



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DEL LITORAL (ESPOL)
FICT – INGENIERÍA CIVIL**



3er. EXAMEN DE HIDROLOGÍA

ESTUDIANTE: _____ Término: 2013-II
MATRÍCULA: _____ PARALELO 1 FECHA: 27/II/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 el 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 (25 PUNTOS):

1.- Escoja entre verdadero o falso: “El índice de Gravelius establece la compacidad así como la forma de una cuenca”: **(3 puntos)**

V

F

2.- Escoja la respuesta INCORRECTA: “Métodos para determinar evaporación / evapotranspiración”: **(3 puntos)**

- a) Thornthwhite
 c) VenTeChow-Maidment

- b) Hargreaves
d) Turc

3.- Enliste tres clases de tipos de modelos hidrológicos: **(3 puntos)**

Unidimensionales Estocásticas Físicas

4.- Verdadero o Falso: Sobre zonas climáticas y la atmósfera: **(2 puntos)**

- F. Orden de capas según altitud: Tropósfera, Mesósfera, Estratósfera, Ionósfera, Exósfera.
- F : Zona tórrida: caracterizada por presencia de aire caliente y húmedo, rayos verticales.
- F: Polos: caracterizados por el aire húmedo y frío.
- F : Los desiertos se encuentran mayormente en las zonas templadas (+- 30° de latitud).

5.- Marque con X lo INCORRECTO: (Puede haber una o más de una respuesta): sobre cambios en las condiciones hidro-climatológicas: **(2 puntos)**

- El efecto invernadero puede ser causado por el hombre o el medio ambiente.
 La deforestación masiva de cuencas altas y la expansión de la agricultura tienen origen antropogénico (causado por el hombre).

La deriva continental no tendría efectos en el cambio climático.

Las erupciones volcánicas masivas tienen un efecto notable sobre el cambio climático.

6.- Defina (brevemente y con puntos claros) en qué consiste el fenómeno del Niño y qué ocasiona en las costas ecuatorianas. **(3 puntos)**

El Niño es el calentamiento anormal o exceso del agua del océano Pacífico. Causa lluvias torrenciales en Ecuador, así como sequías en países del Asia.

7.- Escoja la(s) opción(es) CORRECTA(S), sobre Sistemas de Inform. Geográfica: **(3 puntos)**

La proyección UTM es la manera global de geo-referenciar un punto.

El formato RASTER implica la división en polígonos, líneas y puntos.

El álgebra de mapas (operaciones) es una cualidad exclusiva de los vectores.

9.- Complete: **(3 puntos)**

Para la estimación de datos faltantes de una estación B, dados los datos existentes en la estación A, la distribución probabilística más adecuada es la t-student con n grados de libertad y valores α de significancia.

10.- Una cuenca hidrográfica provee varios servicios ambientales, enliste CUATRO: **(3 puntos)**

1) *Provisión de agua potable: acuíferos, ríos, lagunas*

2) *Retención de sedimentos - Control de inundaciones*

3) *Retención de nutrientes: NO_2 , NO_3 , PO_4*

4) *Provisión de alimentos: agricultura*

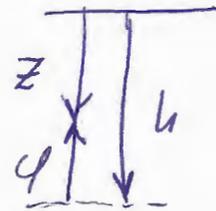
IIda. PARTE (20 PUNTOS):

Demuestre la ecuación de Richards, es decir, **la ecuación de cantidad de movimiento en flujo no saturado**, usando la Ley de Darcy, el concepto de Difusividad del agua y las diferentes fuerzas actuantes como el peso, la fricción y la tensión superficial.

Ecuación de "Momentum"

- Fuerzas:
- a) Peso, z
 - b) Fricción, S_f
 - c) Tensión superficial, ϕ
- $h = \phi + z$

✓ Darcy: $q = -K \frac{\partial(\phi + z)}{\partial z}$



① $q = K S_f$

$q = K \left(-\frac{\partial h}{\partial z}\right) \Rightarrow q = -K \frac{\partial(\phi + z)}{\partial z}$

4/4

$q = -\left[K \frac{\partial \phi}{\partial \theta} \frac{\partial \theta}{\partial z} + K \frac{\partial z}{\partial z} \right]$

$D = K \frac{\partial \phi}{\partial \theta}$

② $q = -\left[D \frac{\partial \theta}{\partial z} + K \right] \therefore \frac{\partial q}{\partial z} = -\frac{\partial}{\partial z} \left[D \frac{\partial \theta}{\partial z} + K \right]$

② en ③ siendo ③ la ecuación de la continuidad:

③: $\frac{\partial \theta}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial z} = 0$ 4/1

10/10

$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D \frac{\partial \theta}{\partial z} + K \right]$ Ecuación de Richards.

