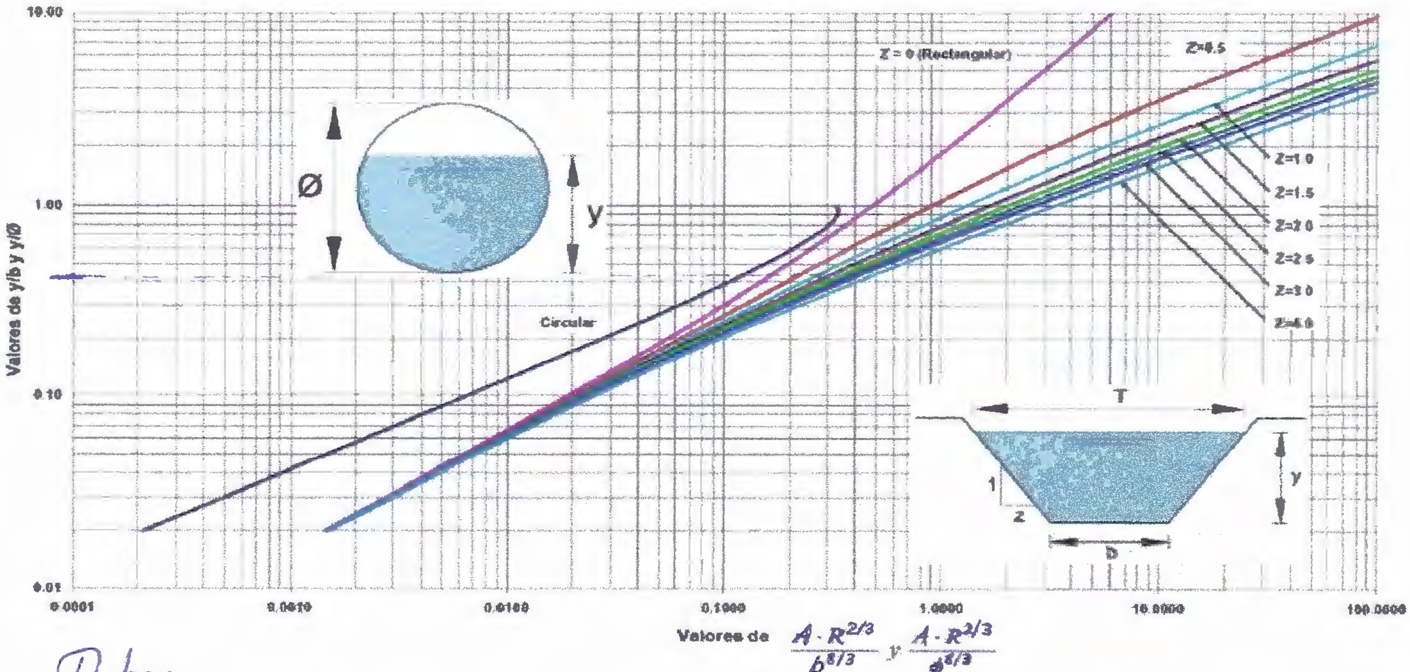
MATRÍCULA: ______________ PRIMER EXAMEN DE HIDRÁULICA, 2014-I FICT, P-1

IVta. PARTE (20 PUNTOS):

Un canal trapezoidal con un ancho de solera de 5m, ángulo de paredes laterales: 41.35° con la horizontal (para ambas paredes, datos provisto por los estudios geotécnicos), va a descargar 120 m^3/s. Las superficies del canal se corrugan con asfalto (n = 0.016). El informe de topografía establece una pendiente de fondo de 85.2 por diez mil. Determine el tirante normal del canal, utilizando: a) Iteraciones numéricas; y,

b) Nomograma de dimensionamiento (ver figura).

Tipo de sección	Área A (m2)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$



Datos:

$b = 5m$

$\phi = 41.35° = \tan^{-1}\left(\frac{1}{z}\right)$

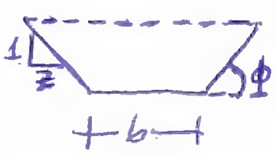
$z = 1.136$

$Q = 120 m^3/s$

$n = 0.016$

$S = 8.52 \times 10^{-3}$

$y = ?$



a) $A = (b+zy)y$

$P = b + 2y\sqrt{1+z^2}$

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} S^{1/2}$$

$$\left[(b+zy)y\right]\left[\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}\right]^{2/3} = \frac{Qn}{\sqrt{S}}$$

$$\frac{\left[(5+1.136y)y\right]^{5/3}}{\left[5+2y(1.513)\right]^{2/3}} = 20.8$$

6/6

$$\frac{\left[(5+1.136y)y\right]^{5}}{\left[5+3.026y\right]^{2}} = 9000$$

NOMBRE: —
MATRÍCULA: — PRIMER EXAMEN DE HIDRÁULICA, 2014-I FICT, P-1

Iteración	y	≈ 9000
1	2,00	5327,67
2	3,00	51521,42
3	2,20	8994,97
4	2,201	9017,58

$\longrightarrow \boxed{y \approx 2,20\ m}$ #

7/7

b) Usando nomogramas:

$$\frac{Qn}{\sqrt{S}} = 20.8 = AR_h^{2/3}$$

$$\frac{20.8}{b^{8/3}} = \frac{AR_h^{2/3}}{b^{8/3}} = 0.284$$

4/4

Del gráfico para dimensionamiento, y para $z = 1,136 \Rightarrow \frac{y}{b} \approx 0.43$

$$\Rightarrow y = 0.43(5) = \boxed{2.15m}$$ #

3/3

Comprobando la respuesta del literal a)