

***MODELO MATEMATICO PARA CALCULAR HIDROGRAMAS DE
CRECIENTES ASOCIADOS A DIFERENTES PERIODOS DE RETORNOS
UTILIZANDO INFORMACION HIDROMETRICA***

PRESENTADO POR:

LUIS FERNANDO ZUÑIGA PAEZ

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR

FACULTAD DE INGENIERIA

MAESTRIA EN INGENIERIA CON ENFASIS EN INGENIERIA CIVIL

Y AMBIENTAL

CARTAGENA-BOLIVAR

2014

**MODELO MATEMATICO PARA CALCULAR HIDROGRAMAS DE CRECIENTES
ASOCIADOS A DIFERENTES PERIODOS DE RETORNOS UTILIZANDO
INFORMACION HIDROMETRICA**

PRESENTADO POR:

LUIS FERNANDO ZUÑIGA PAEZ

ASESOR DE TESIS:

OSCAR ENRIQUE CORONADO HERNANDEZ

**TESIS DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE MAGISTER EN INGENIERIA
CIVIL Y AMBIENTAL**

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR

FACULTAD DE INGENIERIA

**MAESTRIA EN INGENIERIA CON ENFASIS EN INGENIERIA CIVIL Y
AMBIENTAL**

**AREA DE INVESTIGACION: SISTEMAS AMBIENTALES Y MATERIALES
(GISAM)**

**LINEA DE INVESTIGACION: EVALUACION DE RECURSOS HIDRICOS
CARTAGENA-BOLIVAR**

2014

Nota de aceptación

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

Cartagena de Indias D. T. y C., diciembre 20 de 2013

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Gracias a las personas que me han acompañado, en esta nueva etapa de mi vida, inicialmente a Dios le doy gracia por permitirme y guiarme por este sendero, gracias a mi director de tesis Ingeniero Oscar Enrique Coronado, con su amplio manejo en el tema, me apoyo y guio en la realización de esta investigación.

Le agradezco a mi esposa Leonor Fernanda Puello, a mi hijo Juan Fernando Zúñiga y mi madre Marelvis Páez Herrera, por sus apoyo, amor y comprensión. Al igual se los retribuyo recordándoles que los amo.

TABLA DE CONTENIDO

1.	<i>INTRODUCCION</i>	8
2.	<i>OBJETIVOS</i>	11
2.1	<i>GENERAL</i>	11
2.2	<i>ESPECÍFICOS</i>	11
3.3	<i>MÉTODO BASADO EN INFORMACION HIDROMETRICA</i>	20
3.3.1	<i>Método de mayoracion (M):</i>	20
3.3.2	<i>Estimación conjunta Bivariada (ECB):</i>	20
3.3.3	<i>Crecientes de probabilidad seleccionada (APS):</i>	22
3.3.4	<i>Crecientes mediante curvas de reducción (CCR):</i>	23
3.3.5	<i>método Coronado y Triana - procedimiento para estimar hidrogramas de crecientes utilizando únicamente información hidrométrica.</i>	24
3.4	<i>MÉTODOS DE SEPARACIÓN DEL FLUJO BASE</i>	26
3.4.1	<i>Método de la línea recta:</i>	26
3.4.2	<i>Método de flujo base fijo:</i>	27
3.4.3	<i>Método de flujo base para cuencas pequeñas y alta vegetación:</i>	27
3.4.4	<i>Método de concave baseflow separation:</i>	28
3.4.5	<i>Método constant-slope baseflow separation:</i>	28
3.4.6	<i>Metodo master-depletion-curve method:</i>	29
3.4.7	<i>Nueva técnica de separación de flujo base método isotópico:</i>	31
3.5	<i>ERROR MEDIO CUADRÁTICO DE UN ESTIMADOR</i>	32
4.0	<i>IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS ECUACIONES DE FLUJO BASE AL MODELO MATEMATICO DE CORONADO-TRIANA</i>	33
4.1	<i>DEDUCCIÓN DEL PROCEDIMIENTO</i>	33
4.2	<i>ECUACIONES DEL PROCEDIMIENTO PARA MODELOS DE FLUJO BASE</i>	37
5.0	<i>CASO DE ESTUDIO</i>	54
5.1	<i>Análisis de Frecuencia de caudales máximos, volúmenes máximos y caudales base.</i>	54

5.1.1 Ajuste para Caudal máximo, Caudal base y Volumen máximo, empleando la distribución Gumbel.	54
5.1.2 Ajuste para Caudal máximo, Caudal base y Volumen máximo, con las distribuciones Gumbel, Weibull y Log-pearson, respectivamente.	55
5.1.3 Ajuste para Caudal máximo, Caudal base y Volumen máximo, con (Weibull-Weibull-Normal).	56
5.2.4 Ajuste para Caudal máximo, Caudal base y Volumen máximo, con (Log-pearson-Gev-Log-pearson).	57
5.2.5 Ajuste para Caudal máximo, Caudal base y Volumen máximo, con (Gumbel-Gev-Log-pearson).	58
5.2.6 Ajuste para Caudal máximo, Caudal base y Volumen máximo, con (Log-pearson- Log-pearson-Log-pearson).	58
5.2.7 Ajuste para Caudal máximo, Caudal base y Volumen máximo, con (Gumbel-Weibull-Normal).	59
5.2 CARACTERISTICAS DE LAS CRECIENTES UTILIZANDO LOS METODOS DE SEPARACION DE FLUJO BASE.....	60
5.2.1 Características de los parámetros de las crecientes utilizada en cada una de los métodos utilizados.	60
5.2.1 Aplicación de los métodos de separación de flujo base a la creciente de julio de 1996	61
5.2.2 Aplicación de los métodos de separación de flujo base a la creciente de julio de 1997.	66
5.2.3 Aplicación de los métodos de separación de flujo base a la creciente de mayo de 1998.	69
6.0 ANALISIS Y RESULTADOS.....	72
6.1 APLICACIÓN DE DIFERENTES METODOS DE FLUJO BASE CON DIFERENTES COMBINACIONES DE AJUSTES ESTADISTICOS.	72
6.1.1 Cálculos método flujo base línea recta.	72
6.1.1.1 Generación de hidrogramas método línea recta:	81
6.1.1.2 Validación del método flujo base línea recta.	84
6.1.1.3 Envolventes de las crecientes método flujo base línea recta.	89
6.1.2 Cálculos método flujo base Constante.	92
6.1.2.2 Generación de hidrogramas método Constante:	100

6.1.2.2 Validación del método flujo base Constante.....	104
6.1.1.3 Envolventes de las crecientes método flujo Constante.	108
6.1.3 Cálculos método flujo base Para cuencas pequeñas.	111
6.1.3.2 Generación de hidrogramas método Cuencas Pequeñas:	119
6.1.3.2 Validación del método flujo base Cuencas pequeñas.	123
6.1.3.3 Envolventes de las crecientes método flujo base Cuencas Pequeñas.	127
6.1.4 Cálculos método Constant Slope.	130
6.1.3.2 Generación de hidrogramas método Constant Slope:	138
6.1.3.2 Validación del método flujo base Constant Slope.....	141
6.1.3.3 Envolventes de las crecientes método flujo base Constant Slope	146
6.1.5 Cálculos método Concave Base Slope.	149
6.1.5.2 Generación de hidrogramas método Concave Base Slope:	157
6.1.5.2 Validación del método flujo base Concave Base Slope.	161
6.1.5.3 Envolventes de las crecientes método flujo base Concave Base Slope.....	165
6.1.6 Cálculos método Master Depletion.....	168
6.1.6.2 Generación de hidrogramas método Master Depletion:	176
6.1.6.2 Validación del método flujo base Master Depletion.	180
6.1.6.3 Envolventes de las crecientes método flujo base Master Depletion:	184
6.2 ANALISIS DE RESULTADOS	188
7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	205
8.0 REFERENCIAS	208

1.0 INTRODUCCION

1.1 GENERALIDADES

Los proyectos para la construcción de nuevos embalses, ductos, vías, están aumentando a nivel mundial y local, como una forma de solucionar problemas de comunicación, abastecimiento y generación de energía, por tanto las economías mundiales realizan esfuerzos en la construcción de estas mega estructuras, la cual son muy costosas, pero necesarias.

Para estos tipos de proyectos, actualmente se buscan soluciones de diseños óptimas, congruentes con las demandas solicitadas y con la capacidad instalada de cada país. En este orden podemos comentar que nuestro país no cuenta con un sistema desarrollado para la toma de datos de precipitación en toda su área geográfica, es necesario tener más herramientas que permitan calcular caudales máximos a diferentes periodos de retornos.

Por consiguiente, los registros y estudio de los caudales máximos anuales permite determinar, bajo cierto supuesto, la probabilidad de ocurrencia del caudal en una cierta magnitud, se deben tener en cuenta que, los caudales son fenómenos originados por el carácter aleatorio de las descargas de los ríos. La ocurrencia de crecidas de los ríos se describe en términos probabilísticos, es decir, que cada caudal va asociado una probabilidad de ocurrencia.

1.2 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El cálculo de crecientes se refiere básicamente al estimativo de caudales máximos con diferentes probabilidades de ocurrencia, mediante métodos estadísticos o a partir de métodos que relacionan la lluvia con la escorrentía.

Los métodos que relacionan la lluvia con la escorrentía dependen de las características de la cuenca tales como Área de la cuenca, tipo de cobertura de suelo, tiempo de concentración, entre otras, de la distribución de la lluvia espacio-temporal y de la información registrada en las estaciones hidrométricas. La aplicación de estos métodos resulta muy compleja en países en los cuales no existe una cobertura suficiente de estaciones de lluvias y de caudales que logren relacionar de manera adecuada los procesos lluvia-escorrentía.

Los métodos basados únicamente en información hidrométrica suelen utilizarse cuando no se dispone de una cobertura suficiente de estaciones de lluvias y de caudales. Dentro de estos métodos se destacan: Mayoración, Estimación Conjunta Bivariada (Rivera & Escalante, 1999) y el método propuesto en el presente documento, estos métodos dependen de un sistema de información bien claro y preciso de las estaciones, además estos métodos son los más utilizados en países como los nuestros que no cuentan con una cobertura suficiente de estaciones e información detallada de las cuencas tales como tipo de cobertura de suelo, tipo de suelo y características de los afluentes entre otros.

1.3 DESCRIPCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los hidrográficas de crecientes asociados a diferentes períodos de retorno son utilizados para el diseño de las estructuras hidráulicas con capacidad de atenuación, por lo cual es importante que estos sean representativos en términos de caudal pico, volumen total, caudal base, tiempo al pico, tiempo base y su forma.

Actualmente, los métodos para estimar hidrográficas de crecientes con diferentes períodos de retornos utilizando únicamente información hidrométrica, son muy simples y no consideran distintos aspectos de una creciente, como volumen total, caudal base y su forma.

Recientes investigaciones (Coronado y Triana, 2012) muestran procedimientos que involucran distintos parámetros en la estimación de crecientes con métodos basados con información hidrométrica. Este procedimiento considera los parámetros antes mencionados y para su cálculo emplea las ecuaciones de flujo base (lineal y constante).

De este procedimiento se plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo es posible aumentar la confiabilidad en la estimación de hidrográficas de crecientes utilizando el método desarrollado por Coronado & Triana (2012) empleando nuevas ecuaciones de flujo base?

1. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

➤ Implementar al método de estimación de hidrograma de crecientes desarrollado por Coronado y Triana, ecuaciones de flujo base para mejorar la confiabilidad en la estimación de crecientes asociadas a diferentes periodos de retornos.

2.2 ESPECÍFICOS

➤ Incluir nuevas ecuaciones de flujo base, al modelo planteado por Coronado y Triana, con el fin de evaluar las bondades de ajuste de cada uno de ellos.

➤ Comparar los resultados de bondad de ajuste del modelo utilizado diferentes ecuaciones de flujo base, para analizar la confiabilidad de cada uno de ellos.

➤ Realizar un análisis de sensibilidad del modelo empleando diferentes ecuaciones de flujo base, con el fin de determinar aquellos parámetros que tienen mayor influencia en la estimación de los hidrogramas de crecientes.

3.0 MARCO TEORICO

3.1 Ajustes estadísticos:

Los ajustes estadísticos son distribuciones de probabilidad que permiten determinar los caudales máximos asociados a diferentes períodos de retorno a partir de los caudales máximos instantáneos en una serie anual. Adicionalmente, también es posible determinar los volúmenes máximos asociados a diferentes períodos de retorno. Este método se utiliza cuando se tiene una estación hidrométrica que permita registrar los niveles máximos instantáneos en un río. Para estimar los caudales asociados a diferentes períodos de retorno se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Determinar la función de probabilidad que mejor se ajuste a los datos.
- Determinar los caudales asociados a diferentes períodos de retorno mediante un análisis de frecuencia.

3.1.1 Estimativos de crecientes:

➤ **Parámetros estadísticos:** los parámetros estadísticos son características propias de una población. Un parámetro estadístico es el valor esperado de alguna función de una variable aleatoria (Chow, Maidment, & Mays, Hidrología aplicada, 1994). En la siguiente Tabla se presentan los parámetros estadísticos más usados:

Tabla 1 Parámetros estadísticos

1. Punto medio		
Media aritmética	$\mu = E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
Mediana	x tal que $F(x) = 0,5$	Valor de la información en el 50o. percentil
Media geométrica	antilog $[E(\log x)]$	$(\prod_{i=1}^n x_i)^{1/n}$
2. Variabilidad		
Varianza	$\sigma^2 = E[(x - \mu)^2]$	$s = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$
Desviación estándar	$\sigma = \{E[(x - \mu)^2]\}^{1/2}$	$s = [\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2]^{1/2}$
Coficiente de variación	$CV = \frac{\sigma}{\mu}$	$CV = \frac{s}{\bar{x}}$
3. Simetría		
Coficiente de asimetría (oblicuidad)	$\gamma = \frac{E[(x-\mu)^3]}{\sigma^3}$	$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$

Fuente: (Chow, Maidment, & Mays, Hidrología aplicada, 1994)

Tabla 2 Funciones de probabilidad más utilizadas en hidrología

Distribución de variable aleatoria X	Función de Densidad de Probabilidad y Función Acumulada de Probabilidad	Rango	Valor de \bar{x} o μ	Varianza s^2 o σ^2
Binomial	$P(x) = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x (1-p)^{n-x}$	$0 \leq x < n$	np	$np(1-p)$
Poisson	$P(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$	$0 \leq x < \dots$	γ	γ
Uniforme	$f(x) = \frac{1}{b-a}$	$a \leq x < b$	$\frac{b+a}{2}$	$\frac{(b-a)^2}{12}$
Exponencial	$f(x) = \frac{1}{a} e^{-x/a}$	$0 \leq x < \infty$	a	a^2
Normal	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}$	$-\infty \leq x < \infty$	μ	σ^2
Log-normal ($y = \ln x$)	$f(y) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right]$	$-\infty \leq x < \infty$ $(0 \leq x < \infty)$	μ_y	σ_y^2
Gamma	$f(x) = \frac{x^\alpha e^{-x/\beta}}{\beta^{\alpha+1}\Gamma(\alpha+1)}$	$0 \leq x < \infty$	$\beta(\alpha+1)$	$\beta^2(\alpha+1)$
Gumbel	$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[-\frac{x-\epsilon}{\alpha} - \exp\left(-\frac{x-\epsilon}{\alpha}\right)\right]$	$-\infty \leq x < \infty$	$\mu = \epsilon + 0,5772\alpha$	$\sigma^2 = \frac{\pi^2\alpha^2}{6} = 1,645\alpha^2$
Weibull	$f(x) = \left(\frac{k}{\alpha}\right) \left(\frac{x}{\alpha}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^k\right]$ $F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^k\right]$	$x \geq 0; \alpha, k \geq 0$	$\mu = \alpha\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)$	$\sigma^2 = \alpha^2 \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \right]^2 \right\}$
Valor extremo	$f(x) = \alpha \exp[-\alpha(x-u) - e^{-\alpha(x-u)}]$	$-\infty \leq x < \infty$	$u + \frac{0,5772}{\alpha}$	$\frac{u^2}{6\alpha^2}$
Log-Pearson III ($y = \ln x$)	$f(x) = \frac{(y-\gamma)^\alpha}{\beta^2 x \Gamma(\alpha+1)} \exp\left(-\frac{(y-\gamma)}{\beta}\right)$	$-\infty \leq x < \infty$ $(0 \leq x < \infty)$	$\mu_y = \gamma + \beta(\alpha+1)$	$\sigma_y^2 = \beta^2(\alpha+1)$
Dos poblaciones	Combinación de funciones de probabilidad	-	-	-

Fuente: (Viessman & Lewis, 1995)

➤ **Ajustes de una distribución de probabilidad:** Mediante el ajuste a una distribución de un conjunto de datos hidrológicos, una gran cantidad de información probabilística en la muestra puede resumirse en forma compacta en la función y en los parámetros asociados. El ajuste de distribuciones puede llevarse a cabo por el método de los momentos o el método de la máxima verosimilitud (Chow, Maidment, & Mays, Hidrología aplicada, 1994).

➤ **Método de los momentos:** En 1902 Karl Pearson consideró que unos buenos estimativos de los parámetros de una función de densidad de probabilidad alrededor del origen son iguales a los momentos correspondientes de la información de la muestra. Tal como se muestra en la Figura 3-1, si a cada uno de los valores de la información se le asigna una “masa” hipotética igual a su frecuencia relativa de ocurrencia ($1/n$) y si se imagina que este sistema de masas rota alrededor del origen $x=0$, entonces el primer momento de cada observación x_i alrededor del origen es el producto de su brazo de momento x_i y de su masa $1/n$, y la suma de estos momentos para toda la información es la media de la muestra (Chow, Maidment, & Mays, Hidrología aplicada, 1994).

$$\sum_{i=1}^n x_i/n = \sum_{i=1}^n x_i \cdot \frac{1}{n} = \bar{x} \text{-----6}$$

Esto es equivalente al centroide de un cuerpo. El centroide correspondiente de la función de probabilidad es (Chow, Maidment, & Mays, Hidrología aplicada, 1994):

$$u = \int_{-a}^a x f(x) dx \text{-----7}$$

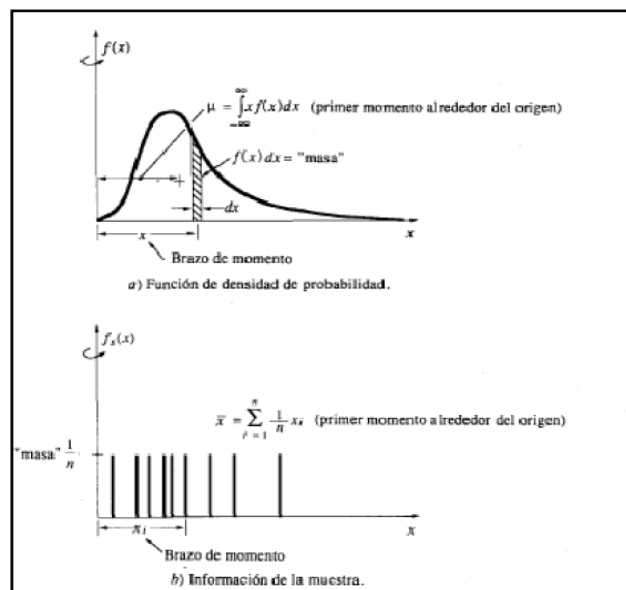


Figura 1 Método de los momentos.

Fuente: (chow, Maidment y Mays, Hidrología aplicada, 1994)

➤ **Método de la máxima verosimilitud:** este método fue desarrollado por R.A. Fisher (1922). El mejor valor de un parámetro de una distribución de probabilidad debería ser el valor que maximizara la verosimilitud o probabilidad conjunta de ocurrencia de la muestra observada. Supóngase que el espacio muestral se divide en intervalos de longitudes dx y se toma una muestra de observaciones independientes e idénticamente distribuidas x_1, x_2, \dots, x_n . El valor de la densidad de probabilidad para $X=x_i$ es $f(x_i)$, y la probabilidad de que la variable aleatoria ocurra en el intervalo que incluye x_i es $f(x_i) dx$. Debido a que las observaciones son independientes, su probabilidad de ocurrencia conjunta está dada por la ecuación $P(A \cap B) = P(A)P(B)$ como el producto de $f(x_1)dx f(x_2)dx \dots f(x_n)dx = \left[\prod_{i=1}^n f(x_i)dx \right] dx^n$, y puesto que el tamaño del intervalo dx es fijo, el maximizar la probabilidad conjunta de la muestra observada es equivalente a maximizar la función de verosimilitud (Chow, Maidment, & Mays, Hidrología aplicada, 1994):

$$L = \prod_{i=1}^n f(x_i) \text{-----}8$$

➤ **Pruebas de bondad:** la bondad del ajuste de una distribución de probabilidad puede probarse comparando los valores teóricos y muestrales de las funciones de frecuencia relativa o de frecuencia acumulada. Para la función de frecuencia relativa se utiliza la prueba chi-cuadrado (X^2). La prueba X^2 está dada por la siguiente expresión (Chow, Maidment, & Mays, Hidrología aplicada, 1994):

$$\chi_c^2 = \sum_{i=1}^n \frac{n[f_x(x_i) - p(x_i)]^2}{p(x_i)} \text{-----}9$$

Dónde:

n : Número de intervalos

$n f_x(x_i)$: Número de ocurrencias observadas en el intervalo i .

$n p(x_i)$: Número esperado de ocurrencias en el intervalo i .

Para describir la prueba X^2 , debe definirse la distribución de probabilidad X^2 . Una distribución con v grados de libertad es la distribución para la suma de los cuadrados de v variables aleatorias normales estándar independientes z_i ; esta suma es la variable aleatoria (Chow, Maidment, & Mays, Hidrología aplicada, 1994):

$$x_v^2 = \sum_{i=1}^n zt^2 \text{ -----10}$$

La función de distribución x_v^2 depende de los grados de libertad ($v=m-p-1$), donde p es el número de parámetros utilizados en la distribución analizada y del grado de confianza seleccionado ($1 - \alpha$). La hipótesis nula para la prueba es que la distribución de probabilidad propuesta ajuste adecuadamente a la información. Esta hipótesis se rechaza si el valor x_c^2 es mayor x_v^2 (Chow, Maidment, & Mays, Hidrología aplicada, 1994).

- **Análisis de frecuencias:** la ecuación propuesta para realizar el análisis de frecuencia que permitirá establecer los valores máximos asociados a diferentes períodos de retorno está dada por la siguiente expresión (Viessman & Lewis, 1995):

$$x = \dot{x} + Ks \text{ -----11}$$

Dónde:

x : Valor estimado para un período de retorno

\dot{x} : Media de la serie muestral

s : Desviación estándar de la serie muestral

K : Factor de frecuencia que depende del tipo de distribución y del número de datos de la serie muestral.

3.1.2 Usos del programa Hyfran:

El programa Hyfran permite evaluar con gran facilidad las principales distribuciones de probabilidad utilizadas en el análisis de frecuencia hidrológico, seleccionar la función de probabilidad que mejor el ajuste a los datos registrados, y realizar el análisis de frecuencia para valores de una variable aleatoria asociada a diferentes períodos de retorno (Chaire en Hydrologie Statistique (CHS). Hyfran, 2002).