NOMBRE: _____

MATRÍCULA: _____ 3ra. Evaluación, HIDROLOGÍA, 2013-II, ESPOL-FICT

IIIra. PARTE (30 PUNTOS):

Dada la tabla de precipitaciones máximas diarias anuales, y empleando las distribuciones **Gumbel tipo I**, y **Pearson tipo III (AMBAS)**:

- Estimar la probabilidad de que ocurra una precipitación mayor a 400 mm.
- Se planea establecer lineamientos para la implementación de un Sistema de Alerta Temprana. ¿Cuál debe ser la precipitación máxima esperada si se desea que el periodo de retorno de diseño sea de 100 años?

Considere:

- ✓ Para n = 25, tome $\mu_x = 0.5309$, $\sigma_x = 1.0914$ (distribución Gumbel tipo I).
- ✓ $2*\beta_1 = \#$ de grados de libertad (distribución Pearson tipo III).
- ✓ $2*y =$ Valor de la distribución Chi-Cuadrado (χ^2) (distribución Pearson tipo III).

| año | Lluvia (mm) |
|------|-------------|
| 1990 | 289 |
| 1991 | 133 |
| 1992 | 368 |
| 1993 | 326 |
| 1994 | 147 |
| 1995 | 284 |
| 1996 | 285 |
| 1997 | 329 |
| 1998 | 257 |
| 1999 | 400 |
| 2000 | 378 |
| 2001 | 363 |
| 2002 | 177 |
| 2003 | 258 |
| 2004 | 250 |
| 2005 | 218 |
| 2006 | 239 |
| 2007 | 182 |
| 2008 | 261 |
| 2009 | 214 |
| 2010 | 373 |
| 2011 | 335 |
| 2012 | 393 |
| 2013 | 157 |
| 2014 | 112 |

Gumbel tipo I:

$$x = -\frac{\ln(-\ln(1-p))}{\alpha} + \beta \qquad \alpha = \frac{\sigma_x}{S} \qquad \beta = \bar{x} - \frac{\mu_x}{\alpha}$$

Pearson tipo III:

$$\gamma = \frac{2}{\sqrt{\beta_1}} = \text{coef. sesgo} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{nS^3} \qquad S^2 = \alpha_1^2 \beta_1$$

$$\bar{x} = \alpha_1 \beta_1 + \delta_1 \qquad y = \frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \qquad F(y) = F_{\chi^2}(2y | 2\beta_1)$$

