

ÍNDICE

CAPÍTULO	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo General.....	3
2.2. Objetivos Específicos.....	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. Cuenca Hidrográfica.....	4
3.2. Hidrograma de Crecida.....	5
3.3. Curva de Agotamiento.....	9
3.4. Modelación Matemática.....	11
4. METODOLOGÍA.....	14
4.1. Revisión Bibliográfica.....	14
4.2. Selección de la Estación.....	14
4.3. Información Requerida.....	15
4.3.1. Antecedentes de la Cuenca.....	15
4.4. Construcción de Hidrogramas.....	16
4.5. Determinación de las Aportaciones Subterráneas.....	17
4.6. Modelos Matemáticos Empleados.....	18
4.7. Determinación de los Tiempos Involucrados para el Ajuste.....	18
4.8. Determinación de los Parámetros de los Modelos.....	19
4.8.1. Determinación del coeficiente de agotamiento (α).....	19
4.8.2. Determinación del coeficiente adimensional (n).....	20
4.9. Validación Estadística.....	21
a. Test de concordancia de Bland y Altman (ACBA).....	21
b. Prueba U de Mann-Whitney.....	22
c. Coeficiente de determinación (R^2).....	25

d. Error estándar de estimación (EEE).....	25
4.10. Presentación de Resultados	26
4.11. Análisis y Discusión de Resultados.....	26
4.12. Conclusiones y Recomendaciones	26
4.13. Materiales y Equipos.....	27
5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	28
5.1. Selección de las Crecidas y Determinación de los Parámetros Requeridos.....	28
5.2. Validación de los Modelos	40
5.2.1. Análisis estadístico.....	40
5.2.1.1. Coeficiente de determinación (R^2)	40
5.2.1.2. Error estándar de estimación (EEE)	45
5.2.1.3. U de Mann-Whitney	50
5.2.1.4. Test de concordancia de Bland y Altman (ACBA)	55
6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	64
6.1. Análisis de Resultados.....	64
6.2. Análisis de las Crecidas Seleccionadas.....	64
6.3. Análisis de los Caudales Modelados Bajo los Cuatro Modelos Propuestos y para Ambos Planteamientos	65
6.4. Análisis para el Coeficiente de Agotamiento (α)	69
6.5. Coeficiente Adimensional “n” del Modelo Exponencial 2	74
6.6. Análisis de la Validación de los Modelos Simulados.....	76
6.6.1. Coeficiente de determinación (R^2).....	76
6.6.2. Error estándar de estimación.....	81
6.6.3. Prueba U de Mann-Whitney	85
6.6.4. Test de concordancia de Bland y Altman (ACBA)	87
6.7. Análisis Global	93

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
7.1. Conclusiones	94
7.2. Recomendaciones	96
8. BIBLIOGRAFÍA.....	98
APÉNDICES.....	102

Apéndice I

Tablas límites de confianza test de concordancia de Bland y Altman (ACBA)

Apéndice II

Tablas promedio de caudal para los diferentes modelos, tiempos y planteamientos

ÍNDICE DE FIGURAS

N° FIGURA	CONTENIDO	PÁGINA
1:	Hidrograma de crecida	7
2:	Gráfico semilogarítmico del caudal v/s tiempo	11
3:	Mapa ubicación microcuenca Estero Upeo en Upeo	16
4:	Ejemplo gráfico test concordancia de Bland y Altman	22
5:	Gráfico de los caudales promedio, ($\alpha = 48$ horas) para los cuatro modelos propuestos y ambos planteamientos.....	65
6:	Comportamiento de los caudales modelados, modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)^n}$ y exponencial 3 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{(-2\alpha\sqrt{t})}$, crecida 26-02-2000 y 28-11-1986 para $\alpha = 72$ horas, planteamiento original (PO).....	66
7:	Comportamiento de los caudales modelados, modelo potencial $Q(t) = Q_0(1 + \alpha \cdot t)^{-2}$ y exponencial 1 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)}$, crecida 26-02-2000 para $\alpha = 72$ y 168 horas, planteamientos original (PO) y modificado (PM).....	67
8:	Comportamiento de los caudales modelados, para los cuatro modelos analizados, crecida 26-02-2000 para $\alpha = 240$ horas, planteamiento original (PO)	68
9:	Comportamiento de los caudales modelados, para los cuatro modelos analizados, crecida 06-10-1995 para $\alpha =$ total de datos, planteamiento original (PO)	68
10:	Comportamiento parámetro α para la crecida del 12-10-1990, modelo potencial $Q(t) = Q_0(1 + \alpha \cdot t)^{-2}$ y exponencial 1 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)}$, ambos planteamientos	70
11:	Comportamiento parámetro α para la crecida del 21-08-1971 y 15-03-2002, modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)^n}$, ambos planteamientos.....	71
12:	Comportamiento parámetro α para la crecida del 21-08-1971 y 11-02-2000, modelo potencial $Q(t) = Q_0(1 + \alpha \cdot t)^{-2}$, ambos planteamientos	72