3.1.3 Distribuciones de probabilidad:

3.1.3.1 Distribución de Gumbel:

Sea M_1, \dots, M_n una serie de precipitaciones diarias, caudales o concentraciones de contaminantes, y sea la variable aleatoria $X = \max(M_i)$ la máxima para el año. Si las variables aleatorias M_i son independientes e idénticamente distribuidas acotadas por encima, with an “exponential – like” upper tail (por ejemplo las distribuciones normal, Pearson tipo 3 y lognormal). Entonces para N muestras la variable X tiene una distribución de valores extremos tipo I, o distribución Gumbel. (Gumbel, 1958). Por ejemplo, las precipitaciones máximas anuales a menudo se describen por una distribución Gumbel.

Si se selecciona el máximo X de los n eventos de cada muestra, es posible demostrar que, a medida que n aumenta, la función de distribución de probabilidad de X tiende a:

$$F(X) = e^{-e^{-\alpha(X-\beta)}} \text{-----14}$$

La función de densidad de probabilidad es entonces:

$$f(X) = \alpha e^{-\alpha(X-\beta)-e^{-\alpha(X-\beta)}} \text{-----15}$$

Donde α y β son los parámetros de la función. Los parámetros α y β se estiman (Kite, 1977) como:

$$\alpha = \frac{1.2825}{s} \text{-----16}$$

$$\beta = \bar{x} - 0.45S \text{-----17}$$

Para muestras muy grandes, o como:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{s} \text{-----18}$$

$$\beta = \bar{x} - \mu_y/\alpha \text{-----19}$$

Para muestras relativamente pequeñas.

3.1.3.2 Distribución Log-Pearson tipo 3:

La distribución Log-Pearson tipo 3 describe una variable aleatoria cuyos logaritmos son descritos por una distribución Pearson tipo 3. Así:

$$Q = e^X \text{-----}20$$

Donde X tiene una distribución Pearson tipo 3 con parámetros de forma, escala y ubicación α , β y ξ . Por lo tanto la distribución de los logaritmos de X se describe por las ecuaciones.

$$\alpha = 4/\gamma^2 x \text{-----}21$$

$$\beta = \frac{2}{\sigma_x \gamma_x} \text{-----}22$$

$$\xi = \mu_x - \frac{\alpha}{\beta} = \mu_x - 2 \frac{\sigma_x}{\gamma_x} \text{-----}23$$

$$x_p = \mu + \sigma K_p(\gamma) \text{-----}24$$

$$K_p(\gamma) = \frac{2}{\gamma} \left(1 + \frac{\gamma z_p}{6} - \frac{\gamma^2}{36} \right)^3 - \frac{2}{\gamma} \text{-----}25$$

Los momentos de los productos de Q son calculados para $\beta > r$ o $\beta < 0$ usando

$$E[Q^r] = e^{r\xi} \left(\frac{\beta}{\beta-r} \right)^\alpha \text{-----}26$$

Produciendo,

$$\mu_Q = e^\xi \left(\frac{\beta}{\beta-1} \right)^\alpha \quad \sigma_Q^2 = e^{2\xi} \left[\left(\frac{\beta}{\beta-2} \right)^\alpha - \left(\frac{\beta}{\beta-1} \right)^{2\alpha} \right] \text{-----}27$$

y,

$$\gamma_Q = \frac{E[Q^3] - 3\mu_Q E[Q^2] + 2\mu_Q^3}{\sigma_Q^3} \text{-----}28$$

El parámetro ξ es un límite inferior de los logaritmos de la variable aleatoria si β es positivo, y es un límite superior si β es negativo. La forma de la distribución de inundación del espacio real es una función compleja de α y β . (Bobée, 1975) (Bobée & Ashkar, 1991).

3.2 MÉTODOS BASADOS EN LA RELACIÓN LLUVIA – ESCORRENTÍA

3.2.1 Método del hidrograma unitario:

Un hidrograma unitario se define como el hidrograma de escorrentía directa que resulta de una profundidad unitaria de lluvia efectiva producida por una tormenta de intensidad uniforme y duración específica (Pilgrim & Cordery, 1993).

El método del hidrograma unitario fue desarrollado originalmente por Sherman en 1932 (Sherman, 1932), y está basado en las siguientes hipótesis:

- **Tiempo base constante:** Para una cuenca dada, la duración total de escurrimiento directo o tiempo base es la misma para todas las tormentas con la misma duración de lluvia efectiva, independientemente del volumen total escurrido. Todo hidrograma unitario está ligado a una duración de la lluvia en exceso.
- **Linealidad o proporcionalidad:** Las ordenadas de todos los hidrogramas de escurrimiento directo con el mismo tiempo base, son directamente proporcionales al volumen total de escurrimiento directo, es decir, al volumen total de lluvia efectiva. Como consecuencia, las ordenadas de dichos hidrogramas son proporcionales entre sí.
- **Superposición de causas y efectos:** El hidrograma que resulta de un periodo de lluvia dado puede superponerse a hidrogramas resultantes de periodos lluviosos precedentes (Aparicio, 2011).

El concepto del hidrograma unitario se puede aplicar de diversas formas, tales como: hidrograma unitario tradicional, curva S, hidrogramas unitarios sintéticos y métodos matriciales.

3.3 MÉTODO BASADO EN INFORMACION HIDROMETRICA

3.3.1 Método de mayoracion (M):

Este método es uno de los más populares y de mayor arraigo, debido a la rapidez y facilidad en su aplicación (Domínguez et al., 1980). A partir del análisis de los gastos medios diarios se determina la máxima creciente registrada, la cual se puede considerar como la más adversa. El criterio para seleccionar dicha creciente puede tomar en cuenta el valor registrado más grande de Q_p , V_t o una combinación de ambos. Una vez seleccionada, se deberá obtener un hidrograma adimensional, donde cada ordenada será Q_o/Q_p para $o = 1$ hasta la duración d (horas o días). Con el objetivo de estimar los eventos de diseño para diferentes periodos de retorno (QT), se deberá realizar un análisis de frecuencias a los gastos máximos anuales y, mediante un criterio de bondad de ajuste, seleccionar aquella distribución de probabilidad que mejor describa el comportamiento de la muestra analizada. Finalmente, para obtener la creciente de diseño solo se requiere multiplicar las ordenadas Q_o/Q_p del hidrograma adimensional por el valor estimado de QT , obteniendo así una creciente con las mismas características de la más adversa registrada, solo que más grande (mayorada). Una desventaja de este método es que en algunas ocasiones la creciente propuesta como más adversa es superada al año siguiente, por lo que se presentan dudas sobre los pronósticos realizados. (Coronado, 2010)

3.3.2 Estimación conjunta Bivariada (ECB):

Escalante propuso una técnica que consiste en estimar crecientes de diseño a través de la modelación conjunta de 4 variables que son obtenidas de los hidrogramas registrados: gasto de pico (Q_p), volumen total (V_t), volumen acumulado previo al gasto de pico (V_p) y volumen acumulado después del gasto de pico (V_d). Las relaciones ($Q_p - V_t$), ($Q_p - V_p$), ($Q_p - V_d$) y ($Q_p - V_d$) se modelan por una distribución de probabilidad Bivariada conocida como el modelo logístico (Gumbel, 1960):

$$F(x, y, \theta) = \exp\left\{-\left[(-\ln F(x))^m + (-\ln F(y))^m\right]^{1/m}\right\}$$

-----29

Donde m es el parámetro de asociación, $m > 1$ y $F(s)$ es la función de distribución marginal, la cual puede ser del tipo Gumbel, General de Valores Extremos o Gumbel para dos poblaciones y θ representa el conjunto de parámetros a ser estimados (Raynal, 1985, Escalante 1998b). Una vez que se estiman los parámetros para cada combinación Bivariada, se plantea un sistema no lineal de cuatro ecuaciones con cuatro incógnitas a través de la ecuación 4. La idea del método es suponer que las cuatro componentes analizadas ocurren conjuntamente con la misma probabilidad. Es decir, por ejemplo, en la técnica M con la finalidad de obtener un evento de diseño para cualquier periodo de retorno seleccionado se realiza un análisis de frecuencias de gastos máximos anuales y con el procedimiento ya descrito se construye el hidrograma final, sin embargo, la probabilidad conjunta del gasto de pico y el volumen total generalmente no corresponde con el período de retorno buscado para la crecienta de diseño, es por ello que en la técnica ECB se busca una combinación para la cual las cuatro variables ocurran conjuntamente. El sistema formado es no lineal, por lo que es necesario aplicar un método numérico para su solución, tal como el método de Newton-Raphson (Rivera, 1997). A continuación se hace una breve descripción del procedimiento de cálculo:

1. Se obtienen los estimadores univariados por máxima verosimilitud de los parámetros de las distribuciones ajustadas a las variables Q_p , V_t , V_p , y V_d , los cuales servirán como valores iniciales dentro del proceso de cálculo de los estimadores de las distribuciones Bivariada.
2. Se obtienen los estimadores por máxima verosimilitud de los parámetros para cada una de las relaciones Bivariada Q_p - V_t , Q_p - V_p , Q_p - V_d y V_p - V_d , de acuerdo con procedimientos propuestos por Raynal (1985) o Raynal (1985) o Escalante (1998b) dependiendo del tipo de distribución marginal utilizada.
3. Se plantea el sistema de ecuaciones no lineales. El método seleccionado de solución requiere de valores iniciales de Q_p , V_t , V_p , y V_d , los cuales pueden obtenerse, para una probabilidad o periodo de retorno seleccionado a través de las distribuciones ajustadas en el paso número 1. Estos valores se pueden designar como Q_p^* , V_t^* , V_p^* y V_d^* , y se resuelve el sistema planteado. Si la diferencia entre el valor izquierdo y derecho de la ecuación 4 es menor que cierta tolerancia, por ejemplo $1E-05$, para las cuatro combinaciones Bivariada, entonces los valores Q_p^* , V_t^* , V_p^* y V_d^* de esa etapa se consideran como las componentes de la avenida

de diseño, en caso contrario, se ajustarán estos valores paso a paso hasta que se logre la tolerancia seleccionada.

4. Para darle forma al hidrograma se propone que el valor del tiempo de pico y el tiempo de vaciado (tiempo base menos tiempo de pico) se calculan regionalmente a través de una técnica de correlación y regresión múltiple. Las variables independientes serán las características fisiográficas y/o climatológicas de las cuencas que pertenecen a la misma región meteorológicamente homogénea.

3.3.3 Crecientes de probabilidad seleccionada (APS):

Peagram y Deacon (1992) propusieron un método para la estimación conjunta de Q_p y V_t que emplea la distribución de probabilidad Lognormal en su forma estandarizada. Las variables analizadas Q_p y V_t se transforman mediante la aplicación de los logaritmos naturales y son llamadas por los autores como estandarizados. Fijando el valor de Q_p , generaron una función de distribución condicional para V_t . El producto de este análisis es una tabla donde se representa la variación de V_t en función del valor de Q_p para tres diferentes combinaciones probabilísticas condicionales seleccionadas para V_t (25%, 50% y 75%) y diferentes valores del coeficiente de correlación r entre las variables Q_p y V_t (0.70, 0.75, 0.80, 0.85, 0.90 y 0.95) y los periodos de retorno $T= 50, 100, 500, 1000, 5000$ y 10000 años. La primera fase consiste en encontrar tres combinaciones (Q_p y V_t) $_T$ para el periodo de retorno T (años) que le corresponde a la avenida registrada más adversa, bajo el criterio del Q_p más grande. Los Hidrogramas se generan siguiendo la forma de la distribución Pearson tipo III (Hiemstra y Francis, 1979).

Dado que se requiere encontrar la combinación probabilística condicional más adecuada entre Q_p y V_t , los tres Hidrogramas se comparan con la avenida más adversa y se selecciona aquella que tenga la misma forma. Con la proporción definida entre Q_p y V_t es posible estimar la avenida de diseño para un periodo de retorno seleccionado.

3.3.4 Crecientes mediante curvas de reducción (CCR):

El National Environment Research Council de Gran Bretaña (NERC, 1975) propuso un método para estimar avenidas, a través de la relación entre el promedio de los gastos medios máximos anuales con diferentes duraciones respecto al promedio de los gastos máximos anuales, ya sean instantáneos o diarios. Al dibujar la relación de los gastos, llamada tasa de reducción, contra la duración, se obtienen las curvas de reducción como se muestra en la Figura 1, a partir de las cuales es posible construir el hidrograma de la avenida de diseño al aplicar la fórmula siguiente:

$$Q_t = \left(\frac{Q_i}{Q_{-i}} \right) Q_{prom} r(d) \text{ -----}30$$

Donde (Q_i / Q_{-i}) es el valor estimado para un periodo retorno T, mediante el ajuste de la mejor distribución de probabilidad para cada sitio analizado. Q_{-i} es el promedio de los gastos máximos registrados $Q_i \cdot Q_{prom}$ se estima al ajustar los Q_i a las características fisiográficas y/o climatológicas de los sitios en la región en estudio; $r(d)$ es la tasa de reducción que se obtiene de la Figura 1. En esta figura se aprecian ejemplos de curvas que corresponden a tres sitios diferentes dentro de una misma región hidrológica.

Para estimar el volumen total de la avenida de diseño se puede considerar que el hidrograma es del tipo triangular y los tiempos de pico (t_p) y base (t_b) son función del tiempo de concentración de la cuenca, el cual puede estimarse a través de la fórmula de Kirpich:

$$t_c = 0.000325 \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right) \text{ -----}31$$

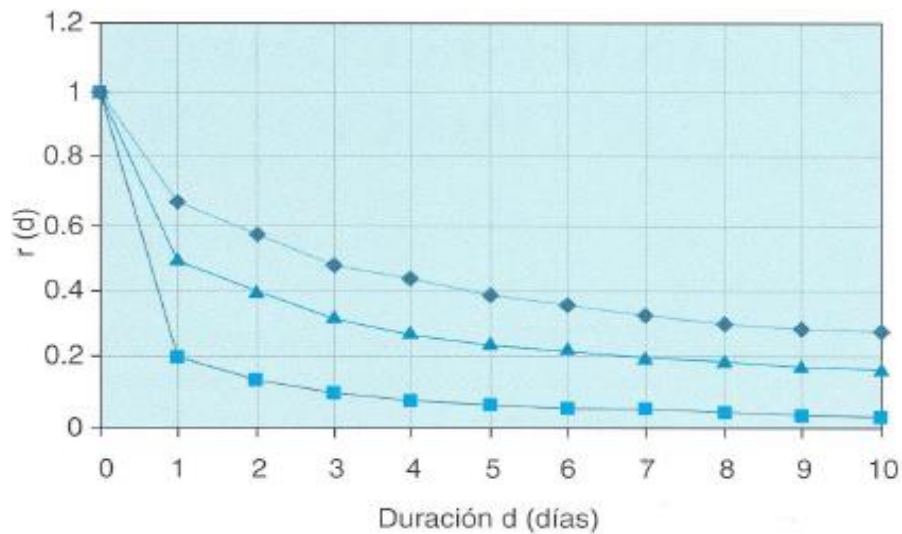


Figura 2 Ajuste de curvas típicas de reducción para cada sitio analizado

Donde t_c es el tiempo de concentración (h), L longitud del cauce principal (km) y S es la pendiente del cauce principal (km/km).

3.3.5 método Coronado y Triana - procedimiento para estimar hidrogramas de crecientes utilizando únicamente información hidrométrica:

- Es un procedimiento matemático y no es un modelo físicamente basado que relaciona la dinámica lluvia-escorrentía.
- Existe un único hidrograma adimensional representativo para la cuenca, y por lo tanto un tiempo al pico. (Coronado, 2010).
- No necesita de registros de lluvia para su aplicación.
- Se basa en un balance de masa entre el volumen de escorrentía y el volumen del flujo base (Ingetec S.A, 2008).
- Para la separación del flujo base de los Hidrogramas registrados, se mencionan dos métodos (Chow y otros, 1994): constante y lineal.

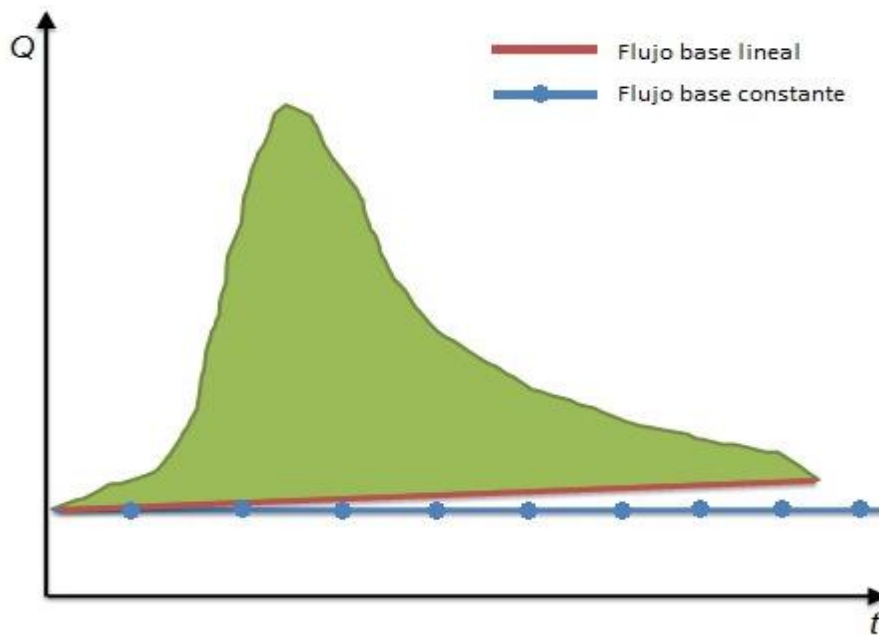


Figura 3.- Separación y superposición del flujo base

- El volumen de los Hidrogramas para diferentes períodos de retorno, se determina a partir del análisis estadístico de la serie de volúmenes totales de los hidrogramas máximos anuales registrados. Cuando no es posible contar con el registro de la mayoría de las crecientes, la serie de volúmenes máximos anuales se puede determinar empleando el siguiente procedimiento: (i) se determinan los caudales medios diarios, (ii) se determinan volúmenes medios diario teniendo en cuenta la duración de las crecientes en la zona y (iii) se obtiene la serie de volúmenes máximos anuales. (Coronado, 2010)
- Por su definición es más aplicable a cuencas pequeñas y zonas hidroclimatológicas homogéneas. (Coronado, 2010).

3.4 MÉTODOS DE SEPARACIÓN DEL FLUJO BASE

Hay varias técnicas para separar el flujo base de la escorrentía directa, la más antigua es la curva de abatimiento normal descrita por Horton (1933). La curva de abatimiento normal, o curva maestra de recesión de flujo base, es una gráfica características de las recesiones que se observan en una corriente dada. Usualmente las curvas de recesión toman la forma del decaimiento exponencial:

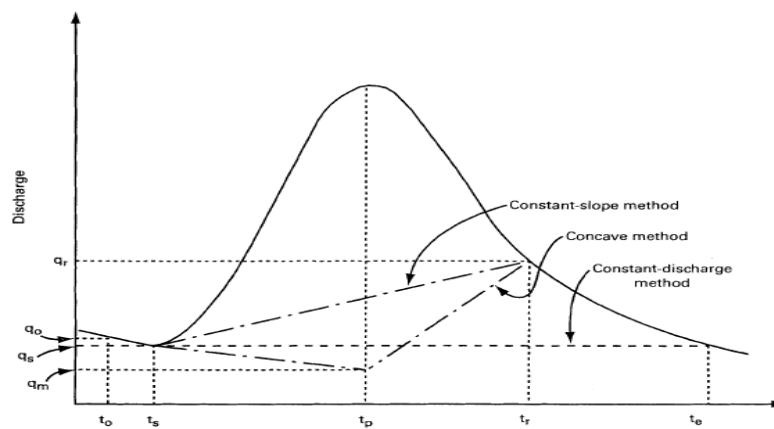


Figura 4 Métodos utilizados para la separación del flujo base.

$$Q(t) = Q_0 e^{-(t-t_0)/k} \text{-----} 32$$

Donde Q_0 es el flujo en el tiempo t_0 y k es la constante de decaimiento exponencial que tiene dimensiones de tiempo (Singh y Stall, 1971). La ecuación se linealiza al representar gráficamente el logaritmo de $Q(t)$ contra el tiempo en una escala lineal. (Richard H. 1998, 488)

3.4.1 Método de la línea recta: Consiste en dibujar una línea horizontal desde el punto en el cual empieza la escorrentía directa superficial hasta la intersección con el segmento de recesión del hidrograma en el cual se reinicia el flujo base. (Richard H. 1998, 489)

Su ecuación es:

$$QBn(t) = m * t + pn \text{-----} 33$$

Donde;

pn : Caudal base constante

m : Pendiente del caudal base.

t : Tiempo duración de la tormenta.

3.4.2 Método de flujo base fijo:

Es aquel en que el flujo base permanece constante a lo largo de la tormenta. (Richard H. 1998, 488)

Su ecuación para calcular el flujo base fijo es:

$$QBn(t) = pn \text{-----} 34$$

Donde;

pn : Caudal base constante.

3.4.3 Método de flujo base para cuencas pequeñas y alta vegetación: Este método se utiliza para cuencas pequeñas cubiertas por vegetación en regiones húmedas, propuesto por Hewlett y Hibbert (1967), sugirieron que pueden suponer que el flujo base dentro de una tormenta se incrementa a una tasa de 0.005 l/s*ha*h. (Richard H. 1998, 488)

Su ecuación para calcular el flujo base es:

$$QBn(t) = 5.5 * 10^{-6}At + pn \text{-----} 35$$

Donde;

pn : Caudal base constante

m : Pendiente del caudal base.

t : Tiempo duración de la tormenta

A = Area en hectáreas.

3.4.4 Método de concave baseflow separation: Para este método, los puntos de inicio y fin para la separación de línea de flujo de base y la escorrentía directa son las mismas que para el método de pendiente constante. Sin embargo, para el método cóncava, caudal base continua decreciendo hasta el momento de la descarga pico del hidrograma de tormenta.