| Grados de Libertad | Probabilidades | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|
| | 0.995 | 0.95 | 0.975 | 0.95 | 0.9 | 0.75 | 0.5 | 0.1 | 0.05 | 0.025 | 0.01 | 0.005 | |
| 1 | 7.9 | 6.6 | 5.0 | 3.8 | 2.7 | 1.3 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 10.6 | 9.2 | 7.4 | 6.0 | 4.6 | 2.8 | 0.6 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | 12.8 | 11.3 | 9.3 | 7.8 | 6.3 | 4.1 | 1.2 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 4 | 14.9 | 13.3 | 11.1 | 9.5 | 7.8 | 5.4 | 1.9 | 1.1 | 0.7 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0.2 |
| 5 | 16.7 | 15.1 | 12.8 | 11.1 | 9.2 | 6.6 | 2.7 | 1.6 | 1.1 | 0.8 | 0.5 | 0.4 | 0.4 |
| 6 | 18.5 | 16.8 | 14.4 | 12.8 | 10.6 | 7.9 | 3.5 | 2.2 | 1.6 | 1.2 | 0.9 | 0.7 | 0.7 |
| 7 | 20.3 | 18.6 | 16.0 | 14.1 | 12.0 | 9.0 | 4.3 | 2.8 | 2.2 | 1.7 | 1.2 | 1.0 | 1.0 |
| 8 | 22.0 | 20.1 | 17.5 | 15.5 | 13.4 | 10.2 | 5.1 | 3.5 | 2.7 | 2.2 | 1.6 | 1.3 | 1.3 |
| 9 | 23.6 | 21.7 | 19.0 | 16.9 | 14.7 | 11.4 | 5.9 | 4.2 | 3.3 | 2.7 | 2.1 | 1.7 | 1.7 |
| 10 | 25.2 | 23.2 | 20.5 | 18.3 | 16.0 | 12.6 | 6.7 | 4.9 | 3.9 | 3.2 | 2.6 | 2.2 | 2.2 |
| 11 | 26.8 | 24.7 | 21.9 | 19.7 | 17.3 | 13.7 | 7.5 | 5.6 | 4.6 | 3.8 | 3.1 | 2.6 | 2.6 |
| 12 | 28.3 | 26.2 | 23.3 | 21.0 | 18.5 | 14.8 | 8.4 | 6.3 | 5.2 | 4.4 | 3.6 | 3.1 | 3.1 |
| 13 | 29.9 | 27.7 | 24.7 | 22.4 | 19.6 | 16.0 | 9.3 | 7.0 | 5.9 | 5.0 | 4.1 | 3.6 | 3.6 |
| 14 | 31.3 | 29.1 | 26.1 | 23.7 | 21.1 | 17.1 | 10.2 | 7.8 | 6.6 | 5.6 | 4.7 | 4.1 | 4.1 |
| 15 | 32.8 | 30.6 | 27.5 | 25.0 | 22.3 | 18.2 | 11.0 | 8.5 | 7.3 | 6.3 | 5.2 | 4.6 | 4.6 |
| 16 | 34.3 | 32.0 | 28.8 | 26.3 | 23.6 | 19.4 | 11.9 | 9.3 | 8.0 | 6.9 | 5.8 | 5.1 | 5.1 |
| 17 | 35.7 | 33.4 | 30.2 | 27.6 | 24.8 | 20.6 | 12.8 | 10.1 | 8.7 | 7.6 | 6.4 | 5.7 | 5.7 |
| 18 | 37.2 | 34.8 | 31.5 | 28.9 | 26.0 | 21.8 | 13.7 | 10.9 | 9.4 | 8.2 | 7.0 | 6.3 | 6.3 |
| 19 | 38.6 | 36.2 | 32.9 | 30.1 | 27.3 | 22.7 | 14.6 | 11.7 | 10.1 | 8.9 | 7.6 | 6.8 | 6.8 |
| 20 | 40.0 | 37.6 | 34.2 | 31.4 | 28.4 | 23.6 | 15.5 | 12.4 | 10.9 | 9.6 | 8.3 | 7.4 | 7.4 |
| 21 | 41.4 | 38.9 | 35.5 | 32.7 | 29.6 | 24.9 | 16.3 | 13.2 | 11.6 | 10.3 | 8.9 | 8.0 | 8.0 |
| 22 | 42.8 | 40.3 | 36.8 | 33.9 | 30.8 | 26.0 | 17.2 | 14.0 | 12.3 | 11.0 | 9.5 | 8.6 | 8.6 |
| 23 | 44.2 | 41.6 | 38.1 | 35.2 | 32.0 | 27.1 | 18.1 | 14.8 | 13.1 | 11.7 | 10.2 | 9.3 | 9.3 |
| 24 | 45.6 | 43.0 | 39.4 | 36.4 | 33.2 | 28.2 | 19.0 | 15.7 | 13.8 | 12.4 | 10.9 | 9.9 | 9.9 |
| 25 | 46.9 | 44.3 | 40.6 | 37.7 | 34.4 | 29.3 | 19.9 | 16.5 | 14.6 | 13.1 | 11.6 | 10.6 | 10.6 |
| 26 | 48.3 | 45.6 | 41.9 | 38.9 | 35.6 | 30.4 | 20.8 | 17.3 | 15.4 | 13.8 | 12.2 | 11.2 | 11.2 |
| 27 | 49.6 | 47.0 | 43.2 | 40.1 | 36.7 | 31.5 | 21.7 | 18.1 | 16.2 | 14.6 | 12.9 | 11.9 | 11.9 |
| 28 | 51.0 | 48.3 | 44.5 | 41.3 | 37.9 | 32.6 | 22.7 | 18.9 | 16.9 | 15.3 | 13.6 | 12.6 | 12.6 |
| 29 | 52.3 | 49.6 | 45.7 | 42.5 | 39.1 | 33.7 | 23.6 | 19.6 | 17.7 | 16.0 | 14.3 | 13.1 | 13.1 |
| 30 | 53.7 | 50.9 | 47.0 | 43.8 | 40.3 | 34.8 | 24.5 | 20.6 | 18.5 | 16.8 | 15.0 | 13.8 | 13.8 |