13: Gráfico coeficiente adimensional “n” para el modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)^n}$, ambos planteamientos (valores promedio).....	74
14: Gráfica de coeficientes de determinación promedio para ambos planteamientos y lapsos considerados.....	77
15: Gráfico EEE promedio para los cuatro modelos analizados, ambos planteamientos y lapsos considerados.....	83
16: Desviación estándar para los cuatro modelos analizados, lapsos utilizados y ambos planteamientos (PO, planteamiento original; PM, planteamiento modificado).....	88
17: Gráfica ACBA modelo exponencial 3 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{(-2\alpha\sqrt{t})}$, con buena calidad de ajuste, crecida 11-02-2000 para $\alpha = 72$ horas, para ambos planteamientos (PO, planteamiento original; PM, planteamiento modificado).....	91
18: Gráfica ACBA modelo exponencial 1 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)}$, con mala calidad de ajuste, crecida 05-08-1983 para $\alpha = 240$ horas, para ambos planteamientos (PO, planteamiento original; PM, planteamiento modificado).....	92

ÍNDICE DE TABLAS

N° TABLA	CONTENIDO	PÁGINA
1:	Parámetros α y Q_0 para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo potencial $Q(t) = Q_0(1 + \alpha \cdot t)^{-2}$, segundo punto de quiebre (P.O.)	29
2:	Parámetros α y Q_0 para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 1 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)}$, segundo punto de quiebre (P.O.)	30
3a:	Parámetros α y Q_0 para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)^n}$, segundo punto de quiebre (P.O.)	31
3b:	Parámetros n y Q_0 para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)^n}$, segundo punto de quiebre (P.O.)	32
4:	Parámetros α y Q_0 para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 3 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{(-2\alpha\sqrt{t})}$, segundo punto de quiebre (P.O.)	33
5:	Parámetros α y Q_0 para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo potencial $Q(t) = Q_0(1 + \alpha \cdot t)^{-2}$, tercer punto de quiebre (P.M.)	34
6:	Parámetros α y Q_0 para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 1 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)}$, tercer punto de quiebre (P.M.)	35
7a:	Parámetros α y Q_0 para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)^n}$, tercer punto de quiebre (P.M.)	36

7b: Parámetros α y Q_0 para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)^n}$, tercer punto de quiebre(P.M.).....	37
8: Parámetros α y Q_0 para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 3 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{(-2\alpha\sqrt{t})}$, tercer punto de quiebre (P.M.).....	38
9: Caudal inicial Q_0 para las 25 crecidas seleccionadas, planteamiento original y planteamiento modificado.....	39
10: Coeficiente de determinación (R^2) para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo potencial $Q(t) = Q_0(1 + \alpha \cdot t)^{-2}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente).....	41
11: Coeficiente de determinación (R^2) para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 1 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente).....	42
12: Coeficiente de determinación (R^2) para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)^n}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente).....	43
13: Coeficiente de determinación (R^2) para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 3 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{(-2\alpha\sqrt{t})}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente).....	44
14: Error estándar de estimación para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo potencial $Q(t) = Q_0(1 + \alpha \cdot t)^{-2}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente).....	46

15:	Error estándar de estimación para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 1 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente)	47
16:	Error estándar de estimación para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)^n}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente)	48
17:	Error estándar de estimación para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 3 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{(-2\alpha\sqrt{t})}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente)	49
18:	U de Mann-Whitney para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo potencial $Q(t) = Q_0(1 + \alpha \cdot t)^{-2}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente).....	51
19:	U de Mann-Whitney para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 1 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente).....	52
20:	U de Mann-Whitney para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)^n}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente).....	53
21:	U de Mann-Whitney para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 3 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{(-2\alpha\sqrt{t})}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente).....	54
22:	Diferencias promedio (dp) test Bland y Altman para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo potencial $Q(t) = Q_0(1 + \alpha \cdot t)^{-2}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente).....	56
23:	Diferencias promedio (dp) test Bland y Altman para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 1 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente).....	57

24: Diferencias promedio (dp) test Bland y Altman para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)^n}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente).....	58
25: Diferencias promedio (dp) test Bland y Altman para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 3 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{(-2\alpha\sqrt{t})}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente).....	59
26: Desviación estándar (DS) de las diferencias promedio test Bland y Altman, para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo potencial $Q(t) = Q_0(1 + \alpha \cdot t)^{-2}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente).....	60
27: Desviación estándar (DS) de las diferencias promedio test Bland y Altman para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 1 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente).....	61
28: Desviación estándar (DS) de las diferencias promedio test Bland y Altman para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)^n}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente).....	62
29: Desviación estándar (DS) de las diferencias promedio test Bland y Altman para las crecidas seleccionadas en los distintos lapsos establecidos: Modelo exponencial 3 $Q(t) = Q_0 \cdot e^{(-2\alpha\sqrt{t})}$, segundo y tercer punto de quiebre (P.O. y P.M. respectivamente).....	63
30: Valores comparativos de α para los cuatro modelos y para ambos planteamientos (original y modificado)	73
31: Valores comparativos de “n” bajo ambos planteamientos	75
32: Valores comparativos de coeficiente de determinación (R^2), para los cuatro modelos bajo ambos planteamientos (original y modificado)..	80

33: Valores comparativos del error estándar de estimación para los cuatro modelos bajo ambos planteamientos (original y modificado).....	82
34: Cuociente entre el EEE y el promedio de caudales observados bajo ambos planteamientos (original y modificado).....	84
35: Porcentaje de pruebas aceptadas para un nivel de confianza del 95% en los cuatro modelos en estudio y para los lapsos de ajuste considerados bajo ambos planteamientos (original y modificado).....	86
36: Test Bland y Altman, diferencias promedio (dp), desviación estándar (DS) y límites de confianza para los cuatro modelos y bajo ambos planteamientos (original y modificado).....	89