En ese momento, la línea de separación es recta entre ese punto y el punto de inflexión de la recesión. Mientras que el método cóncava puede requerir un poco más de esfuerzo de definir que los otros dos métodos, es probable que sea una representación más realista de la separación real de flujo según lo determinado por los procesos físicos que el flujo de control durante las tormentas. Matemáticamente, (Richard H. 1998, 488), la función del flujo de base es:

$$QBn(t) = \begin{cases} q & \text{for } t < ts \\ qs + (t + ts) \left[\frac{qs - qo}{ts - to} \right] & \text{for } ts \leq t < tp \\ qm + (t - tp) \left[\frac{qr - qm}{tr - tp} \right] & \text{for } tp \leq t < tr \\ q & \text{for } tr < t \end{cases} \text{-----36}$$

Donde las variables se definen en la Figura 4. La distribución de la escorrentía directa, q_d , es igual a la diferencia entre el caudal total, q , y el caudal base, q_b . (Richard H. 1998, 488)

3.4.5 Método constant-slope baseflow separation: Si el proceso de escorrentía se conceptualiza de una manera que el flujo de los acuíferos de agua subterránea empieza en la recesión hidrograma antes del punto utilizado para el método constante de descarga, a continuación, sólo es necesario para seleccionar el punto de la curva de recesión donde termina la escorrentía directa. Se han propuesto varios métodos para la identificación de este punto. La conceptualización más común utiliza el punto de inflexión en la recesión hidrograma; el punto de inflexión es el punto donde el hidrograma pasa de ser cóncava a convexa (es decir, la pendiente es mayor que 1 para la pendiente es menor que 1). Un segundo método utiliza una fórmula empírica, como por ejemplo la siguiente ecuación que se ha propuesto para muy grandes cuencas:

$$N = A^{0.02} \text{-----37}$$

En la que N es el número de días desde el tiempo hasta el pico del hidrograma de escorrentía medido hasta el final de la escorrentía directa y A es el área de drenaje en millas cuadradas. Un tercer método se llama el método de la curva maestra agotamiento, que se discute a continuación. Mientras que estas tres opciones son bastante objetivo, el punto se selecciona a menudo subjetivamente usando un gráfico de la hidrograma de escorrentía. Una vez que el tiempo en el que se ha identificado extremos escorrentía directa, escorrentía directa del flujo de base y se separan mediante la conexión de una línea recta que se extiende desde el punto de la velocidad de descarga más bajo en el inicio de la descarga de la inundación hasta el punto en la recesión. El método de constante-pendiente también se muestra en la Figura 9-2. El flujo de base depende del tiempo (t_s) y de descarga (q_s) en el punto de la función de descarga (q_r), y el tiempo (t) y de descarga (q_s) en el punto de inflexión bajo. (Richard H. 1998, 488), Matemáticamente, la función del flujo de base es:

$$QBn(t) = \begin{cases} q & \text{for } t < t_s \\ q_s + (t + t_s) \left[\frac{q_r - q_s}{t_s - t_s} \right] & \text{for } t_s \leq t \leq t_r \\ q & \text{for } t_r < t \end{cases} \quad \text{-----38}$$

La distribución de la escorrentía directa, q , es igual a la diferencia entre el caudal total, q , y el caudal base, q_b .

3.4.6 Metodo master-depletion-curve method:

El método maestro-agotamiento de la curva se utiliza para proporcionar un modelo de flujo de almacenamiento de agua del suelo. En base a esto, se puede utilizar para identificar un punto de la recesión donde termina la escorrentía directa y caudal base comienza, sin embargo, sino que también proporciona un modelo de la extremidad recesión. El procedimiento requiere Hidrogramas de tormentas medidos para un buen número de tormentas que cubren una amplia gama de volúmenes y de las diferentes estaciones del año (Richard H. 1998, 488). El procedimiento es el siguiente:

1. El uso de papel semi-log, log q en función del tiempo, trazar las curvas de recesión para cada evento de tormenta en hojas separadas de papel de calcar.

2. En una hoja principal con una q contra el sistema tiempo-eje de registro (papel semi-log), trazar la recesión para el evento de tormenta que tiene los valores más pequeños de log q.

3. Utilizando la curva de recesión, con los siguientes valores mínimos de registro de valores de q, coloque el papel vegetal de tal manera que la curva parece extenderse a lo largo de una línea que coincide con la recesión del primer evento planeado.

4. Continúe este proceso con cada vez más grandes de magnitud LOG q recesiones hasta que se representan todos los eventos de tormenta.

5. Construir una curva de agotamiento del principal que se extiende a través de las recesiones de las tormentas observadas. A continuación, ajustar un modelo matemático para la curva de agotamiento maestro; la siguiente forma funcional a menudo proporciona un ajuste razonable para los datos:

$$QBn(t) = qoe^{-kt} \text{-----}39$$

En la que q, es la descarga en el tiempo t, q_0 es la descarga en el tiempo $t = 0$, y K es un coeficiente de ajuste. El valor de K se puede determinar utilizando cualquiera de los dos puntos de la curva de agotamiento principal. Dejar que un punto sea q, y luego hacer una transformación natural logaritmo de la ecuación 9-5 y despejando rendimientos K.

$$k = \frac{\ln q_0 - \ln q t}{t} \text{-----}40$$

Donde t es el tiempo en el que la descarga q, se registra. Si suficiente dispersión es evidente en la línea de recesión, a continuación, mínimos cuadrados se pueden utilizar para estimar K. Si se establece el valor de q, entonces el estimador de mínimos cuadrados de K es.

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n ti(lneqo - lneqi)}{\sum_{i=1}^n ti^2} \text{-----41}$$

En la que n es el número de pares de (q, ti) puntos de la recesión:

3.4.7 Nueva técnica de separación de flujo base método isotópico: Recientemente se ha propuesto y aplicado un procedimiento para estimar la parte del flujo base de un río, teniendo en cuenta las variaciones en la composición química de dicho caudal. La ecuación de conservación de masa en un punto del río es la siguiente:

$$QtCt = QBn(t)Co + QsCs \text{-----42}$$

En esta ecuación se puede hallar $QBn(t)$ o Qs , conociendo los demás valores. El valor de caudal total se mide directamente, la concentración de la escorrentía subterránea, Co , se obtiene al analizar el agua del río en periodos prolongados de ausencia de lluvias (caudal base) y la concentración de la escorrentía superficial se toma en periodos de lluvias fuertes.

En este caso se utiliza el deuterio y oxígeno 18, que son los isótopos estables del agua, y cuyas desviaciones isotópicas permiten expresar la anterior ecuación así:

$$QBn(t) = Qt \left(\frac{\delta t - \delta s}{\delta o - \delta s} \right) \text{-----43}$$

Las desviaciones isotópicas requeridas por la ecuación anterior (1) (δt = desviación isotópica de la escorrentía total; δo = desviación isotópica del flujo base, compuesta por el agua subterránea y el agua subsuperficial y δs = desviación isotópica de la escorrentía superficial), demandan la realización de muestreos que permitan la caracterización de los tres componentes involucrados. (Gomez. 2006, p.23)

3.5 ERROR MEDIO CUADRÁTICO DE UN ESTIMADOR

El error medio cuadrático (EMC) de un estimador $\hat{\theta}$ y de un parámetro θ es la función de θ definida por $E(\hat{\theta} - \theta)^2$, y esta es denotada como $EMC_{\hat{\theta}}$. Esta también se llama función de riesgo de un estimador, con $(\hat{\theta} - \theta)^2$ llamada la función de pérdida cuadrática. La expectativa es con respecto a las variables aleatorias X_1, \dots, X_n ya que son los únicos componentes aleatorios en la expresión. (DeGroot, M., & Schervish, M, 2010).

Observe que el error medio cuadrático mide el promedio de los cuadrados de la diferencia entre el estimador $\hat{\theta}$ y el parámetro θ , una medida algo razonable de rendimiento para un estimador. En general, cualquier función creciente de la distancia absoluta $|\hat{\theta} - \theta|$ sirve para medir la bondad de un estimador, el error medio absoluto, $E(|\hat{\theta} - \theta|)$, es una alternativa razonable. Pero el EMC tiene al menos dos ventajas sobre otras medidas de distancia: En primer lugar, es analíticamente tratable y, en segundo lugar, tiene la interpretación, (DeGroot, M., & Schervish, M, 2010).

$$EMC_{\hat{\theta}} = E(\hat{\theta} - \theta)^2 = Var(\hat{\theta}) + (E(\hat{\theta}) - \theta)^2 = Var(\hat{\theta}) + (Sesgo de \hat{\theta})^2 \text{-----}44$$

El sesgo de un estimador $\hat{\theta}$ y de un parámetro θ es la diferencia entre el valor esperado de $\hat{\theta}$, y θ ; es decir, $Bias(\hat{\theta}) = E(\hat{\theta}) - \theta$. Un estimador cuyo sesgo es idénticamente igual a 0 se llama estimador imparcial y satisface $E(\hat{\theta}) = \theta$ para todo θ . Por lo tanto, el EMC tiene dos componentes: uno mide la variabilidad del estimador (precisión) y las otras medidas la de su sesgo (precisión). Un estimador que tiene buenas propiedades de EMC tiene una pequeña varianza y un sesgo combinado. Para encontrar un estimador con buenas propiedades de EMC, tenemos que encontrar estimadores que controlan tanto la varianza como el sesgo. Para un estimador imparcial $\hat{\theta}$, tenemos, (DeGroot, M., & Schervish, M, 2010).

$$EMC_{\hat{\theta}} = E(\hat{\theta} - \theta)^2 = Var(\hat{\theta}) \text{-----}45$$

Y así, si un estimador es imparcial, su EMC es igual a su varianza.

4.0 IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS ECUACIONES DE FLUJO BASE AL MODELO MATEMATICO DE CORONADO-TRIANA

En este capítulo se deducen y se amplían las ecuaciones de separación de flujo base del modelo matemático propuesto por Coronado, Triana y Coronado. El procedimiento se deduce a partir de un balance de masa entre los volúmenes de escorrentía, volúmenes de flujo base y el volumen total.

4.1 DEDUCCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

El procedimiento se deduce a partir de un balance de masa, teniendo en cuenta las variables y parámetros presentados en la Figura 5. La Figura se encuentra dividida en las siguientes partes: (a) Hidrogramas máximos registrados; (b) el hidrograma adimensional en caudal y tiempo, el cual se determina dividiendo cada una de las abscisas por el tiempo al pico registrado (t_p registrado) y las ordenadas por el caudal máximos registrado (Q_{Pi}), y promediando los hidrogramas adimensionales registrados; (c) hidrograma con caudal adimensional de la cuenca; (d) hidrograma determinado para un período de retorno. (Coronado, 2010, p.27)

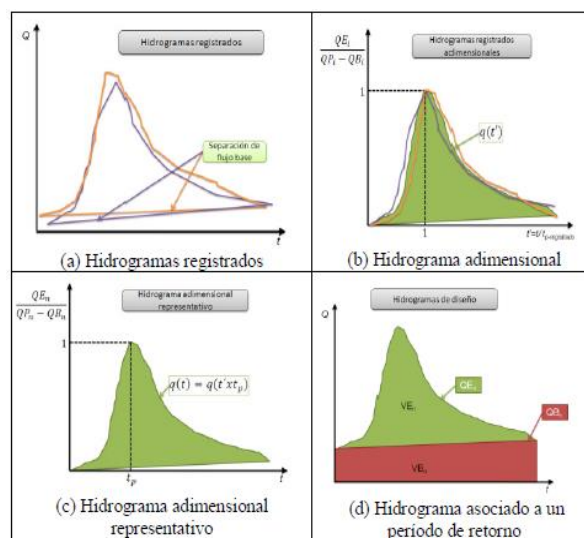


Figura 5. Variables y parámetros

QE_i : Caudal de escorrentía directa del hidrograma registrado.

QP_i : Caudal máximo instantáneo de hidrograma registrado.

QB_i : Caudal de flujo base del hidrograma registrado.

i : Hidrograma de creciente registrado.

$t_{p\text{-registrado}}$: Tiempo al pico del hidrograma registrado.

$q(t')$: Hidrograma adimensional obtenido de los hidrogramas registrados. Este hidrograma se obtiene promediando los hidrogramas registrados adimensionales en caudal y tiempo (véase Figura 3 (b)).

QE_n : Caudal proveniente de la escorrentía directa para un período de retorno.

QP_n : Caudal máximo instantáneo de los hidrogramas de diseño para un período de retorno.

QB_n : Caudal proveniente del flujo base para un período de retorno.

$q(t)$: Hidrograma adimensional en caudal de los hidrogramas asociados a diferentes períodos de retorno [$q(t) = q(t' \times t_p)$].

t_p : Tiempo al pico de los hidrogramas asociados a un período de retorno estimado.

VM_n : Volumen estimado total de la creciente para un período de retorno.

VE_n : Volumen de escorrentía para un período de retorno.

VB_n : Volumen del flujo base para un período de retorno.

n : Hidrograma de creciente asociada a un período de retorno analizado.

t : Intervalo de tiempo de la duración de la creciente.

El volumen de la creciente asociado a un período de retorno de interés se determinó de la siguiente manera:

$$VM_n = VE_n + VB_n \text{-----46}$$

Por definición, el volumen se puede expresar como:

$$V = \left(\int_{t=0}^{t=T} Q(t) dt \right) \text{-----47}$$

Luego:

$$VE_n = \left(\int_{t=0}^{t=T} QE_n(t) dt \right) = \left(\int_{t=0}^{t=T} [QP_n - QB_n(t)] q(t) dt \right) \text{-----48}$$

Donde;

$$VB_n = \left(\int_{t=0}^{t=T} QB_n(t) dt \right) \text{-----49}$$

Para determinar el volumen total de una creciente se utiliza la siguiente expresión:

$$VMn = VEn + VBn = \left(\int_{t=0}^{t=T} [QPn - QBn(t)]q(t)dt + \int_{t=0}^{t=T} QBn(t)dt \right) \text{-----} 50$$

$$VMn = \left(\int_{t=0}^{t=T} QBn(t)dt + QPn \int_{t=0}^{t=T} q(t)dt - \int_{t=0}^{t=T} QBn(t)q(t)dt \right) \text{-----} 51$$

La ecuación anterior se puede resolver por medio de intervalo, tal como se presenta a continuación:

$$VMn = \sum_{t=0}^T VMnQBn, t\Delta t + QPn \sum_{t=0}^T qt\Delta t - \sum_{t=0}^T QBn, tqt\Delta t \text{-----} 52$$

Con este procedimiento y las ecuaciones del flujo base antes descritas, se procede a calcular los volúmenes modelados de cada ecuación. (Coronado, 2010, p.29)

La ecuación para el volumen modelado es:

$$VMn = pnT + \left(\int_{t=0}^{t=T} q(t)dt \right) (QPn - Pn) \text{-----} 53$$

4.1.1 Hipótesis del método:

Las hipótesis que se tuvieron en cuenta para el método de estimación de hidrogramas de diseño propuesto se encuentran en el caudal base y en el volumen máximo de la creciente. A continuación se describen estas hipótesis. (Coronado, 2010, p.29)

Flujo base (QBn):

El flujo base representa la interacción entre el acuífero y el río. El caudal base para diferentes períodos de retorno se puede aproximar a partir del ajuste estadístico de la serie de caudales medios mensuales para el mes más húmedo (INGETEC S.A, SIMCO LTDA & CIMILEC INGENIEROS LTDA, 1997). Existen diferentes métodos para separar el flujo base (Chow, Maidment, & Mays, Hidrología aplicada, 1994) de las crecientes máximas registradas, los cuales serán utilizados para la generación de las crecientes asociadas a un período de retorno. los métodos de separación de caudal base, son: flujo base constante, flujo base línea normal, flujo base para cuencas pequeñas y alta vegetación, flujo base concave baseflow separation, flujo base constant-slope baseflow separation, flujo base master-depletion-curve method y flujo base método isotópico. (Coronado, 2010, p.29)

Volumen de hidrogramas registrados (VRn):

El volumen de los hidrogramas para diferentes períodos de retorno se determina a partir de las siguientes maneras: Se determina el volumen de los hidrogramas máximos anuales registrados, y partir de esta serie se estiman los volúmenes máximos para diferentes períodos de retorno aplicando la función de distribución de probabilidad que represente la tendencia de los datos. (Coronado, 2010, p.30). A partir de la serie de caudales medios diarios se determinan los volúmenes medios diarios, mediante los cuales se calcula el volumen máximo anual de los hidrogramas de crecientes, el cual es aproximadamente igual a los estimados en el numeral anterior. A partir de esta serie se realiza el ajuste estadístico de los datos. (Coronado, 2010, p.30)

4.1.2 Algoritmo de optimización:

La estimación del tiempo al pico y de las ecuaciones de flujo base se deben realizar teniendo en cuenta que el volumen de una creciente es igual al volumen medio que se presenta en un mismo período de tiempo. Estas variables se determinan mediante un proceso de minimización del Error Medio Cuadrático (EMC) para la serie volúmenes medios diarios máximos asociados a diferentes períodos de retorno y la serie de volúmenes máximos asociadas a diferentes períodos de retorno obtenida con la ecuación 21. La función objetivo a utilizar se presenta a continuación:

$$Z = \text{minimizar } (ECM) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (VMn - VRn)^2} \text{ -----54}$$

Dónde:

EMC: Error Medio Cuadrático.

N: Numero de hidrogramas asociados a diferentes periodos de retorno.

VMn: Volumen de la creciente asociada a un periodo de retorno modelado.

VRn: Volumen de la creciente registrada asociada a un periodo de retorno.

Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación se presentan los métodos desarrollados para la estimación de los hidrogramas asociadas a diferentes períodos de retorno considerando el caudal base constante y el caudal base como lineal.

4.2 ECUACIONES DEL PROCEDIMIENTO PARA MODELOS DE FLUJO BASE

A continuación se resumen las ecuaciones para el cálculo de los volúmenes máximo de creciente, considerando lo siguiente:

4.2.1 Ecuación para el volumen modelado con método flujo constante.

En este ítem se presenta el cálculo de los hidrogramas para diferentes períodos de retorno considerando el caudal base constante. Para la solución de este ejercicio se realizaron las siguientes simplificaciones a la ecuación inicial:

$$VMn = \sum_{t=0}^T QBn(t)\Delta t + \sum_{t=0}^T q(t)\Delta t + \sum_{t=0}^T QBn(t)q(t)\Delta t \text{ -----55}$$

Pero,

$$QBn(t) = pn \text{ -----56}$$

Dónde:

pn : Caudal base constante para cada periodo.

Luego,

$$VMn = \sum_{t=0}^T \Delta t + QPn \sum_{t=0}^T q(t)\Delta t - pn \sum_{t=0}^T q(t)\Delta t \text{ -----57}$$

$$VMn = pnT + \sum_{t=0}^T q(t)\Delta t + QPn \sum_{t=0}^T q(t)\Delta t - pn \sum_{t=0}^T q(t)\Delta t \text{ -----58}$$

$$VMn = \sum_{t=0}^T QBn(t)\Delta t + QPn \sum_{t=0}^T q(t)\Delta t - \sum_{t=0}^T QBn(t)\Delta t \text{ -----59}$$

$$VMn = pnT + (\sum_{t=0}^T q(t)\Delta t)(QPn - pn) \text{ -----60}$$

A continuación se presenta el método planteado para la estimación de los hidrogramas de crecientes:

Objetivo

Minimizar el error medio cuadrático de los volúmenes modelados con respecto a los registrados de los hidrogramas de crecientes, considerando el flujo base constante.

Conjuntos

$n \in N$: Número de crecientes asociada a un período de retorno.

$t \in T$: Intervalo de tiempo de la duración de la creciente.

Parámetros

QP_n : Vector del caudal máximo asociado a un período de retorno.

VR_n : Vector de volumen registrado máximo de la creciente asociada a un período de retorno.

pn : Vector de flujo base constante asociado a un período de retorno.

Δt : Escalar del tamaño del intervalo seleccionado.

$q(t')$: Hidrograma adimensional en caudal y tiempo promedio de las crecientes registradas.

$tp\text{-min}$: Tiempo al pico mínimo registrado de las crecientes.

T : Duracion de la creciente

Variables

FO : Función Objetivo.

EMC : Error medio cuadrático.

VM_n : Volumen modelado de la creciente asociado a un período de retorno.

tp : Tiempo al pico de los hidrogramas asociados a un período de retorno.

$Q(t)$: Hidrograma adimensional en caudal.

Planteamiento del problema

FO : minimizar (EMC)

Sujeto a:

$$(EMC) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (VM_n - VR_n)^2} \text{ -----61}$$

$$VM_n = pnT + \left(\int_{t=0}^{t=T} q(t) dt \right) (QP_n - P_n) \text{ -----62}$$

$$tp\text{-min} \leq tp$$

$$tp \in Z^+$$

$$q(t) = q(t'xtp) \text{ -----63}$$

4.2.2 Ecuación para el volumen modelado con método flujo línea recta:

En este ítem se presenta el cálculo de los hidrogramas para diferentes períodos de retorno considerando el caudal base de flujo línea normal. Para la solución de este ejercicio se realizaron las siguientes simplificaciones a la ecuación inicial:

$$VMn = \sum_{t=0}^T QBn(t)\Delta t + \sum_{t=0}^T q(t)\Delta t + \sum_{t=0}^T QBn(t)q(t)\Delta t \text{ -----64}$$

Pero,

$$QBn(t) = m * t + pn \text{ -----65}$$

Dónde:

pn : Caudal base constante para cada periodo.

m : Pendiente del caudal base.

Luego,

$$\sum_{t=0}^T QBn(t)\Delta t = \sum_{t=0}^T (mt + pn)\Delta t = QPn \int_{t=0}^{t=T} (mt + pn)dt = \left| \frac{mT^2}{2} + pnT \right| = \frac{mT^2}{2} + pnT \text{ -----66}$$

Finalmente,

$$VMn = \frac{mT^2}{2} + pnT + QPn \int_{t=0}^{t=T} q(t)dt - \int_{t=0}^{t=T} QBn(t)q(t)dt \text{ -----67}$$

Dónde:

T : Duración de las crecientes.

A continuación se presenta el método planteado para la estimación de los hidrogramas de crecientes:

Objetivo

Minimizar el error medio cuadrático de los volúmenes modelados con respecto a los registrados de los hidrogramas de crecientes, considerando el flujo base de línea recta.

Conjuntos

$n \in N$: Número de crecientes asociada a un período de retorno.

$t \in T$: Intervalo de tiempo de la duración de la creciente.

Parámetros

QPn: Vector del caudal máximo asociado a un período de retorno.

VRn: Vector de volumen máximo de creciente asociado a un período de retorno.

Bn: Vector de flujo base inicial asociado a un período de retorno.

Δt : Escalar del tamaño del intervalo seleccionado.

q(t) : Hidrograma adimensional en caudal y tiempo promedio de las crecientes registradas.

tp-min: Tiempo al pico mínimo registrado de las crecientes.

m_{min}: Pendiente de flujo base mínima registrada.

m_{max}: Pendiente de flujo base máxima registrada.

Variables

FO: Función Objetivo.

EMC: Error medio cuadrático.

VRn: Volumen simulado de la creciente.

tp: Tiempo al pico de los hidrogramas asociados a un período de retorno.

m: Pendiente de la creciente asociada a un periodo de retorno.

q(t): Hidrograma adimensional en caudal.

QBn: Funcion del flujo base.

Planteamiento del problema

FO: minimizar (EMC)

Sujeto a:

$$(EMC) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (VMn - VRn)^2} \text{-----68}$$

$$VMn = \frac{mT^2}{2} + pnT + QPn \int_{t=0}^{t=T} q(t)dt - \int_{t=0}^{t=T} QBn(t)q(t)dt \text{-----69}$$

$$QBn(t) = m * t + pn \text{-----70}$$

$$m_{\min} \leq m \leq m_{\max}$$

$$t_{p-\min} \leq t_p$$

$$t_p \in \mathbb{Z}^+$$

$$q(t) = q(t'xtp) \text{ -----71}$$

4.2.3 Ecuación para el volumen modelado con método Cuencas pequeñas y alta vegetación:

En este ítem se presenta el cálculo de los hidrogramas para diferentes períodos de retorno considerando el método de separación de flujo base para cuencas pequeñas y alta vegetación, el área está limitada para cuencas $\leq 50\text{km}^2$. Para la solución de este ejercicio se realizaron las siguientes simplificaciones a la ecuación inicial:

$$VMn = \sum_{t=0}^T QBn(t)\Delta t + \sum_{t=0}^T q(t)\Delta t + \sum_{t=0}^T QBn(t)q(t)\Delta t \text{ -----72}$$

Pero,

$$QBn(t) = 5.5 * 10^{-6}At + pn \text{ -----73}$$

Donde;

pn : Caudal base constante

t : Tiempo duración de la tormenta

A = Area en hectáreas.