$\bar{X} = 269,12 \text{ mm}$ 2/2

$S = \text{desv. estándar} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 86,5 \text{ mm}$ 2/2

Gumbel tipo I:

a) $\sigma_x = 1,0914 \rightarrow \alpha = \frac{\sigma_x}{S} = 0,0126$

$\mu_x = 0,5309 \rightarrow \beta = \bar{x} - \frac{\mu_x}{\alpha} = 226,99$

$q = 0,893 \Rightarrow p = 1 - q = 0,107 \rightarrow 10,7\%$ 6/6

$$X = -\frac{\ln(-\ln(1-p))}{\alpha} + \beta$$

$$-\alpha(x - \beta) = \ln(-\ln(1-p))$$

$$e^{-\alpha(x - \beta)} = -\ln(1-p)$$

$$e^{-\alpha(x - \beta)} = 1 - p = q$$
3/3

b) $p = \frac{1}{T} = \frac{1}{100} = 0,01$

$X = -\frac{\ln(-\ln(1-p))}{\alpha} + \beta$ 6/6

$X = 592,1 \text{ mm}$

Pearson tipo III:

a) Coef. asgr: $\mu = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^3}{n S^3} = -0,146$ 5/5

$\beta_1 = \left(\frac{\mu}{\mu_1}\right)^2 = 187,66$

$\alpha_1 = \left(\frac{S^2}{\beta_1}\right)^{0,5} = 6,314$

$\delta_1 = \bar{x} - \alpha_1 \beta_1 = -915,77$

$y = \frac{x - \delta_1}{\alpha_1} = 208,39$

$F(y) = F_{\chi^2}(2y/2\beta_1) = q$ 3/3

no es posible de calcular dada la magnitud de los valores (claro ingresados en la tabla de la distribución χ^2). } q \rightarrow p

b) $p = 0,01 \rightarrow q = 0,99$. Con los $2\beta_1$ se hubiera calculado $2y$.

$y \rightarrow \delta_1 \rightarrow X$ 3/3

IVa. PARTE (25 PUNTOS):

Use el método **Muskingum-Cunge** para el tránsito de caudales mostrado en la tabla adjunta. Considere S_0 = pendiente del canal = 0.0005, Δx = intervalo espacial entre secciones de entrada y salida = 5.87 Km. El caudal máximo Q (para efectuar el cómputo de X) es = 19.6 m³/s. El área de la sección transversal = 20 m². El ancho del canal, B , es = 10 m. El intervalo de tiempo t es = 1h. Considere c = velocidad de la onda = $(5/3)*V$ (canal rectangular). Grafique los caudales de entrada y salida y comente brevemente.

| Tiempo (h) | Q_{inflow} (m ³ /s) | $C_0 Q_i^{t+1}$ | $C_1 Q_i^t$ | $C_2 Q_{out}^t$ | $Q_{outflow}^{t+1}$ (m ³ /s) |
|------------|----------------------------------|-----------------|-------------|-----------------|---|
| 1 | 2.6 | - | - | - | 2.4 |
| 2 | 3.9 | 0.66 | 1.74 | 0.41 | 2.8 |
| 3 | 5.9 | 1.00 | 2.56 | 0.48 | 4.0 |
| 4 | 9.1 | 1.54 | 3.89 | 0.69 | 6.1 |
| 5 | 12.5 | 2.12 | 5.98 | 1.04 | 9.1 |
| 6 | 15.5 | 2.62 | 8.27 | 1.55 | 12.4 |
| 7 | 17.8 | 3.03 | 10.21 | 2.11 | 15.4 |
| 8 | 19.2 | 3.26 | 11.78 | 2.61 | 17.6 |
| 9 | 19.6 | 3.32 | 12.68 | 3.00 | 19.0 |
| 10 | 19.1 | 3.24 | 12.92 | 3.23 | 19.4 |
| 11 | 18.0 | 3.05 | 12.62 | 3.29 | 19.0 |
| 12 | 16.2 | 2.74 | 11.86 | 3.22 | 17.8 |
| 13 | 13.5 | 2.29 | 10.68 | 3.03 | 16.0 |
| 14 | 11.0 | 1.87 | 8.92 | 2.72 | 13.5 |
| 15 | 9.3 | 1.58 | 7.29 | 2.29 | 11.2 |
| 16 | 7.0 | 1.19 | 6.15 | 1.90 | 9.2 |
| 17 | 5.2 | 0.88 | 4.62 | 1.57 | 7.1 |
| 18 | 3.8 | 0.64 | 3.44 | 1.20 | 5.3 |
| 19 | 3.1 | 0.52 | 2.51 | 0.90 | 3.9 |
| 20 | 2.5 | 0.43 | 2.02 | 0.67 | 3.1 |