Luego,

$$\sum_{t=0}^T QBn(t)\Delta t = \sum_{t=0}^T (2.75 * 10^{-6} At + pn)\Delta t = QPn \int_{t=0}^{t=T} (2.75 * 10^{-6} At + pn) dt = \left| 2.75 * 10^{-6} AT^2 + pnT = 2.75 * 10^{-6} AT^2 + pnT \text{ -----74} \right.$$

Finalmente,

$$VMn = 2.75 * 10^{-6} AT^2 + pnT + QPn \int_{t=0}^{t=T} q(t)dt - \int_{t=0}^{t=T} QBn(t)q(t)dt \text{ -----75}$$

Donde:

T : Duración de las crecientes.

A continuación se presenta el método planteado para la estimación de los hidrogramas de crecientes:

Objetivo

Minimizar el error medio cuadrático de los volúmenes modelados con respecto a los registrados de los hidrogramas de crecientes, considerando el flujo base con el método Cuencas pequeñas y alta vegetación.

Conjuntos

$n \in N$: Número de crecientes asociada a un período de retorno.

$t \in T$: Intervalo de tiempo de la duración de la creciente.

Parámetros

QP_n : Vector del caudal máximo asociado a un período de retorno.

VR_n : Vector de volumen máximo de creciente asociado a un período de retorno.

B_n : Vector de flujo base inicial asociado a un período de retorno.

Δt : Escalar del tamaño del intervalo seleccionado.

$q(t)$: Hidrograma adimensional en caudal y tiempo promedio de las crecientes registradas.

tp_{-min} : Tiempo al pico mínimo registrado de las crecientes.

m_{min} : Pendiente de flujo base mínima registrada.

m_{max} : Pendiente de flujo base máxima registrada.

Variables

FO: Función Objetivo.

EMC: Error medio cuadrático.

VR_n : Volumen simulado de la creciente.

tp : Tiempo al pico de los hidrogramas asociados a un período de retorno.

A: Area de la cuenca.

$q(t)$: Hidrograma adimensional en caudal.

QB_n : Funcion del flujo base.

Planteamiento del problema

FO: minimizar (EMC)

Sujeto a:

$$(ECM) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (VM_n - VR_n)^2} \text{ -----76}$$

$$VM_n = 2.75 * 10^{-6} AT^2 + pnT + QP_n \int_{t=0}^{t=T} q(t)dt - \int_{t=0}^{t=T} QB_n(t)q(t)dt \text{ -----77}$$

$$QB_n(t) = 5.5 * 10^{-6} At + pn \text{ -----78}$$

$$0 \leq A \leq 50 \text{ km}^2$$

$$t_{p-\text{min}} \leq t_p$$

$$t_p \in \mathbb{Z}^+$$

$$q(t) = q(t' \times t_p) \text{ -----79}$$

4.2.4 Ecuación para el volumen modelado con metodo de concave baseflow separation.

En este ítem se presenta el cálculo de los hidrogramas para diferentes períodos de retorno considerando el método de separación de flujo base con el método de concave baseflow separation. Para la solución de este ejercicio se realizaron las siguientes simplificaciones a la ecuación inicial:

$$VMn = \sum_{t=0}^T QBn(t)\Delta t + \sum_{t=0}^T q(t)\Delta t + \sum_{t=0}^T QBn(t)q(t)\Delta t \text{ -----80}$$

Teniendo en cuenta la siguiente gráfica;

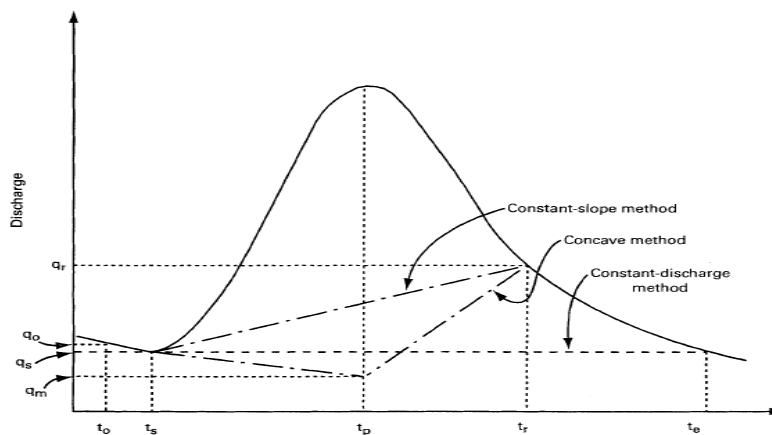


Figura 6 Separación de flujo base

Tenemos:

$$QBn(t) = \begin{cases} q & \text{for } t < t_s \\ qs + (t + t_s) \left[\frac{qs - q_0}{t_s - t_0} \right] & \text{for } t_s \leq t < t_p \\ qm + (t - t_p) \left[\frac{qr - qm}{tr - t_p} \right] & \text{for } t_p \leq t < tr \\ q & \text{for } tr < t \end{cases} \text{ -----81}$$

Donde;

qd : Caudal base

q_0 : Caudal base al inicio de la tormenta

qs : Cauda Inicial de la descarga

qm : Caudal base asociado con el tiempo al pico

tp : Tiempo al pico

Luego,

$$\begin{aligned} \sum_{t=0}^T QBn(t)\Delta t &= \sum_{t=0}^T \left(qsTp + \left[\frac{qs-qo}{Ts-To} \right] \frac{(Tp-Ts)^2}{2} + qm(T-Tp) + \left[\frac{qr-qm}{tr-tp} \right] \frac{(T-Tp)^2}{2} + pnT \right) \Delta t = QPn \int_{t=0}^{t=T} \left(qsTp + \right. \\ &\left. \left[\frac{qs-qo}{Ts-To} \right] \frac{(Tp-Ts)^2}{2} + qm(T-Tp) + \left[\frac{qr-qm}{tr-tp} \right] \frac{(T-Tp)^2}{2} + pnT \right) dt = \left[qsTp + \left[\frac{qs-qo}{Ts-To} \right] \frac{(Tp-Ts)^2}{2} + qm(T-Tp) + \right. \\ &\left. \left[\frac{qr-qm}{tr-tp} \right] \frac{(T-Tp)^2}{2} + pnT \right] \int_{t=0}^{t=T} dt = \left[qsTp + \left[\frac{qs-qo}{Ts-To} \right] \frac{(Tp-Ts)^2}{2} + qm(T-Tp) + \left[\frac{qr-qm}{tr-tp} \right] \frac{(T-Tp)^2}{2} + pnT \right] T \quad \text{-----82} \end{aligned}$$

Finalmente,

$$\begin{aligned} VMn &= qsTp + \left[\frac{qs-qo}{Ts-To} \right] \frac{(Tp-Ts)^2}{2} + qm(T-Tp) + \left[\frac{qr-qm}{tr-tp} \right] \frac{(T-Tp)^2}{2} + pnT + QPn \int_{t=0}^{t=T} q(t) dt - \\ &\int_{t=0}^{t=T} QBn(t)q(t) dt \quad \text{-----83} \end{aligned}$$

Donde:

T: Duración de las crecientes.

A continuación se presenta el método planteado para la estimación de los hidrogramas de crecientes:

Objetivo

Minimizar el error medio cuadrático de los volúmenes modelados con respecto a los registrados de los hidrogramas de crecientes, considerando el flujo base con el método de concave baseflow separation.

Conjuntos

$n \in N$: Número de crecientes asociada a un período de retorno.

$t \in T$: Intervalo de tiempo de la duración de la creciente.

Parámetros

QPn: Vector del caudal máximo asociado a un período de retorno.

VRn: Vector de volumen máximo de creciente asociado a un período de retorno.

Bn: Vector de flujo base inicial asociado a un período de retorno.

Δt : Escalar del tamaño del intervalo seleccionado.

$q(t)$: Hidrograma adimensional en caudal y tiempo promedio de las crecientes registradas.

tp -min: Tiempo al pico mínimo registrado de las crecientes.

m_{min} : Pendiente de flujo base mínima registrada.

m_{max} : Pendiente de flujo base máxima registrada.

Variables

FO: Función Objetivo.

EMC: Error medio cuadrático.

VRn: Volumen simulado de la creciente.

tp : Tiempo al pico de los hidrogramas asociados a un período de retorno.

qd : Caudal base

qo : Caudal base al inicio de la tormenta

qs : Cauda Inicial de la descarga

qm : Caudal base asociado con el tiempo al pico

tp : Tiempo al pico

$q(t)$: Hidrograma adimensional en caudal.

QBn: Funcion del flujo base.

Planteamiento del problema

FO: minimizar (EMC)

Sujeto a:

$$(ECM) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (VMn - VRn)^2} \text{ -----84}$$

$$VMn = qsTp + \left[\frac{qs-qo}{Ts-to} \right] \frac{(Tp-Ts)^2}{2} + qm(T - Tp) + \left[\frac{qr-qm}{tr-tp} \right] \frac{(T-Tp)^2}{2} + pnT + QPn \int_{t=0}^{t=T} q(t) dt -$$

$$\int_{t=0}^{t=T} QBn(t)q(t) dt \text{ -----85}$$

Donde;

$$QBn(t) = \begin{cases} q & \text{for } t < ts \\ qs + (t + ts) \left[\frac{qs-qo}{ts-to} \right] & \text{for } ts \leq \\ qm + (t - tp) \left[\frac{qr-qm}{tr-tp} \right] & \text{for } tp \leq \\ q & \text{for } tr < t \end{cases} \text{ -----86}$$

$$t_{p-min} \leq t_p$$

$$t_p \in \mathbb{Z}^+$$

$$q(t) = q(t' x t_p) \text{ -----87}$$

4.2.5 Ecuación para el volumen modelado con método constant-slope baseflow separation.

En este ítem se presenta el cálculo de los hidrogramas para diferentes períodos de retorno considerando el método de separación de flujo base con el método constant-slope baseflow separation. Para la solución de este ejercicio se realizaron las siguientes simplificaciones a la ecuación inicial:

$$VMn = \sum_{t=0}^T QBn(t)\Delta t + \sum_{t=0}^T q(t)\Delta t + \sum_{t=0}^T QBn(t)q(t)\Delta t \text{ -----88}$$

Pero,

$$QBn(t) = \begin{cases} q & \text{for } t < t_s \\ qs + (t + t_s) \left[\frac{qr - qs}{t_s - t_s} \right] & \text{for } t_s \leq t \leq t_r \\ q & \text{for } t_r < t \end{cases} \text{ -----89}$$

Donde;

qd : Caudal base

qo : Caudal base al inicio de la tormenta

qs : Cauda Inicial de la descarga

qm : Caudal base asociado con el tiempo al pico

tp : Tiempo al pico

tr : Tiempo al pico

Luego,

$$\sum_{t=0}^T QBn(t)\Delta t = \sum_{t=0}^T \left(qsT_p + \left[\frac{qr - qs}{T_s - T_s} \right] \frac{(T - T_s)^2}{2} \right) \Delta t = QPn \int_{t=0}^{t=T} \left(qsT_p + \left[\frac{qs - qo}{T_s - T_o} \right] \frac{(T_p - T_s)^2}{2} \right) dt = \left| qsT_p + \left[\frac{qs - qo}{T_s - T_o} \right] \frac{(T_p - T_s)^2}{2} + \right. \\ \left. pnT = qsT_p + \left[\frac{qs - qo}{T_s - T_o} \right] \frac{(T_p - T_s)^2}{2} + pnT \text{ -----90}$$

Finalmente,

$$VMn = qsTp + \left[\frac{qr-qs}{Ts-Ts} \right] \frac{(T-Ts)^2}{2} + pnT + QPn \int_{t=0}^{t=T} q(t)dt - \int_{t=0}^{t=T} QBn(t)q(t)dt \text{ -----}91$$

Donde:

T: Duración de las crecientes.

A continuación se presenta el método planteado para la estimación de los hidrogramas de crecientes:

Objetivo

Minimizar el error medio cuadrático de los volúmenes modelados con respecto a los registrados de los hidrogramas de crecientes, considerando el flujo base con el método constant-slope baseflow separation.

Conjuntos

$n \in N$: Número de crecientes asociada a un período de retorno.

$t \in T$: Intervalo de tiempo de la duración de la creciente.

Parámetros

QPn: Vector del caudal máximo asociado a un período de retorno.

VRn: Vector de volumen máximo de creciente asociado a un período de retorno.

Bn: Vector de flujo base inicial asociado a un período de retorno.

Δt : Escalar del tamaño del intervalo seleccionado.

$q(t)$: Hidrograma adimensional en caudal y tiempo promedio de las crecientes registradas.

tp_{\min} : Tiempo al pico mínimo registrado de las crecientes.

m_{\min} : Pendiente de flujo base mínima registrada.

m_{\max} : Pendiente de flujo base máxima registrada.

Variables

FO: Función Objetivo.

EMC: Error medio cuadrático.

VRn: Volumen simulado de la creciente.

t_p : Tiempo al pico de los hidrogramas asociados a un período de retorno.

qd : Caudal base

q_0 : Caudal base al inicio de la tormenta

q_s : Cauda Inicial de la descarga

q_m : Caudal base asociado con el tiempo al pico

t_p : Tiempo al pico

$q(t)$: Hidrograma adimensional en caudal.

QB_n : Funcion del flujo base.

Planteamiento del problema

FO: minimizar (EMC)

Sujeto a:

$$(ECM) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (VM_n - VR_n)^2} \text{ -----92}$$

$$VM_n = q_s T_p + \left[\frac{q_r - q_s}{T_s - T_s} \right] \frac{(T - T_s)^2}{2} + p n T + Q P n \int_{t=0}^{t=T} q(t) dt - \int_{t=0}^{t=T} Q B_n(t) q(t) dt \text{ -----93}$$

Donde;

$$QB_n(t) = \begin{cases} q & \text{for } t < t_s \\ q_s + (t + t_s) \left[\frac{q_r - q_s}{t_s - t_s} \right] & \text{for } t_s \leq t \leq t_r \\ q & \text{for } t_r < t \end{cases} \text{ -----94}$$

$$t_{p-\min} \leq t_p$$

$$t_p \in \mathbb{Z}^+$$

$$q(t) = q(t' x t_p) \text{ -----95}$$

4.2.6 Ecuación para el volumen modelado con master-depletion-curve method:

En este ítem se presenta el cálculo de los hidrogramas para diferentes períodos de retorno considerando el método de separación de flujo base con el master-depletion-curve method. Para la solución de este ejercicio se realizaron las siguientes simplificaciones a la ecuación inicial:

$$VM_n = \sum_{t=0}^T QB_n(t) \Delta t + \sum_{t=0}^T q(t) \Delta t + \sum_{t=0}^T QB_n(t) q(t) \Delta t \text{ -----96}$$

Pero,

$$QBn(t) = qoe^{-kt} \text{-----}97$$

Donde;

qo : Caudal base al inicio de la tormenta

k : Coeficiente de ajuste de la curva.

t : Tiempo de la tormenta

Luego,

$$\sum_{t=0}^T QBn(t)\Delta t = \sum_{t=0}^T (qoe^{-kt} + pn)\Delta t = QPn \int_{t=0}^{t=T} (qoe^{-kt} + pn)dt = \left| \frac{qo}{k} [1 - e^{-kT}] + pnT \right| = \frac{qo}{k} [1 - e^{-kT}] + pnT \text{-----}98$$

Finalmente,

$$VMn = \frac{qo}{k} [1 - e^{-kT}] + pnT + QPn \int_{t=0}^{t=T} q(t)dt - \int_{t=0}^{t=T} QBn(t)q(t)dt \text{-----}99$$

Donde:

T : Duración de las crecientes.

A continuación se presenta el método planteado para la estimación de los hidrogramas de crecientes:

Objetivo

Minimizar el error medio cuadrático de los volúmenes modelados con respecto a los registrados de los hidrogramas de crecientes, considerando el flujo base con el master-depletion-curve method.

Conjuntos

$n \in N$: Número de crecientes asociada a un período de retorno.

$t \in T$: Intervalo de tiempo de la duración de la creciente.

Parámetros

QPn : Vector del caudal máximo asociado a un período de retorno.

VRn : Vector de volumen máximo de creciente asociado a un período de retorno.

Bn : Vector de flujo base inicial asociado a un período de retorno.

Δt : Escalar del tamaño del intervalo seleccionado.

$q(t)$: Hidrograma adimensional en caudal y tiempo promedio de las crecientes registradas.

$t_{p-\min}$: Tiempo al pico mínimo registrado de las crecientes.

m_{\min} : Pendiente de flujo base mínima registrada.

m_{\max} : Pendiente de flujo base máxima registrada.

Variables

FO: Función Objetivo.

EMC: Error medio cuadrático.

VRn: Volumen simulado de la creciente.

t_p : Tiempo al pico de los hidrogramas asociados a un período de retorno.

q_0 : Caudal base al inicio de la tormenta

k : Coeficiente de ajuste de la curva.

t : Tiempo de la tormenta

$q(t)$: Hidrograma adimensional en caudal.

QBn: Función del flujo base.

Planteamiento del problema

FO: minimizar (EMC)

Sujeto a:

$$(ECM) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (VMn - VRn)^2} \text{ -----100}$$

$$VMn = \frac{q_0}{k} [1 - e^{-kT}] + pnT + QPn \int_{t=0}^{t=T} q(t)dt - \int_{t=0}^{t=T} QBn(t)q(t)dt \text{ -----101}$$

Donde;

$$QBn(t) = q_0 e^{-kt} \text{ -----102}$$

$$t_{p-\min} \leq t_p$$

$$t_p \in Z^+$$

$$q(t) = q(t'xtp) \text{ -----103}$$

4.2.7 Ecuación para el volumen modelado con método isotópico:

Durante las últimas décadas se ha empezado a utilizar métodos químicos basados en la aplicación de la ecuación de conservación de masa a trazadores como cloruros o isótopos estables del agua sobre el volumen de control de la corriente, en este caso se tiene en cuenta

las variaciones en la composición química del agua a lo largo de las corrientes relacionadas con el acuífero en contacto. El flujo base representa el flujo subterráneo en contacto con la corriente. A diferencia de los métodos anteriores este no es un modelo matemático ni gráfico, este método depende en gran medida de las características propias de cada fuente, para lo anterior se define la ecuación que se utilizara teniendo en cuenta los componentes de caudal base, caudal de escorrentía y caudal total.

$$Q_T = Q_B + Q_E \text{-----104}$$

Donde:

$$Q_T = \text{Caudal Total}$$

$$Q_B = \text{Caudal Base}$$

$$Q_E = \text{Caudal Escorrentia}$$

$$C_T Q_T = C_B Q_B + C_E Q_E \text{-----105}$$

Donde:

$$C_T = \text{Concentracion Caudal Total}$$

$$C_B = \text{Concentracion Caudal Base}$$

$$C_E = \text{Concentracion Caudal Escorrentia}$$

De la ecuación 104 tenemos:

$$Q_E = \frac{C_T Q_T - C_B Q_B}{C_E} \text{-----106}$$

Ahora, reemplazamos la ecuación 105 en la 106 y tenemos:

$$Q_T = Q_B + \frac{C_T Q_T}{C_E} - \frac{C_B Q_B}{C_E} \text{-----107}$$

$$Q_T - \frac{C_T}{C_E} Q_T = Q_B - \frac{C_B}{C_E} Q_B \text{-----108}$$

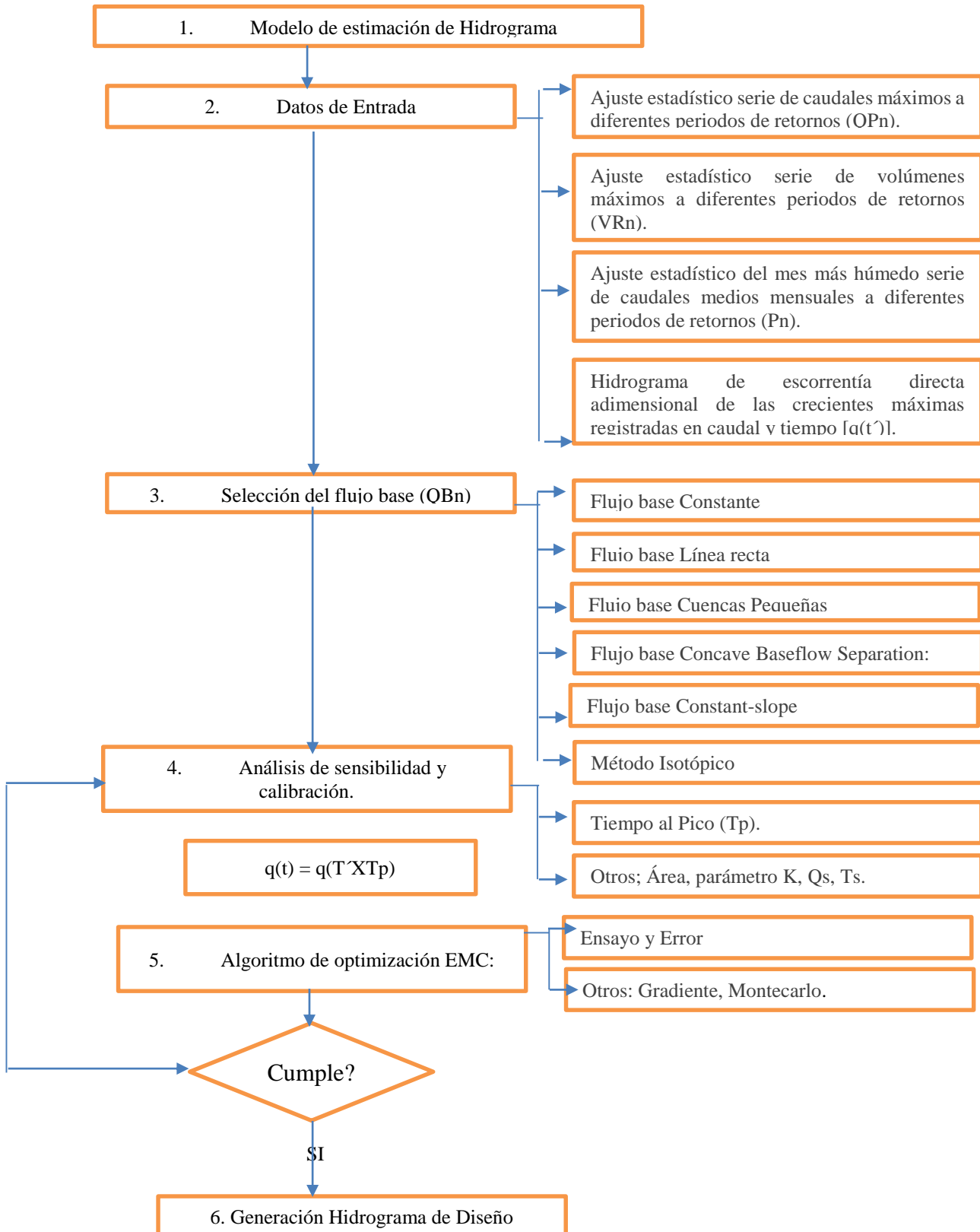
$$Q_T \left(1 - \frac{C_T}{C_E}\right) = Q_B \left(1 - \frac{C_B}{C_E}\right) \text{-----109}$$

$$Q_T \left(\frac{C_E - C_T}{C_E}\right) = Q_B \left(\frac{C_E - C_B}{C_E}\right) \text{-----110}$$

$$Q_B = \left(\frac{C_E - C_T}{C_E - C_B} \right) \text{-----111}$$

A partir de esta ecuación calculamos el caudal base del afluente, pero debemos recordar para poder realizar el hidrograma necesitamos obtener los siguientes datos de campos; Concentración del Caudal de escorrentía (C_E), Concentración del Caudal Total (C_T) y la Concentración del caudal Base (C_B), lo que nos indica que estos valor tienen un comportamiento constante, para lo cual este método tiene un comportamiento constante del flujo base.

4.3 Diagrama de flujo: A continuación se presenta el diagrama de flujo propuesto para la aplicación del método de estimación de hidrograma de diseño propuesto.



5.0 CASO DE ESTUDIO

La aplicación del procedimiento propuesto se realizó con los registros hidrométricos de las estaciones río Lengupá – Páez, las cual tiene un área de drenaje de 1090 km², localizada en Colombia.

Esta estación limnigráfica cuenta con un período de registro disponible de 28 años (1976 a 2003).

5.1 ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE CAUDALES MÁXIMOS, VOLÚMENES MÁXIMOS Y CAUDALES BASE.

A partir de los registros hidrométricos de la estación río Lengupá – Páez, se realizó el ajuste estadístico con diferentes la distribuciones de probabilidad Gumbel, Logpearson, Normal Weibull (método de Máxima Verosimilitud), empleando el programa Hyfran (Chaire en Hydrologie Statistique (CHS). Hyfran, 2002) para el caudal base, el caudal máximo instantáneo y el volumen total para diferentes períodos de retorno. En las siguientes tablas se presentan los resultados obtenidos. Debido a que no se obtuvieron todos los registros de las crecientes máximas anuales registradas, la serie anual de volúmenes totales se calculó a partir de los caudales medios diarios máximos en 24 horas (duración aproximada de las crecientes).

Se desarrolla el análisis de frecuencia de los datos obtenido de la estación, realizando diferentes combinaciones de probabilidad para ajustar los datos asociados a diferentes periodos de retornos, y estimar los caudales máximos, caudal base y volumen máximo.

5.1.1 Ajuste para Caudal máximo, Caudal base y Volumen máximo, empleando la distribución Gumbel:

Tabla 3 Ajuste Gumbel de caudal máximo, caudal base y volúmenes máximos

Periodo de Retorno	Caudal Máximo (m ³ /s) - Gumbel	Caudal base (m ³ /s) - Gumbel	Volumen máximo 24 hr(hm ³) - Gumbel
10000	1793.00	316.50	96
2000	1564.00	277.30	84
1000	1465.00	260.50	79

Periodo de Retorno	Caudal Máximo (m ³ /s) - Gumbel	Caudal base (m ³ /s) - Gumbel	Volumen máximo 24 hr(hm ³) - Gumbel
200	1235.00	221.20	67
100	1136.00	204.30	61
50	1036.00	187.30	56
20	903.40	164.60	49
10	800.80	147.00	44
5	693.80	128.80	38

Los datos son obtenidos, a aplicar el ajuste estadísticos descritos a los datos de la estación, que son Series de caudales máximos instantáneos, con estos datos obtenemos lo caudales máximos, Serie de caudales medios mes más húmedo, con estos datos estimamos los caudales bases y con la serie de volúmenes máximos en un día, estimamos los volúmenes máximos en 24 horas.

El cálculo del caudal base, se forja a partir de las series de caudales medios de los meses más húmedos registrados en la estación en total se consolidaron 26 datos a partir del año 1976 hasta el año 2001, los cuales se analizaron mediante el programa Hyfran.

El volumen máximo en 24 horas, se forja a partir de las series de volúmenes máximos en un día, registrados en la estación en total se consolidaron 26 datos a partir del año 1976 hasta el año 2001, los cuales se analizaron mediante el programa Hyfran.

5.1.2 Ajuste para Caudal máximo, Caudal base y Volumen máximo, con las distribuciones Gumbel, Weibull y Log-pearson, respectivamente.

Tabla 4 Ajuste Gumbel-Weibull-Log-pearson

Gumbel-Weibull-Log-pearson			
Periodo de Retorno	Caudal Máximo (m ³ /s) - Gumbel	Caudal base (m ³ /s) - Weibull	Volumen máximo 24 hr(hm ³) - Logpearson
10000	1793.00	208.00	96.20
2000	1564.00	198.00	83.20
1000	1465.00	194.00	77.80
200	1235.00	181.00	65.60
100	1136.00	174.00	60.50
50	1036.00	167.00	55.40

Gumbel-Weibull-Log-pearson			
Periodo de Retorno	Caudal Máximo (m ³ /s) - Gumbel	Caudal base (m ³ /s) - Weibull	Volumen máximo 24 hr(hm ³) - Logpearson
20	903.40	156.00	48.70
10	800.80	146.00	43.50
5	693.80	133.00	38.00

Al utilizar Weibull para ajustar el caudal base se nota una diferencia en cuanto a los resultados obtenidos con Gumbel, esto se debe a la naturaleza del método estadístico ya que este tipo de distribución depende de un parámetro de forma y un parámetro de escala el cual está asociada con el conjunto de datos por tal motivo existe diferencias con el ajuste por Gumbel, ya que este método es más eficiente para el cálculo de los caudales máximos anuales, pero conduce a errores cuando los caudales máximos provienen evidentemente de dos poblaciones. Al utilizar Log-pearson para el cálculo de los volúmenes máximos diarios, se observa que los resultados son muy similares a los obtenidos por el método de Gumbel, el método de log-pearson III, considera una función de distribución la cual propone calcular los parámetros estadísticos correspondientes a partir de los logaritmos decimales de los caudales máximos registrados.

5.1.3 Ajuste para Caudal máximo, Caudal base y Volumen máximo, con (Weibull-Weibull-Normal):

Tabla 5 Ajuste Weibull-Weibull-Normal

Weibull-Weibull-Normal			
Periodo de Retorno	Caudal Máximo (m ³ /s) - Weibull	Caudal base (m ³ /s) - Weibull	Volumen máximo 24 hr(hm ³) - Normal
10000	1220.00	208.00	66.10
2000	1160.00	198.00	62.10
1000	1120.00	194.00	60.20
200	1040.00	181.00	55.30
100	995.00	174.00	53.00
50	947.00	167.00	50.40
20	874.00	156.00	46.60
10	808.00	146.00	43.10
5	726.00	133.00	39.00

En esta tabla se observa una diferencia entre las estimaciones de los volúmenes máximos en 24 horas, al utilizar el método de ajuste de distribución Normal, este método es muy poco utilizado, debido que este tipo de distribución surge del teorema del límite central, el cual establece que si una secuencia de variables aleatorias, son independientes y están idénticamente distribuidas con media y varianza, entonces la distribución de la suma de n de estas variables aleatorias es la sumatoria de las n variables por la secuencia de las variable, la cual tiende a una distribución normal. Con relación a las precipitaciones y a los caudales máximos este tipo de efecto simétrico no se aplica necesariamente, y por tal motivo puedan que existan diferencias entre las distribuciones de Gumbel y la de Log-Pearson.

5.2.4 Ajuste para Caudal máximo, Caudal base y Volumen máximo, con (Log-pearson-Gev-Log-pearson):

Tabla 6 Ajuste Log-pearson-Gev-Log-pearson

Log-pearson-Gev-Log-pearson			
Periodo de Retorno	Caudal Máximo (m ³ /s) - Logpearson	Caudal base (m3/s) -Gev	Volumen máximo 24 hr(hm3) - Logpearson
10000	1930.00	325.00	96.20
2000	1630.00	282.00	83.20
1000	1520.00	263.00	77.80
200	1260.00	222.00	65.60
100	1150.00	204.00	60.50
50	1040.00	187.00	55.40
20	906.00	164.00	48.70
10	802.00	146.00	43.50
5	694.00	128.00	38.00

Se observa que el ajuste de los datos de caudal base con la distribución Gev, los datos tiende a ser muy similares, a los resultados obtenidos con la distribución Gumbel y Log-Pearson.

5.2.5 Ajuste para Caudal máximo, Caudal base y Volumen máximo, con (Gumbel-Gev-Log-pearson):

Tabla 7 Ajuste Gumbel-Gev-Log-pearson

Gumbel-Gev-Log-pearson			
Periodo de Retorno	Caudal Máximo (m³/s) - Gumbel	Caudal base (m³/s) -Gev	Volumen máximo 24 hr(hm3) - Logpearson
10000	1793.00	325.00	96.20
2000	1564.00	282.00	83.20
1000	1465.00	263.00	77.80
200	1235.00	222.00	65.60
100	1136.00	204.00	60.50
50	1036.00	187.00	55.40
20	903.40	164.00	48.70
10	800.80	146.00	43.50
5	693.80	128.00	38.00

Se observa la diferencia de los valores obtenidos al utilizar este tipo de distribuciones para el ajuste de los datos.

5.2.6 Ajuste para Caudal máximo, Caudal base y Volumen máximo, con (Log-pearson-Log-pearson-Log-pearson):

Tabla 8 Ajuste Log-pearson- Log-pearson-Log-pearson

Log-pearson- Log-pearson-Log-pearson			
Periodo de Retorno	Caudal Máximo (m³/s) -Log-pearson	Caudal base (m³/s) -Log-pearson	Volumen máximo 24 hr(hm3) - Log-pearson
10000	1930.00	305.00	96.20
2000	1630.00	267.00	83.20
1000	1520.00	251.00	77.80
200	1260.00	214.00	65.60
100	1150.00	198.00	60.50
50	1040.00	183.00	55.40
20	906.00	162.00	48.70
10	802.00	146.00	43.50
5	694.00	129.00	38.00

5.2.7 Ajuste para Caudal máximo, Caudal base y Volumen máximo, con (Gumbel-Weibull-Normal):

Tabla 9 Ajuste Gumbel-Weibull-Normal

Gumbel-Weibull-Normal			
Periodo de Retorno	Caudal Máximo (m³/s) - Gumbel	Caudal base (m³/s) -Weibull	Volumen máximo 24 hr(hm³) - Normal
10000	1793.00	208.00	66.10
2000	1564.00	198.00	62.10
1000	1465.00	194.00	60.20
200	1235.00	181.00	55.30
100	1136.00	174.00	53.00
50	1036.00	167.00	50.40
20	903.40	156.00	46.60
10	800.80	146.00	43.10
5	693.80	133.00	39.00

5.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS CRECIENTES UTILIZANDO LOS METODOS DE SEPARACION DE FLUJO BASE.

5.2.1 Características de los parámetros de las crecientes utilizada en cada una de los métodos utilizados:

En la siguiente tabla, se obtienen los parámetros físicos de cada creciente utilizada por cada uno de los métodos, estas características son los valores de entrada del algoritmo de cada método.

Tabla 10 Características físicas de los métodos

Métodos	Creciente julio de 1996	Creciente julio de 1997	Creciente mayo de 1998	
Lineal	4	9	5	T(p)
	2.59	-0.60	1.47	m
	896.0	818.8	1012.0	Caudal Max. (m ³ /s)
	16	35	31	Duración (hr).
	30.73	44.26	37.26	Volumen (Hm)

Constante	4	9	5	T(p)
	273.35	152.30	123.36	Caudal base. (m ³ /s)
	896.0	818.8	1012.0	Caudal Max. (m ³ /s)
	16	35	31	Duración (hr).
	30.73	44.26	37.26	Volumen (Hm)

Cuencas pequeñas	4	9	5	T(p)
	0.0005500	0.0005500	0.0005500	Incremento del flujo base l/s*hect
	896.0	818.8	1012.0	Caudal Max. (m ³ /s)
	16	35	31	Duración (hr).
	30.73	44.26	37.26	Volumen (Hm)

Concave base slope	4	9	5	T(p)
	896.00	818.80	1012.00	Caudal Max. (m ³ /s)
	16.00	35.00	31.00	Duración (hr).
	30.73	44.26	37.26	Volumen (Hm)
	323.50	184.74	152.30	q _s (m ³ /s)
	1.00	1.00	1.00	t _s (hr)

	273.40	172.15	278.65	q_0 (m ³ /s)
	0.00	19.00	14.00	t_0 (hr)
	173.20	173.20	173.20	q_m (m ³ /s)
	378.50	378.50	378.50	q_r (m ³ /s)
	12.00	12.00	12.00	t_r (hr)

Constant Slope	4	9	5	T(p)
	896.00	818.80	1012.00	Caudal Max. (m ³ /s)
	16.00	35.00	31.00	Duracion (hr).
	30.73	44.26	37.26	Volumen (Hm)
	323.50	184.74	152.30	q_s (m ³ /s)
	1.00	1.00	1.00	t_s (hr)
	378.50	378.50	378.50	q_r (m ³ /s)
	12.00	12.00	12.00	t_r (hr)

Master Depletion	4	9	5	T(p)
	896.00	818.80	1012.00	Caudal max. (m ³ /s)
	16.00	35.00	31.00	Duracion (hr).
	30.73	44.26	37.26	Volumen (Hm)
	273.35	172.15	123.36	q_0 (m ³ /s)
	0.004070	0.004070	0.004070	K

5.2.2 Aplicación de los métodos de separación de flujo base a la creciente de julio de 1996:

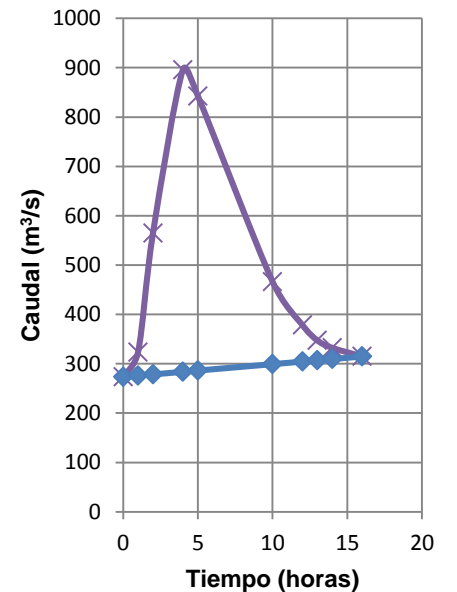
En las siguientes graficas se muestran, los datos obtenidos en campos que son las columnas; -Fecha de la creciente, Nivel (cms), Hora de las lecturas, Delta de tiempo (h) de los incrementos y/o cambios de niveles, Caudal Total (m³/s).

Las columnas sombreadas son los resultados de la aplicación del método, por ejemplo en la tabla siguiente se aplica el método de separación de línea recta con valor inicial de 273.4 m³/s.

Después separamos el caudal en, caudal base y caudal de escorrentía, el caudal de escorrentía se calcula como la resta entre caudal total menos el caudal base. De los registros se obtiene el t_p (h), con este valor calculamos la función t/t_p , es la división entre cada ordena de tiempo entre el tiempo al pico t_p (h), de igual forma calculamos Q/Q_{max} .

Tabla 11 Separación de flujo base método línea recta creciente julio de 1996

Fecha	Nivel (cm)	Hora	Delta tiempo (h)	Tiempo (h)	Caudal (m ³ /s)	Metodo Linea Recta		t/tp	Q/Q _E max
					Total	Base	Escorrentía		
						Base	Escorrentía		
21/07/1996	233	11	0	0	273.4	273.4	0.0	0.00	0.00
	251	12	1	1	323.5	275.9	47.6	0.25	0.08
	321	13	1	2	564.9	278.5	286.3	0.50	0.43
	399	15	2	4	896.0	283.7	612.3	1.00	1.00
	383	16	1	5	842.8	286.3	556.5	1.25	0.91
	295	21	5	10	466.5	299.3	167.2	2.50	0.27
	269	23	2	12	378.5	304.5	74.0	3.00	0.12
	259	24	1	13	347.4	307.1	40.3	3.25	0.07
22/07/1996	254	1	1	14	332.4	309.7	22.7	3.50	0.04
	248	3	2	16	314.9	314.9	0.0	4.00	0.00



De la tabla se observan los valores del caudal base, Caudal de escorrentía, además de la forma del hidrograma conformado por los caudales base y los caudales de escorrentía, al integrar el área bajo esta curva se calculan los volúmenes de agua. De esta forma se construyen todos los hidrogramas los cuales se muestran en las figuras siguientes.

Tabla 12 Separación de flujo base método constante creciente julio de 1996

Delta tiempo (h)	Tiempo (h)	Caudal (m ³ /s)	Metodo Constante		t/tp	Q/Q _E max
		Total	Base	Escorrentía		
			Base	Escorrentía		
0	0	273.4	273.4	0.0	0.00	0.00
1	1	323.5	273.4	50.2	0.25	0.08
1	2	564.9	273.4	291.5	0.50	0.47
2	4	896.0	273.4	622.6	1.00	1.00
1	5	842.8	273.4	569.5	1.25	0.91
5	10	466.5	273.4	193.1	2.50	0.31
2	12	378.5	273.4	105.1	3.00	0.17
1	13	347.4	273.4	74.0	3.25	0.12
1	14	332.4	273.4	59.0	3.50	0.09
2	16	314.9	273.4	41.5	4.00	0.07

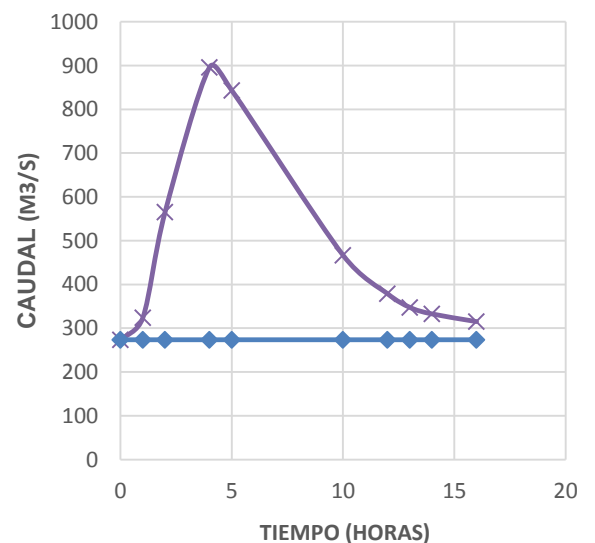


Tabla 13 Separación de flujo base método cuencas pequeñas creciente julio de 1996

Hora	Delta tiempo (h)	Tiempo (h)	Caudal (m ³ /s)	Metodo Cuencas pequeñas		t/tp	Q/Q _E max
				Total	Base		
			11	0	0	273.4	
12	1	1	323.5	275.3	48.2	0.25	0.08
13	1	2	564.9	277.3	287.6	0.50	0.47
15	2	4	896.0	281.3	614.7	1.00	1.00
16	1	5	842.8	283.3	559.6	1.25	0.91
21	5	10	466.5	293.2	173.3	2.50	0.28
23	2	12	378.5	297.1	81.4	3.00	0.13
24	1	13	347.4	299.1	48.3	3.25	0.08
1	1	14	332.4	301.1	31.3	3.50	0.05
3	2	16	314.9	305.0	9.8	4.00	0.02

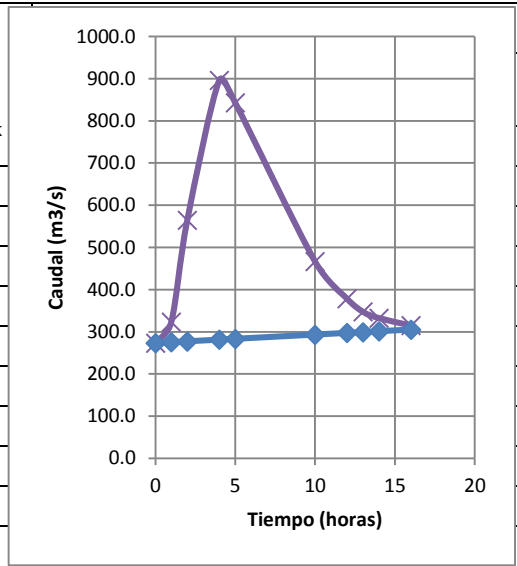


Tabla 14 Separación de flujo base método Concave Baseflow creciente julio de 1996