9/9

$$Q_{outflow}^{t+1} = C_0 Q_i^{t+1} + C_1 Q_i^t + C_2 Q_{outflow}^t$$

1/1

$$X = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{Q}{B \cdot c \cdot S_0 \cdot \Delta x} \right) = 0.30$$

1/1

$$K = \frac{\Delta x}{c} = 3600.48 \text{ seg.}$$

$$C_0 = \frac{\frac{\Delta t}{K} - 2X}{2(1-X) + \frac{\Delta t}{K}} = 0.1696; C_1 = \frac{\frac{\Delta t}{K} + 2X}{2(1-X) + \frac{\Delta t}{K}} = 0.6605; C_2 = \frac{2(1-X) - c \frac{\Delta t}{\Delta x}}{2(1-X) + \frac{\Delta t}{K}} = 0.1698$$

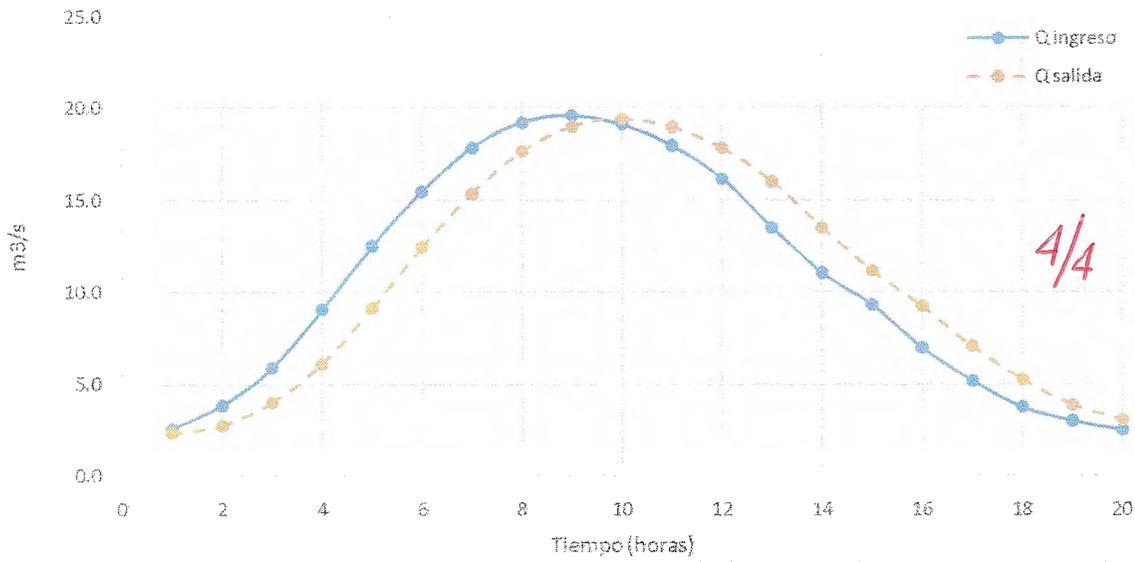
2/2

2/2

2/2

$$V = \frac{Q}{A} = 0.98 \text{ m/s}$$

$$c = \frac{5}{3} V = 1.63 \text{ m/s}$$



Se nota un desfase (retardo, "lag time") del caudal de salida con respecto al de entrada, de aproximadamente 1 hora, lo cual es consistente con el valor de K (aprox. 3600 seg). Existe una mínima atenuación de 0.2 m³/s cuando se comparan los picos de ambos hidrogramas.

4/4