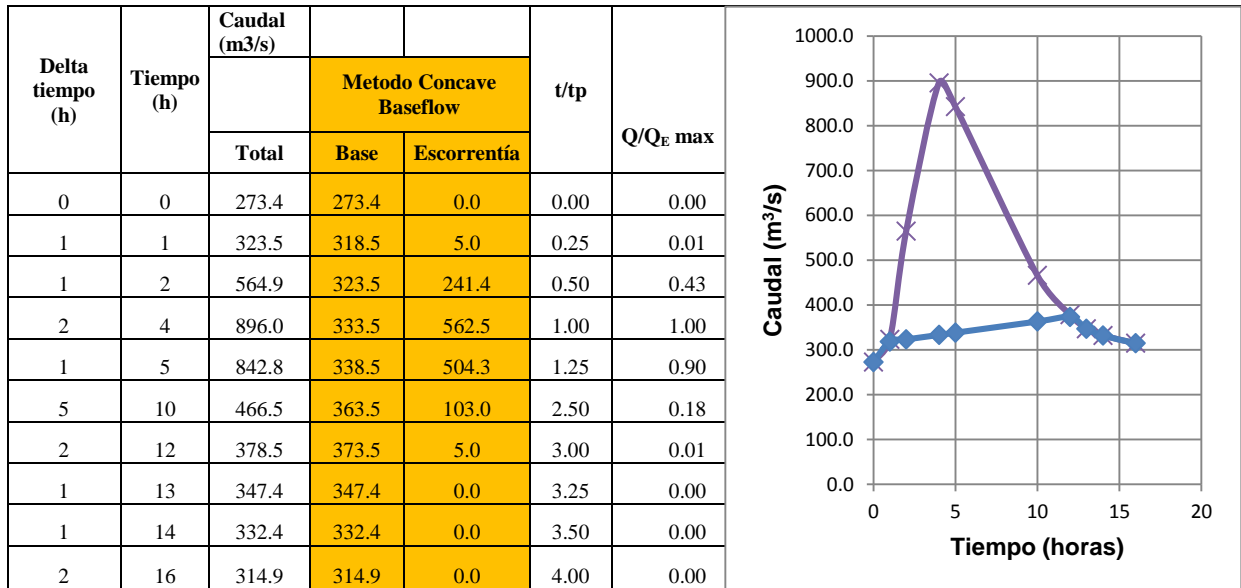


Tabla 15 Separación de flujo base método Constant slope creciente julio de 1996

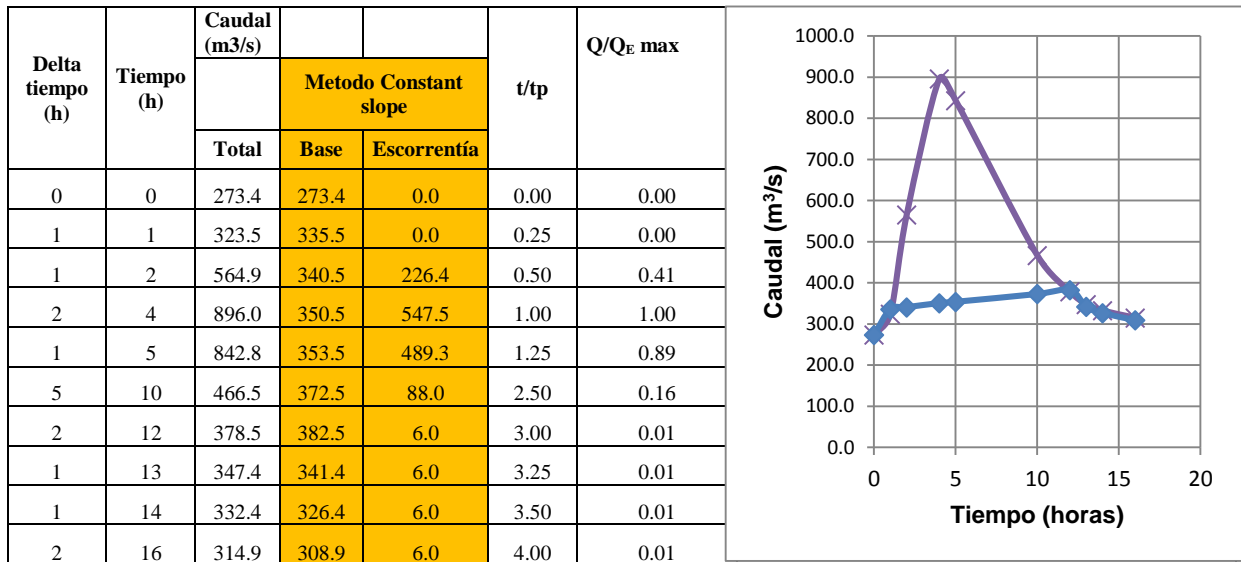
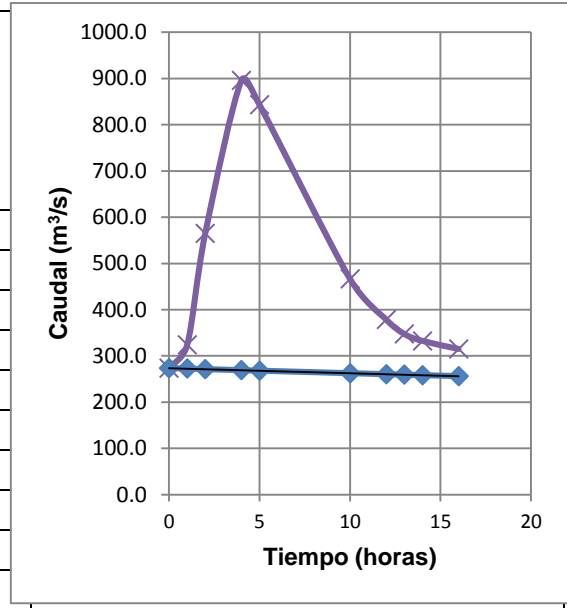


Tabla 16 Separación de flujo base método Master depletion creciente julio de 1996

Delta tiempo (h)	Tiempo (h)	Q (m ³ /s)	Metodo Master depletion		t/tp	Q/Q _E max
			Total	Base		
		0	0	273.4	273.4	0.0
1	1	323.5	272.2	51.3	0.25	0.08
1	2	564.9	271.1	293.8	0.50	0.47
2	4	896.0	268.9	627.1	1.00	1.00
1	5	842.8	267.8	575.0	1.25	0.92
5	10	466.5	262.3	204.1	2.50	0.33
2	12	378.5	260.2	118.3	3.00	0.19
1	13	347.4	259.1	88.2	3.25	0.14
1	14	332.4	258.1	74.3	3.50	0.12
2	16	314.9	256.0	58.9	4.00	0.09



De los métodos utilizados notamos las diferencias existentes en la forma del hidrograma de flujo base.

5.2.3 Aplicación de los métodos de separación de flujo base a la creciete de julio de 1997:

Realizamos el mismo procedimiento para calcular los caudales Base con los diferentes métodos de separación, resaltado la forma del hidrograma y del caudal base.

Tabla 17 Separación de flujo base método línea recta creciente julio de 1997

Fecha	Nivel (cm)	Hora	Delta tiempo (h)	Tiempo (h)	Caudal (m ³ /s)			t/tp	Q/Q _E max
					Total	Metodo Linea Recta			
						Base	Escorrentía		
12/07/1997	190	3		0.0	172.1	172.1	0.0	0.00	0.00
	196	5	2	2.0	184.7	170.9	13.8	0.22	0.02
	208	6	1	3.0	211.4	170.3	41.0	0.33	0.06
	273	8	2	5.0	391.4	169.1	222.2	0.56	0.34
	300	9	1	6.0	484.6	168.5	316.0	0.67	0.48
	380	12	3	9.0	818.8	166.7	652.1	1.00	1.00
	316	16	4	13.0	545.1	164.3	380.8	1.44	0.58
	326	17	1	14.0	585.0	163.7	421.3	1.56	0.65
	296	20	3	17.0	470.1	161.9	308.2	1.89	0.47
	254	22	2	19.0	332.4	160.7	171.6	2.11	0.26
	236	24	2	21.0	281.4	159.5	121.9	2.33	0.19
13/07/1997	224	1	1	22.0	250.0	158.9	91.1	2.44	0.14
	200	5	4	26.0	193.4	156.5	36.9	2.89	0.06
	180	12	7	33.0	152.3	152.3	0.0	3.67	0.00

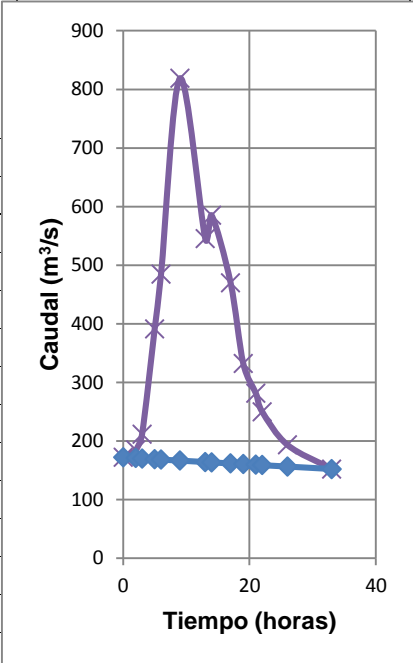


Tabla 18 Separación de flujo base método constante creciente julio de 1997

Delta tiempo (h)	Tiempo (h)	Caudal (m ³ /s)	Metodo Constante		t/tp	Q/Q _E max
			Total	Escorrentía		
	0.0	172.1	152.3	19.8	0.00	0.03
2	2.0	184.7	152.3	32.4	0.22	0.05
1	3.0	211.4	152.3	59.1	0.33	0.09
2	5.0	391.4	152.3	239.1	0.56	0.36
1	6.0	484.6	152.3	332.3	0.67	0.50
3	9.0	818.8	152.3	666.5	1.00	1.00
4	13.0	545.1	152.3	392.8	1.44	0.59
1	14.0	585.0	152.3	432.7	1.56	0.65
3	17.0	470.1	152.3	317.8	1.89	0.48
2	19.0	332.4	152.3	180.1	2.11	0.27
2	21.0	281.4	152.3	129.1	2.33	0.19
1	22.0	250.0	152.3	97.7	2.44	0.15
4	26.0	193.4	152.3	41.1	2.89	0.06
7	33.0	152.3	152.3	0.0	3.67	0.00

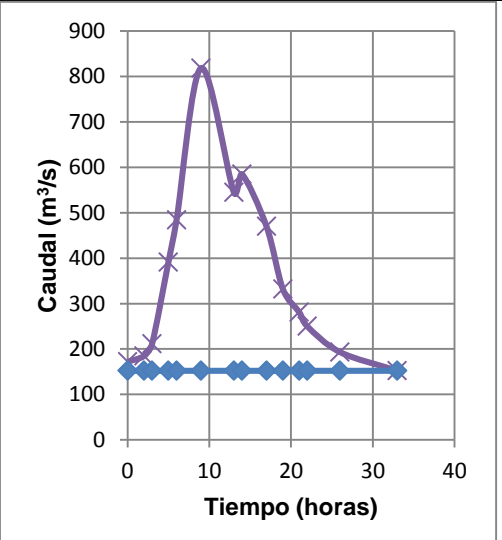


Tabla 19 Separación de flujo base método cuencas pequeñas creciente julio de 1997

Delta tiempo (h)	Tiempo (h)	Caudal (m ³ /s)	Metodo Cuencas pequeñas		t/tp	Q/Q _E max
			Total	Base		
	0.0	172.1	172.1	0.0	0.00	0.00
2	2.0	184.7	176.1	8.6	0.22	0.01
1	3.0	211.4	178.1	33.3	0.33	0.05
2	5.0	391.4	182.0	209.3	0.56	0.33
1	6.0	484.6	184.0	300.5	0.67	0.48
3	9.0	818.8	190.0	628.8	1.00	1.00
4	13.0	545.1	197.9	347.3	1.44	0.55
1	14.0	585.0	199.9	385.1	1.56	0.61
3	17.0	470.1	205.8	264.3	1.89	0.42
2	19.0	332.4	209.8	122.6	2.11	0.19
2	21.0	281.4	213.7	67.6	2.33	0.11
1	22.0	250.0	215.7	34.3	2.44	0.05
4	26.0	193.4	193.4	0.0	2.89	0.00
7	33.0	152.3	0.0	152.3	3.67	0.24

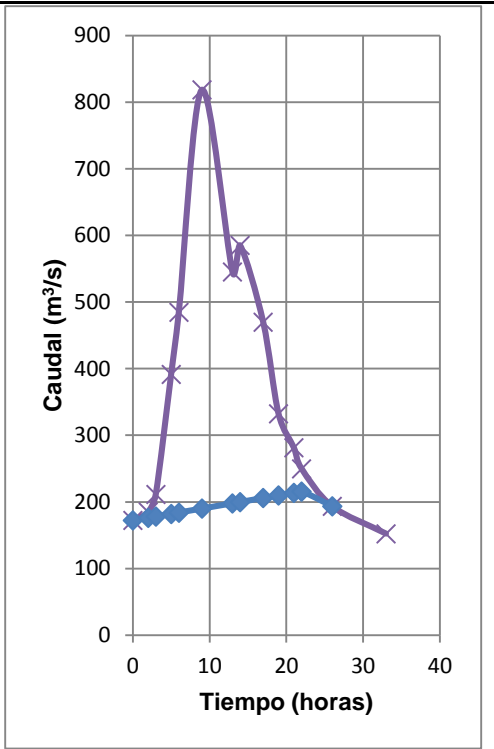


Tabla 20 Separación de flujo base método Concave Baseflow creciente julio de 1997

Delta tiempo (h)	Tiempo (h)	Caudal (m ³ /s)	Metodo Concave Baseflow		t/tp	Q/Q _E max
			Total	Base		
	0.0	172.1	172.1	0.0	0.00	0.00
2	2.0	184.7	184.7	0.0	0.22	0.00
1	3.0	211.4	211.4	0.0	0.33	0.00
2	5.0	391.4	218.9	172.4	0.56	0.30
1	6.0	484.6	227.1	257.4	0.67	0.45
3	9.0	818.8	251.8	567.0	1.00	1.00
4	13.0	545.1	284.6	260.6	1.44	0.46
1	14.0	585.0	292.8	292.3	1.56	0.52
3	17.0	470.1	317.4	152.7	1.89	0.27
2	19.0	332.4	332.4	0.0	2.11	0.00
2	21.0	281.4	281.4	0.0	2.33	0.00
1	22.0	250.0	250.0	0.0	2.44	0.00
4	26.0	193.4	193.4	0.0	2.89	0.00
7	33.0	152.3	152.3	0.0	3.67	0.00

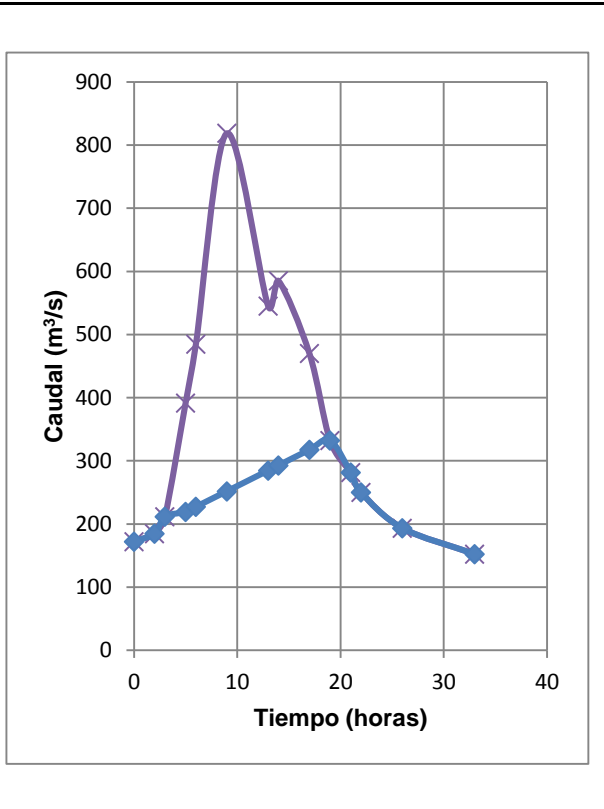


Tabla 21 Separación de flujo base método Constant slope creciente julio de 1997

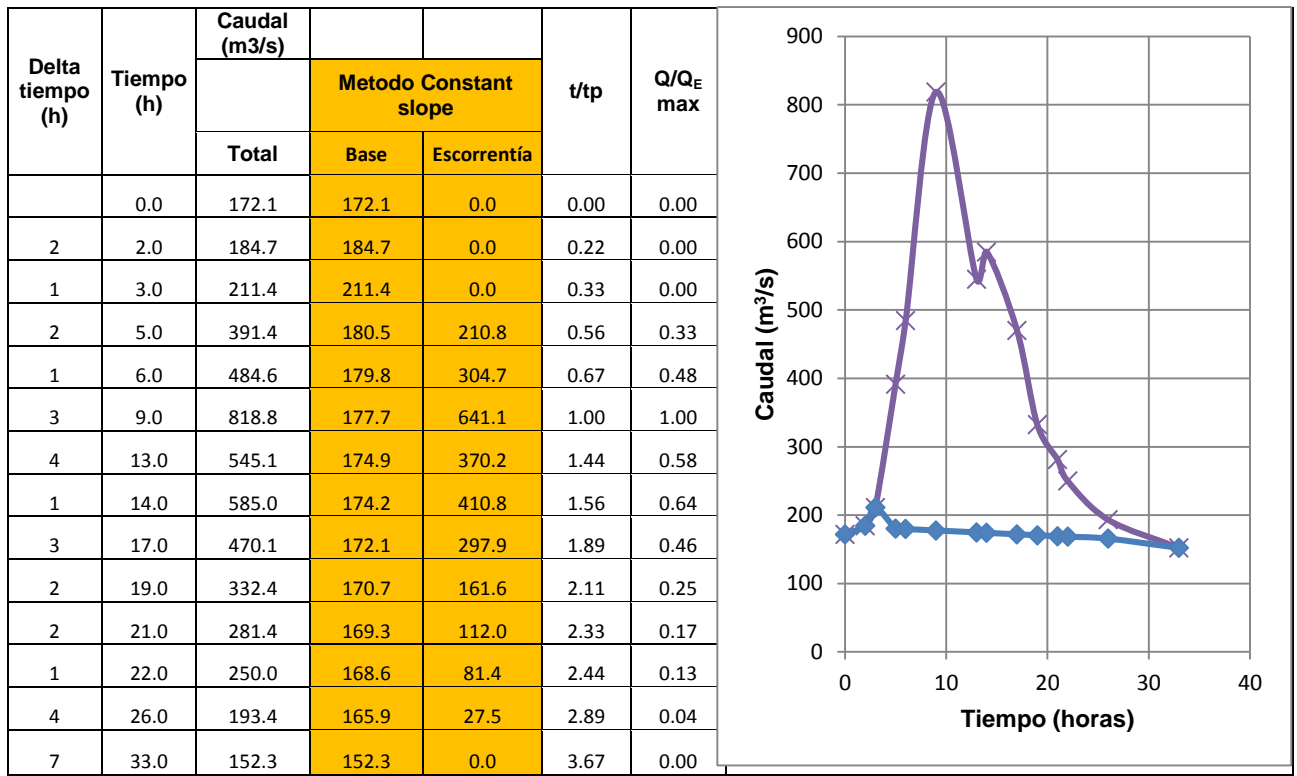
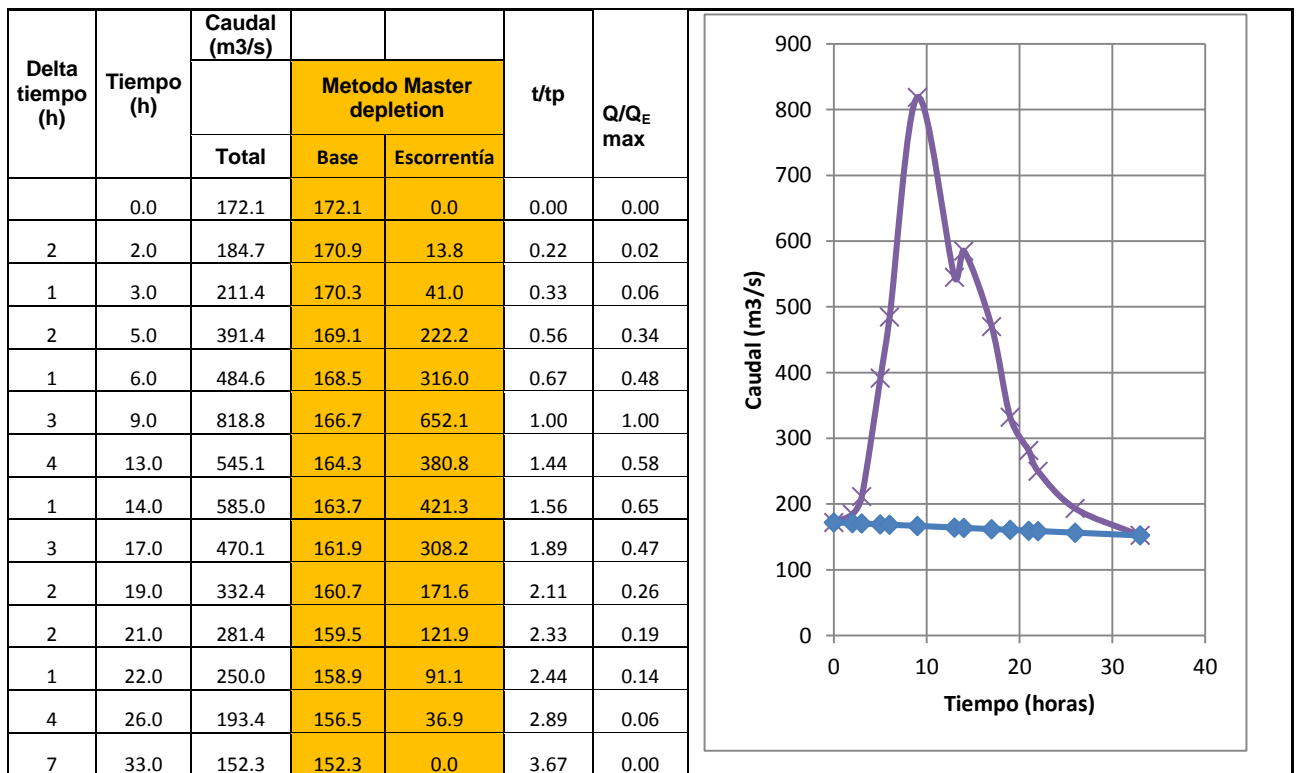


Tabla 22 Separación de flujo base método Master depletion creciente julio de 1997



5.2.4 Aplicación de los métodos de separación de flujo base a la creciente de mayo de 1998:

Se realizó el mismo procedimiento para generar los hidrogramas por cada uno de los métodos utilizando la creciente de mayo de 1998.

Tabla 23 Separación de flujo base método línea recta creciente mayo de 1998

Fecha	Nivel (cm)	Hora	Delta tiempo (h)	Tiempo (h)	Caudal (m3/s)			t/tp	Q/Q _E max
					Total	Metodo Linea Recta			
						Base	Escorrentía		
28/05/1998	164	19		0	123.4	123.4	0.0	0.00	0.00
	180	20	1	1	152.3	124.8	27.5	0.20	0.03
	219	21	1	2	237.5	126.3	111.2	0.40	0.13
	296	22	1	3	470.1	127.8	342.3	0.60	0.39
	424	24	2	5	1012.0	130.7	881.3	1.00	1.00
29/05/1998	413	1	1	6	999.8	132.2	867.6	1.20	0.98
	345	3	2	8	665.1	135.2	529.9	1.60	0.60
	287	5	2	10	438.3	138.1	300.2	2.00	0.34
	257	6	1	11	341.3	139.6	201.8	2.20	0.23
	235	9	3	14	278.7	144.0	134.7	2.80	0.15
	217	12	3	17	232.7	148.4	84.3	3.40	0.10
	219	17	5	22	237.5	155.8	81.8	4.40	0.09
	197	18	1	23	186.9	157.3	29.6	4.60	0.03
	187	24	6	29	166.1	166.1	0.0	5.80	0.00

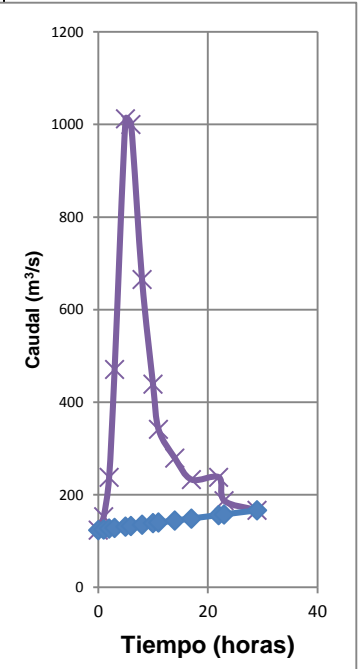


Tabla 24 Separación de flujo base método constante creciente mayo de 1998

Delta tiempo (h)	Tiempo (h)	Caudal (m3/s)	Metodo Constante		t/tp	Q/Q _E max
			Total	Escorrentía		
	0	123.4	123.4	0.0	0.00	0.00
1	1	152.3	123.4	28.9	0.20	0.03
1	2	237.5	123.4	114.2	0.40	0.13
1	3	470.1	123.4	346.7	0.60	0.39
2	5	1012.0	123.4	888.6	1.00	1.00
1	6	999.8	123.4	876.5	1.20	0.99
2	8	665.1	123.4	541.7	1.60	0.61
2	10	438.3	123.4	315.0	2.00	0.35
1	11	341.3	123.4	218.0	2.20	0.25
3	14	278.7	123.4	155.3	2.80	0.17
3	17	232.7	123.4	109.3	3.40	0.12
5	22	237.5	123.4	114.2	4.40	0.13
1	23	186.9	123.4	63.5	4.60	0.07
6	29	166.1	123.4	42.7	5.80	0.05

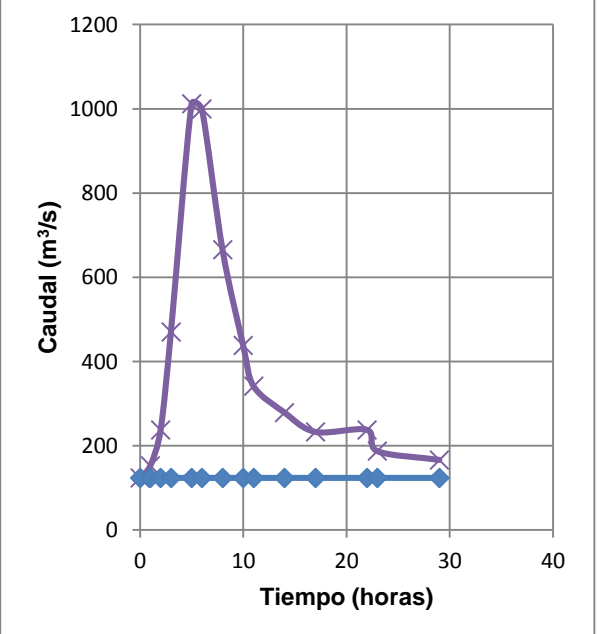


Tabla 25 Separación de flujo base método cuencas pequeñas creciente mayo de 1998

Delta tiempo (h)	Tiempo (h)	Caudal (m ³ /s)			t/tp	Q/Q _E max
			Metodo Cuencas pequeñas			
			Total	Base		
	0	123.4	123.4	0.0	0.00	0.00
1	1	152.3	125.3	27.0	0.20	0.03
1	2	237.5	127.3	110.2	0.40	0.13
1	3	470.1	129.3	340.8	0.60	0.39
2	5	1012.0	133.3	878.7	1.00	1.00
1	6	999.8	135.2	864.6	1.20	0.98
2	8	665.1	139.2	525.9	1.60	0.60
2	10	438.3	143.2	295.2	2.00	0.34
1	11	341.3	145.1	196.2	2.20	0.22
3	14	278.7	151.1	127.6	2.80	0.15
3	17	232.7	157.0	75.6	3.40	0.09
5	22	237.5	166.9	70.6	4.40	0.08
1	23	186.9	186.9	0.0	4.60	0.00
6	29	166.1	166.1	0.0	5.80	0.00

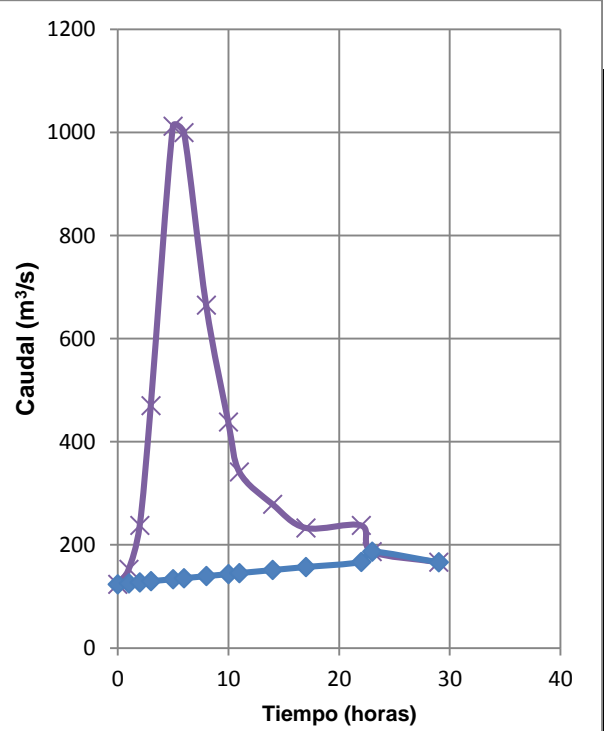


Tabla 26 Separación de flujo base método Concave Baseflow creciente mayo de 1998

Delta tiempo (h)	Tiempo (h)	Caudal (m ³ /s)			t/tp	Q/Q _E max
			Metodo Concave Baseflow			
			Total	Base		
	0	123.4	123.4	0.0	0.00	0.00
1	1	152.3	152.3	0.0	0.20	0.00
1	2	237.5	163.5	74.1	0.40	0.09
1	3	470.1	173.2	296.9	0.60	0.36
2	5	1012.0	192.6	819.4	1.00	1.00
1	6	999.8	202.3	797.5	1.20	0.97
2	8	665.1	221.8	443.3	1.60	0.54
2	10	438.3	241.2	197.1	2.00	0.24
1	11	341.3	250.9	90.4	2.20	0.11
3	14	278.7	278.7	0.0	2.80	0.00
3	17	232.7	232.7	0.0	3.40	0.00
5	22	237.5	237.5	0.0	4.40	0.00
1	23	186.9	186.9	0.0	4.60	0.00
6	29	166.1	166.1	0.0	5.80	0.00

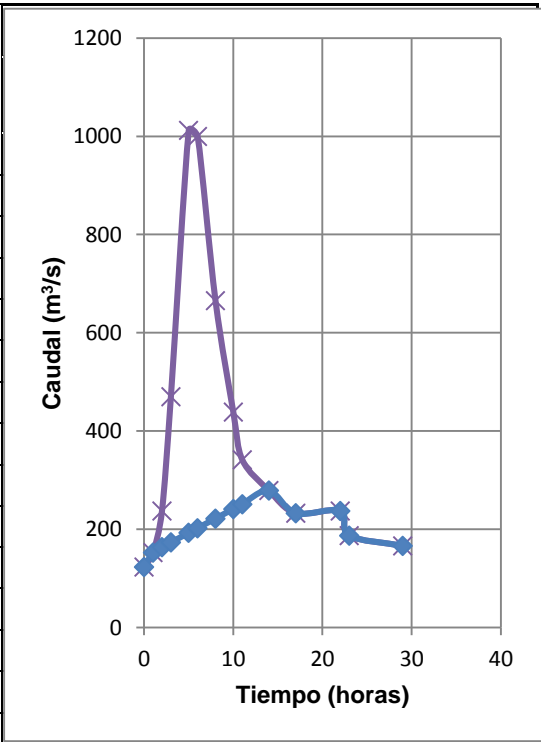


Tabla 27 Separación de flujo base método Constant slope creciente mayo de 1998

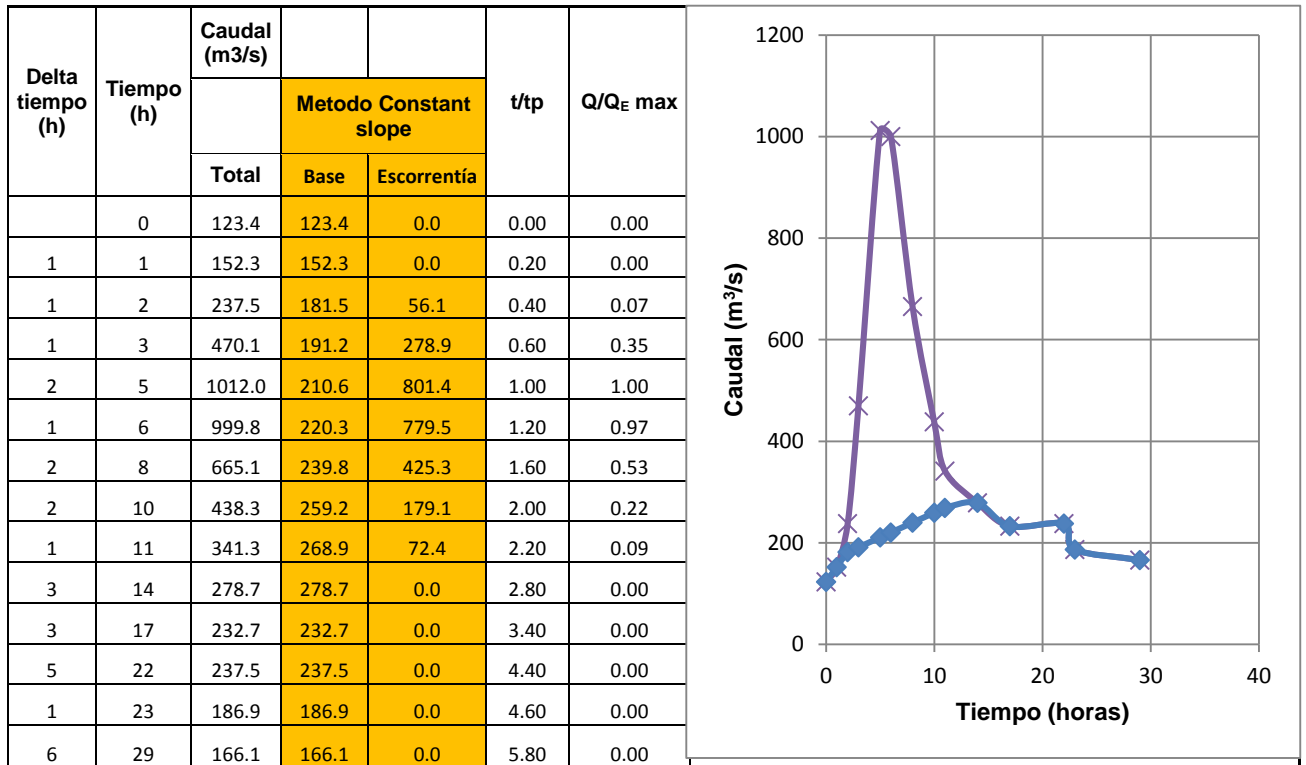
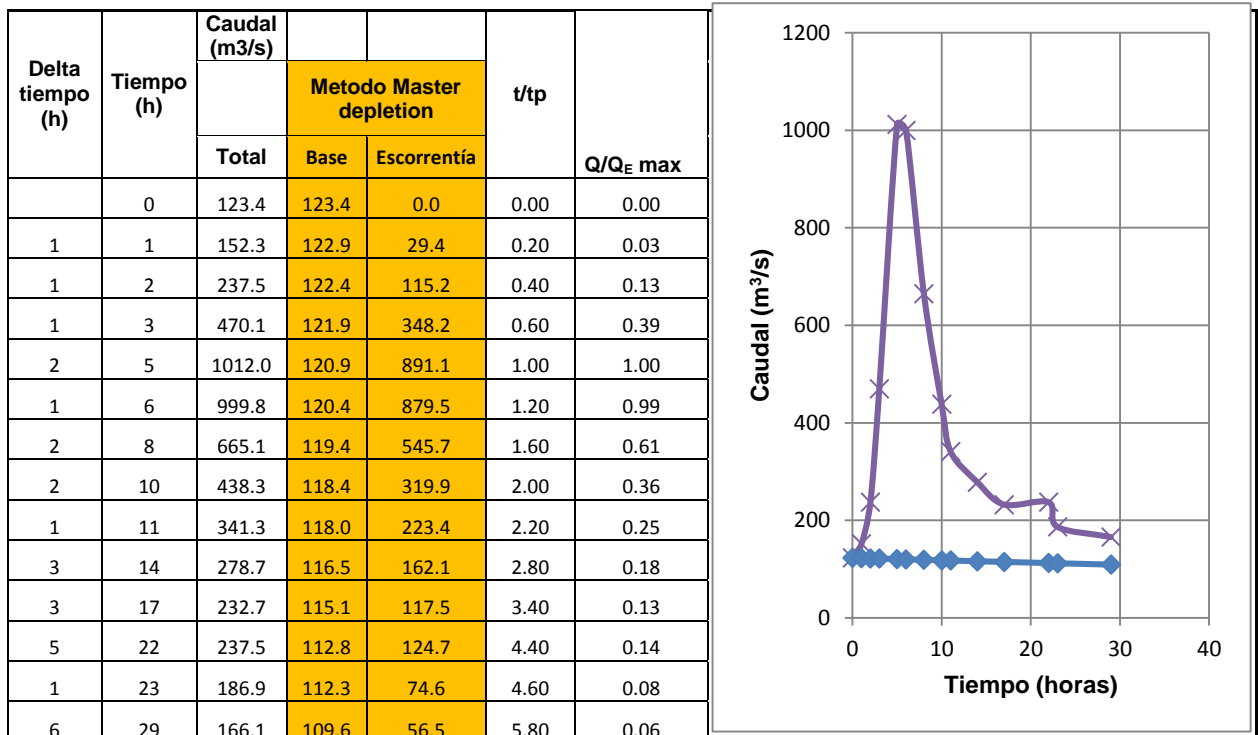


Tabla 28 Separación de flujo base método Master depletion creciente mayo de 1998



6.0 ANALISIS Y RESULTADOS

6.1 APLICACIÓN DE DIFERENTES METODOS DE FLUJO BASE CON DIFERENTES COMBINACIONES DE AJUSTES ESTADISTICOS.

Se aplicaran los métodos desarrollado en esta investigación a las crecientes de 1996, 1998 y el promedio de estas crecientes. Con relaciona los resultados obtenidos por información hidrométrica, tales como caudal máximo, mes mas húmedo y volumen máximo en un día, se le aplicara diferentes ajustes estadísticos que son ajustes por Gumbel, Logpearson, Normal, Weibul, Gev.

Los resultados más importantes de la modelación será el EMC (error medio cuadrático), donde el resultado más confiable es aquel cercano a cero (0), se utilizaran 9 periodos de retornos (5, 10, 20, 50, 100, 200, 1000, 2000 y 10000) años respectivamente. Posteriormente se generaran las crecientes asociadas a los diferentes periodos de retornos, por cada combinación de ajustes estadísticos.

6.1.1 Cálculos método flujo base línea recta:

A continuación se presenta los cálculos obtenido utilizando el método de separación de flujo base línea recta, con combinaciones diferentes de ajustes estadísticos para el caudal máximo, caudal medio mes más húmedo y volumen máximo en un día, la siguiente tabla esta los resultados de los volúmenes asociados a diferentes periodos de retornos y el EMC, entre el volumen registrado proyectado por métodos estadísticos con el volumen simulado producto de la utilización del método.

Con el objetivo de tener más información del comportamiento del método, fue oportuno realizar modelaciones con combinaciones de ajustes estadísticos, es decir el modelo tiene 3 entradas de datos para el ajuste estadístico que son: - Caudal Máximo Anual, - Caudal Medio mes más húmedo y – Volumen máximo en un día, para entender el tipo de combinación la primera es del volumen máximo, la segunda es del caudal medio mes más húmedo y la tercera

es el volumen máximo en un día. En la siguiente tabla se calcula el EMC, utilizando la combinación Gumbel – Gumbel – Gumbel, lo que significa que se aplica ajuste estadísticos para generar las crecientes, caudales base y volúmenes, a los serie de Caudales registradas, Caudal medio mes más húmedo y Volumen máximo en un día, de los años 1996 y 1998.

De las siguientes tablas obtenemos el EMC al comparar los volúmenes proyectados por métodos estadísticos y la aplicación del método Coronado – Triana, donde el objetivo es obtener el menor resultado del EMC, es decir que tienda a cero. Se subrayan los EMC con mejor resultado.

Tabla 29 Calculo del EMC método flujo base Línea recta Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel

METODO LINEAL COMBINACION GUMBEL-GUMBEL-GUMBEL				
Hidrograma Q1996 - Método lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	97.11	96.36	0.75	0.38
2000	84.72	84.17	0.55	
1000	79.37	78.91	0.46	
200	66.93	66.71	0.22	
100	61.57	61.44	0.13	
50	56.17	56.15	0.02	
20	48.99	49.09	-0.10	
10	43.44	43.64	-0.20	
5	37.65	37.95	-0.30	
Hidrograma Q1998 - Método lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	96.43	96.36	-10.62	3.54
2000	84.23	84.17	0.06	
1000	78.96	78.91	0.05	
200	66.71	66.71	0.00	
100	61.44	61.44	0.00	
50	56.12	56.15	-0.03	
20	49.05	49.09	-0.04	
10	43.58	43.64	-0.06	
5	37.89	37.95	-0.06	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	96.11	96.36	-0.25	0.13
2000	84.03	84.17	-0.14	
1000	78.81	78.91	-0.10	
200	66.68	66.71	-0.03	
100	61.46	61.44	0.02	
50	56.19	56.15	0.04	
20	49.20	49.09	0.11	
10	43.78	43.64	0.14	
5	38.14	37.95	0.19	

Tabla 30 Calculo del EMC método flujo base Línea recta Combinación Gumbel-Log-pearson-Weibull

METODO LINEAL COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Hidrograma Q1996 - Método lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	101.07	96.20	4.87	4.76
2000	88.77	83.20	5.57	
1000	83.46	77.80	5.66	
200	71.00	65.60	5.40	
100	65.59	60.50	5.09	
50	60.13	55.40	4.73	
20	52.83	48.70	4.13	
10	47.13	43.50	3.63	
5	41.10	38.00	3.10	
Hidrograma Q1998 - Método lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	89.44	96.20	-6.76	3.11
2000	78.86	83.20	-4.34	
1000	74.29	77.80	-3.51	
200	63.54	65.60	-2.06	
100	58.86	60.50	-1.64	
50	54.12	55.40	-1.28	
20	47.78	48.70	-0.92	
10	42.81	43.50	-0.69	
5	37.51	38.00	-0.49	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	94.31	96.20	-1.89	<u>0.84</u>
2000	82.87	83.20	-0.33	
1000	77.93	77.80	0.13	
200	66.33	65.60	0.73	
100	61.28	60.50	0.78	
50	56.18	55.40	0.78	
20	49.36	48.70	0.66	
10	44.02	43.50	0.52	
5	38.36	38.00	0.36	

Tabla 31 Calculo del EMC método flujo base Línea recta Combinación Weibull-Normal-Weibull

METODO LINEAL COMBINACION WEIBULL-NORMAL-WEIBULL				
Hidrograma Q1996 - Método lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	65.22	66.10	-0.88	0.52
2000	62.06	62.10	-0.04	
1000	60.03	60.20	-0.17	
200	55.82	55.30	0.52	
100	53.47	53.00	0.47	
50	50.97	50.40	0.57	
20	47.16	46.60	0.56	
10	43.71	43.10	0.61	
5	39.40	39.00	0.40	
Hidrograma Q1998 - Método lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	62.79	66.10	-3.31	1.64
2000	59.84	62.10	-2.26	
1000	58.03	60.20	-2.17	
200	54.11	55.30	-1.19	
100	51.93	53.00	-1.07	
50	49.62	50.40	-0.78	
20	46.10	46.60	-0.50	
10	42.91	43.10	-0.19	
5	38.91	39.00	-0.09	
Hidrograma Q PROMEDIO - Metodo lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	63.05	66.10	-3.05	1.58
2000	60.03	62.10	-2.07	
1000	58.13	60.20	-2.07	
200	54.11	55.30	-1.19	
100	51.87	53.00	-1.13	
50	49.49	50.40	-0.91	
20	45.86	46.60	-0.74	
10	42.58	43.10	-0.52	
5	38.48	39.00	-0.52	

Tabla 32 Calculo del EMC método flujo base Línea recta Combinación Log-Log-Gev

METODO LINEAL COMBINACION LOG-LOG-GEV				
Hidrograma Q1996 - Método lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000.00	102.65	96.20	6.45	2.88
2000.00	87.06	83.20	3.86	
1000.00	81.23	77.80	3.43	
200.00	67.60	65.60	2.00	
100.00	61.81	60.50	1.31	
50.00	56.05	55.40	0.65	
20.00	48.96	48.70	0.26	
10.00	43.46	43.50	-0.04	
5.00	37.77	38.00	-0.23	
Hidrograma Q1998 - Método lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	101.70	96.20	5.50	2.39
2000	86.36	83.20	3.16	
1000	80.60	77.80	2.80	
200	67.15	65.60	1.55	
100	61.43	60.50	0.93	
50	55.75	55.40	0.35	
20	48.74	48.70	0.04	
10	43.30	43.50	-0.20	
5	37.67	38.00	-0.33	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	101.70	96.20	5.50	2.39
2000	86.36	83.20	3.16	
1000	80.60	77.80	2.80	
200	67.15	65.60	1.55	
100	61.43	60.50	0.93	
50	55.75	55.40	0.35	
20	48.74	48.70	0.04	
10	43.30	43.50	-0.20	
5	37.67	38.00	-0.33	

Tabla 33 Calculo del EMC método flujo base Línea recta Combinación Gumbel-Log-pearson-Gev

METODO LINEAL COMBINACION GUMBEL-LOG-GEV.				
Hidrograma Q1996 - Metodo lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.57	96.20	-0.63	0.36
2000	83.42	83.20	0.22	
1000	78.15	77.80	0.35	
200	66.02	65.60	0.42	
100	60.78	60.50	0.28	
50	55.53	55.40	0.13	
20	48.56	48.70	-0.14	
10	43.16	43.50	-0.34	
5	37.55	38.00	-0.45	
Hidrograma Q1998 - Metodo lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.50	96.20	-0.70	<u>0.35</u>
2000	83.37	83.20	0.17	
1000	78.11	77.80	0.31	
200	66.02	65.60	0.42	
100	60.80	60.50	0.30	
50	55.57	55.40	0.17	
20	48.63	48.70	-0.07	
10	43.24	43.50	-0.26	
5	37.66	38.00	-0.34	
Hidrograma Q PROMEDIO - Metodo lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.40	96.20	-0.70	0.35
2000	83.47	83.20	0.17	
1000	78.11	77.80	0.31	
200	66.02	65.60	0.42	
100	60.00	60.50	0.30	
50	55.57	55.40	0.17	
20	48.80	48.70	-0.07	
10	43.24	43.50	-0.26	
5	37.42	38.00	-0.34	

Tabla 34 Calculo del EMC método flujo base Línea recta Combinación Log-pearson-Logpearson-Logpearson

METODO LINEAL COMBINACION LOG-LOG-LOG.				
Hidrograma Q1996 - Método lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	108.28	96.20	12.08	6.38
2000	91.78	83.20	8.58	
1000	85.68	77.80	7.88	
200	71.27	65.60	5.67	
100	65.16	60.50	4.66	
50	59.08	55.40	3.68	
20	51.60	48.70	2.90	
10	45.81	43.50	2.31	
5	39.78	38.00	1.78	
Hidrograma Q1998 - Método lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	98.22	96.20	2.02	<u>1.06</u>
2000	83.55	83.20	0.35	
1000	78.08	77.80	0.28	
200	65.18	65.60	-0.42	
100	59.71	60.50	-0.79	
50	54.29	55.40	-1.11	
20	47.56	48.70	-1.14	
10	42.35	43.50	-1.15	
5	36.92	38.00	-1.08	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	104.19	96.20	7.99	3.99
2000	88.54	83.20	5.34	
1000	82.71	77.80	4.91	
200	68.98	65.60	3.38	
100	63.16	60.50	2.66	
50	57.38	55.40	1.98	
20	50.22	48.70	1.52	
10	44.69	43.50	1.19	
5	38.92	38.00	0.92	

Tabla 35 Calculo del EMC método flujo base Línea recta Combinación Gumbel-Normal-Logpearson

METODO LINEAL COMBINACION GUMBEL-NORMAL-LOG				
Hidrograma Q1996 - Método lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	70.88	66.10	4.78	8.12
2000	61.88	62.10	-0.22	
1000	57.99	60.20	-2.21	
200	48.93	55.30	-6.37	
100	45.03	53.00	-7.97	
50	41.09	50.40	-9.31	
20	35.85	46.60	-10.75	
10	31.80	43.10	-11.30	
5	27.56	39.00	-11.44	
Hidrograma Q1998 - Método lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	77.11	66.10	11.01	<u>5.99</u>
2000	67.86	62.10	5.76	
1000	63.87	60.20	3.67	
200	54.48	55.30	-0.82	
100	50.39	53.00	-2.61	
50	46.27	50.40	-4.13	
20	40.74	46.60	-5.86	
10	36.41	43.10	-6.69	
5	31.81	39.00	-7.19	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método lineal				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	78.82	66.10	12.72	6.27
2000	69.36	62.10	7.26	
1000	65.28	60.20	5.08	
200	55.67	55.30	0.37	
100	51.49	53.00	-1.51	
50	47.28	50.40	-3.12	
20	41.63	46.60	-4.97	
10	37.21	43.10	-5.89	
5	32.52	39.00	-6.48	

6.1.1.1 Generación de hidrogramas método línea recta:

En las siguientes graficas se obtienen las crecientes a diferentes periodos de retorno, teniendo en cuenta las combinaciones para el ajuste estadístico, de acuerdo a lo explicado anteriormente. Estas crecientes son calculadas por el método Coronado – Triana.

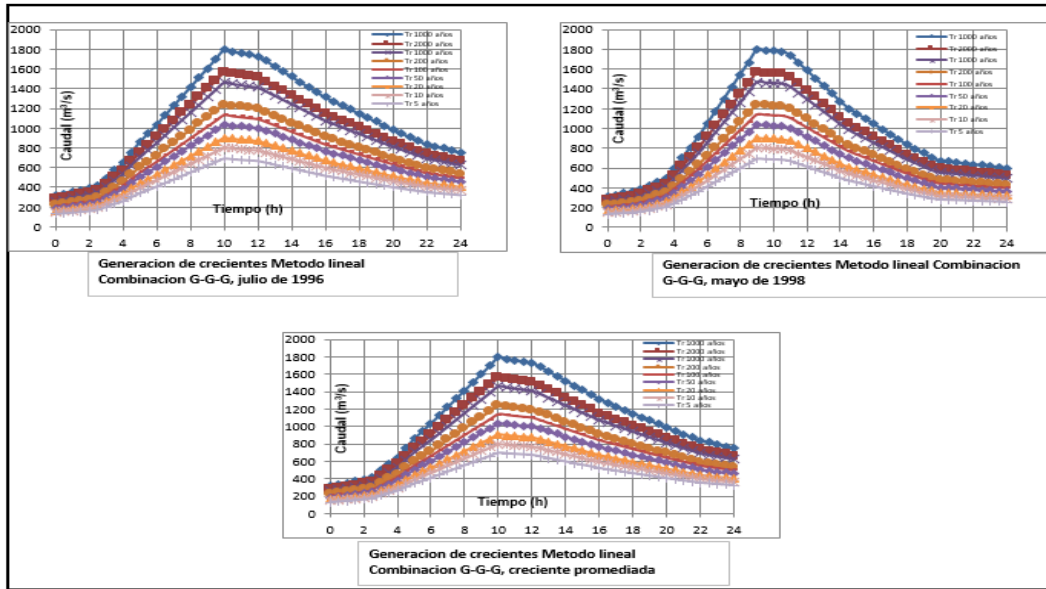


Figura 7 Generación de crecientes método lineal, combinación G-G-G

De esta grafica se aprecia que mantienen la misma forma del hidrograma con tiempo al pico de 10 horas para las crecientes de 1996 y la crecienta promedio, para la crecientes generadas a partir de la crecienta de 1998 el tiempo al pico es 9 horas.

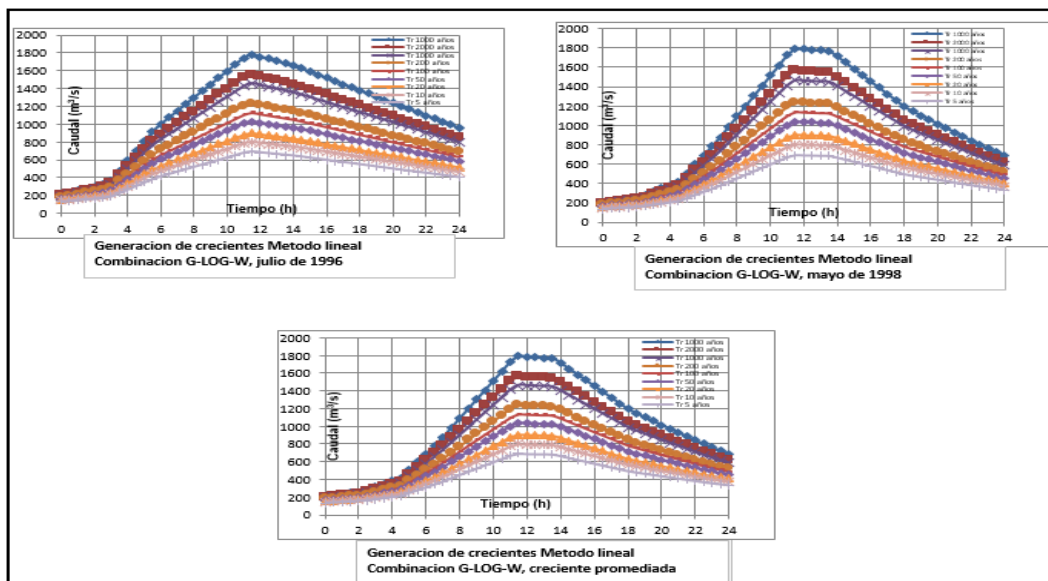


Figura 8 Generación de crecientes método lineal, combinación Gumbel-Logpearson-Weibull

De la figura 8 se obtiene que el tiempo al pico para la generación para los años 1996, 1998 y las crecientes promedio es de 11 horas.

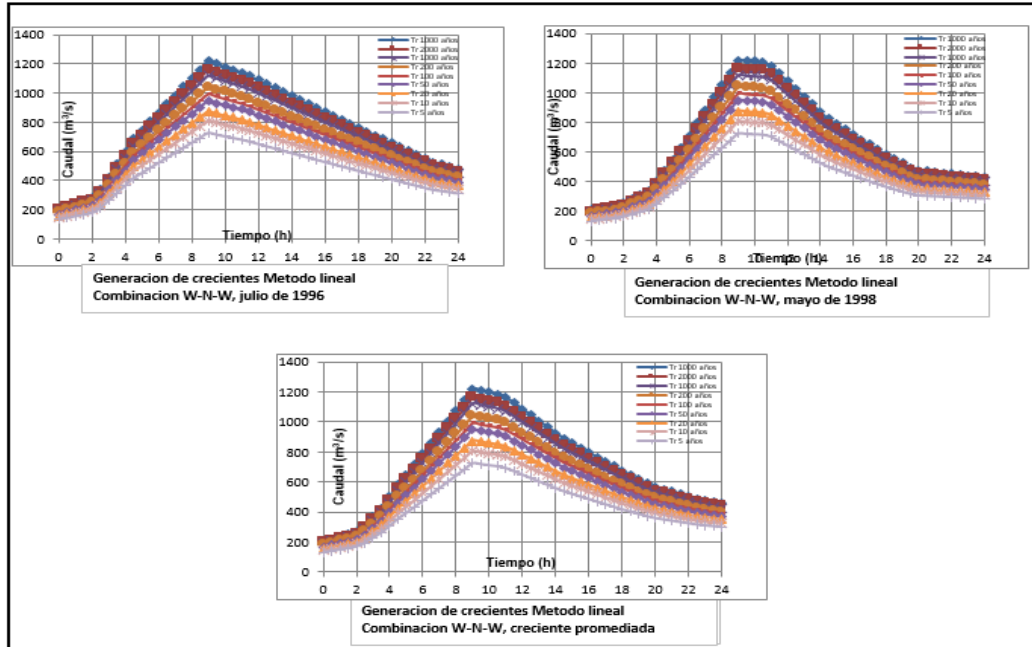


Figura 9 Generación de crecientes método lineal, combinación Weibull-Normal-Weibull

De la figura 9 se obtiene que el tiempo al pico para la generación para los años 1996, 1998 y las crecientes promedio es de 9 horas, con la combinación Weibull-Normal-Weibull.

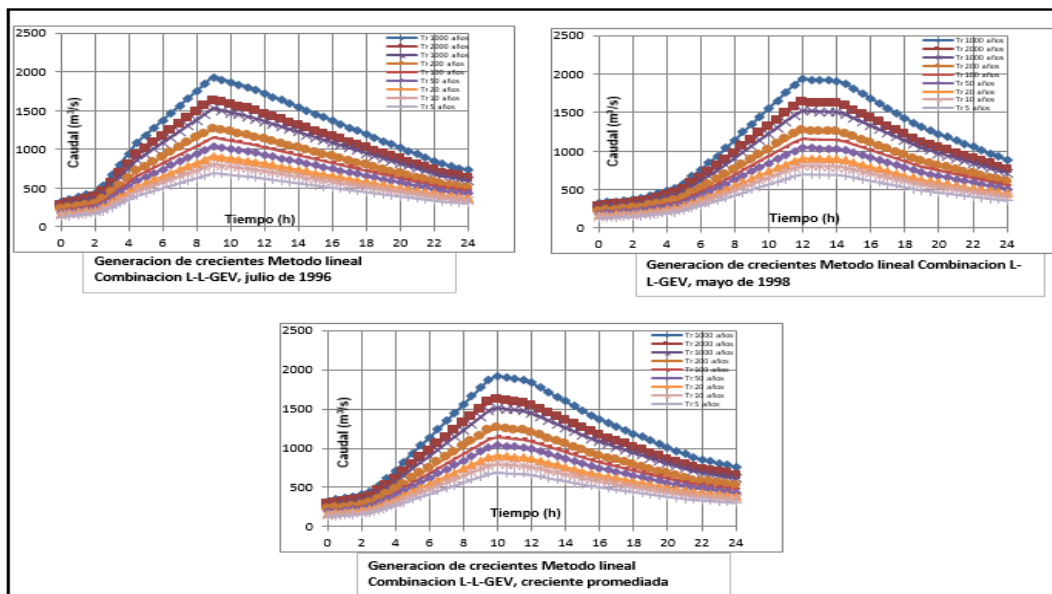


Figura 10 Generación de crecientes método lineal, combinación Logpearson-Lorpearson-Gev.

De la figura 10, se observa que los tiempos al pico varían para cada hidrograma de creciente generado a diferentes periodos de retornos, con los datos de caudal de 1996, el tiempo al pico es de 9 horas, con los datos de caudal de 1998, el tiempo al pico es de 12 horas y para la creciente promedio el tiempo al pico es de 10 horas.

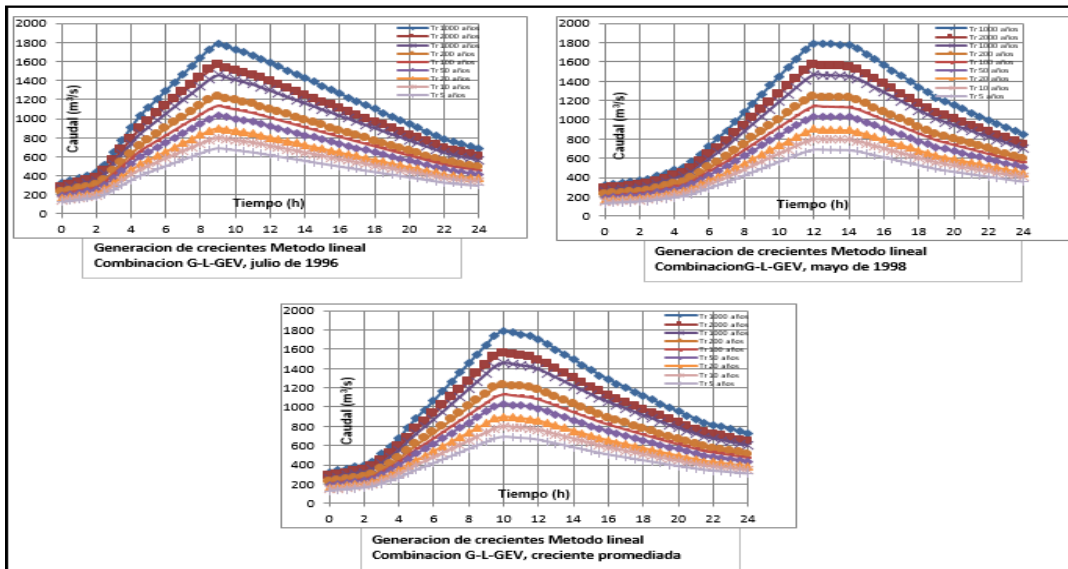


Figura 11 Generación de crecientes método lineal, combinación Gumbel-Logpearson-Gev.

De la figura 11, se observa que los tiempos al pico varían para cada hidrograma de creciente generado a diferentes periodos de retornos, con los datos de caudal de 1996, el tiempo al pico es de 9 horas, con los datos de caudal de 1998, el tiempo al pico es de 12 horas y para la creciente promedio el tiempo al pico es de 10 horas.

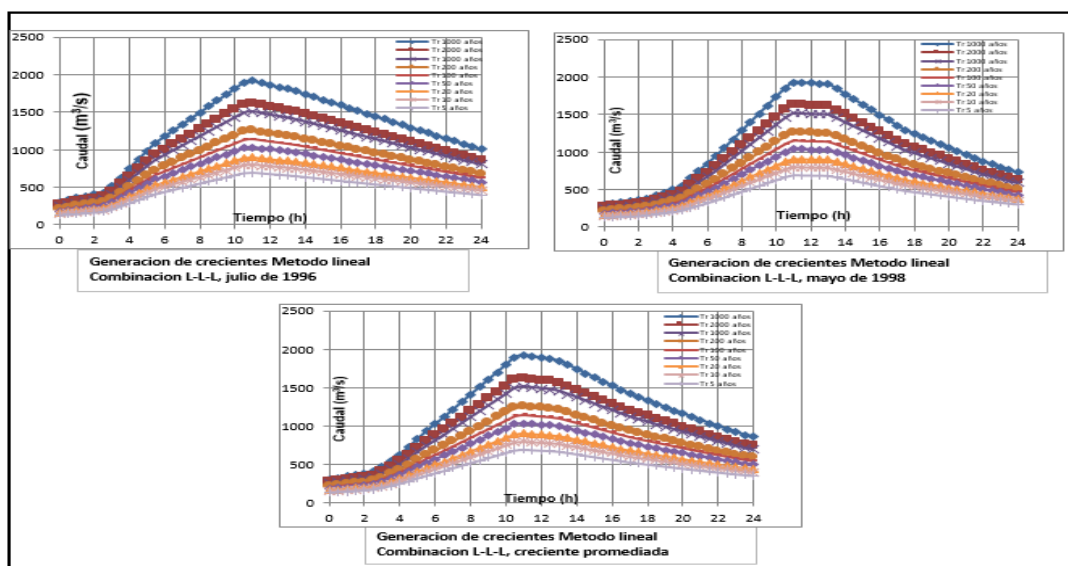


Figura 12 Generación de crecientes método lineal, combinación Logpearson -Logpearson-Logpearson.

En esta Figura se observa que el tiempo al pico para la generación de los hidrogramas es de 11 horas.

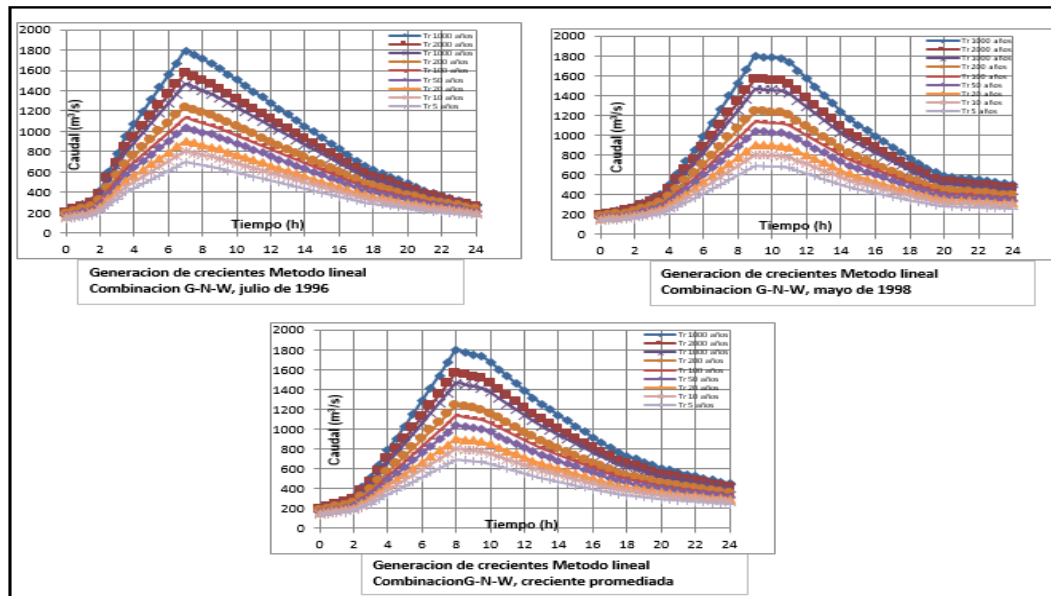


Figura 13 Generación de crecientes método lineal, combinación Gumbel-Normal-Weibull

De la figura 13, se observa que los tiempos al pico varían para cada hidrograma de creciente generado a diferentes periodos de retornos, con los datos de caudal de 1996, el tiempo al pico es de 7 horas, con los datos de caudal de 1998, el tiempo al pico es de 9 horas y para la creciente promedio el tiempo al pico es de 8 horas.

6.1.1.2 Validación del método flujo base línea recta.

La validación del método se realiza con la creciente registrada en julio de 1997, con una creciente modelada con un periodo de retorno de 11,28 Años. En la figura 15, Podemos observar que el comportamiento de la curva modelada se ajusta a la curva de la creciente registrada.

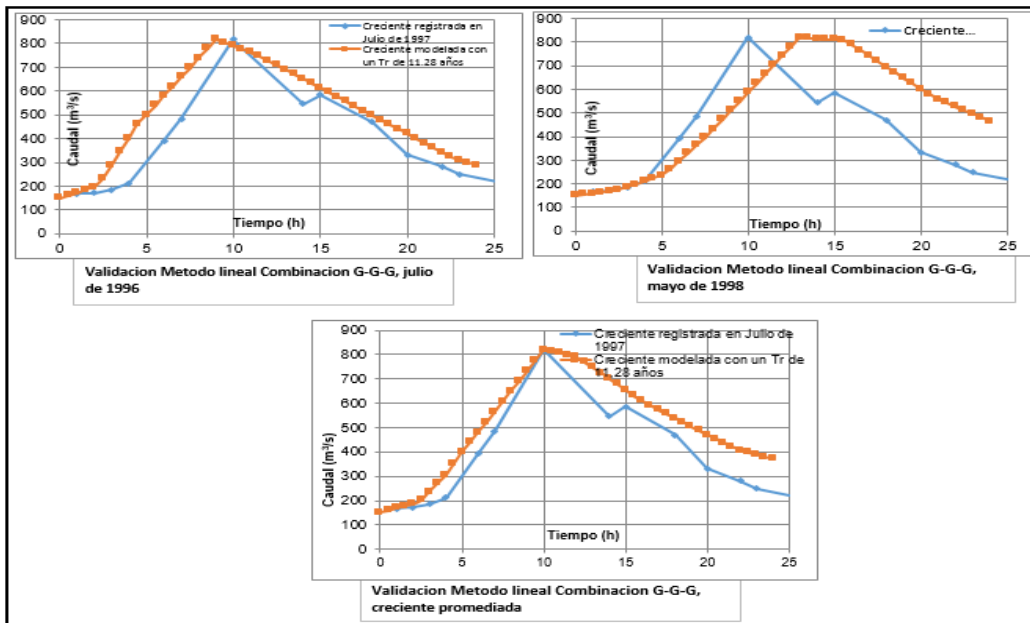


Figura 14 Validación del método con la creciento de 1997Metodo lineal Combinacion Gumbel-Gumbel-Gumbel.

De la figura 14 se concluye que las validaciones con los datos de creciento de 1996 y la promediada tienen mejor ajuste en cuanto al tiempo al pico y a la forma general del hidrograma, con los datos de la creciento 1998 el ajuste no es el deseado ya que no coinciden en el tiempo al pico y la forma del hidrograma

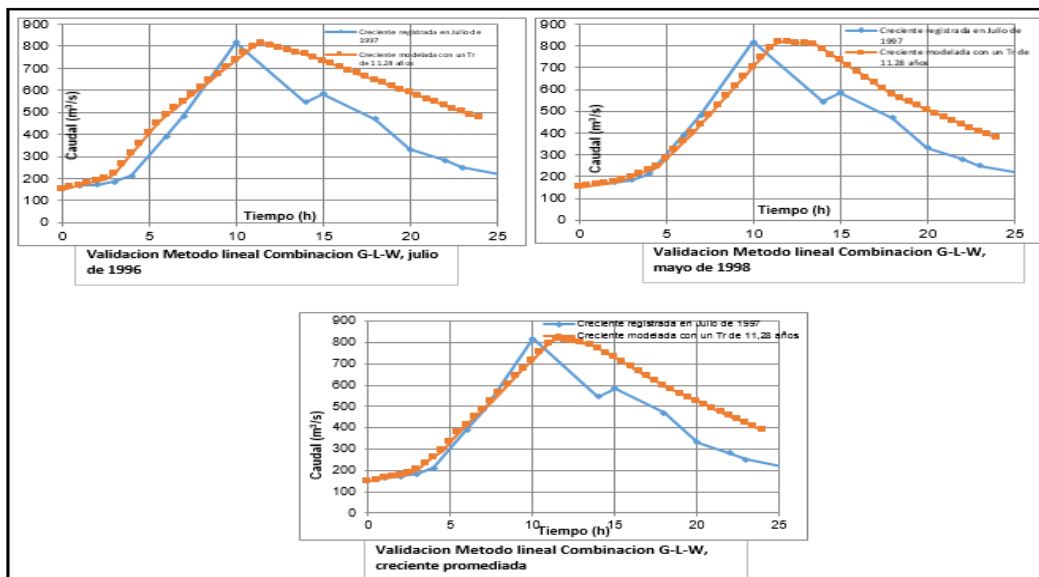


Figura 15 Validación del método con la creciento de 1997Metodo lineal Combinacion Gumbel-Logpearson-Weibull.

En la figura 15, se observa que las validaciones tienen un ajuste similar en el tiempo al pico, pero en el recorrido del hidrograma, la tendencia no es la deseada, por tanto necesita aún más optimizar con este tipo de combinaciones.

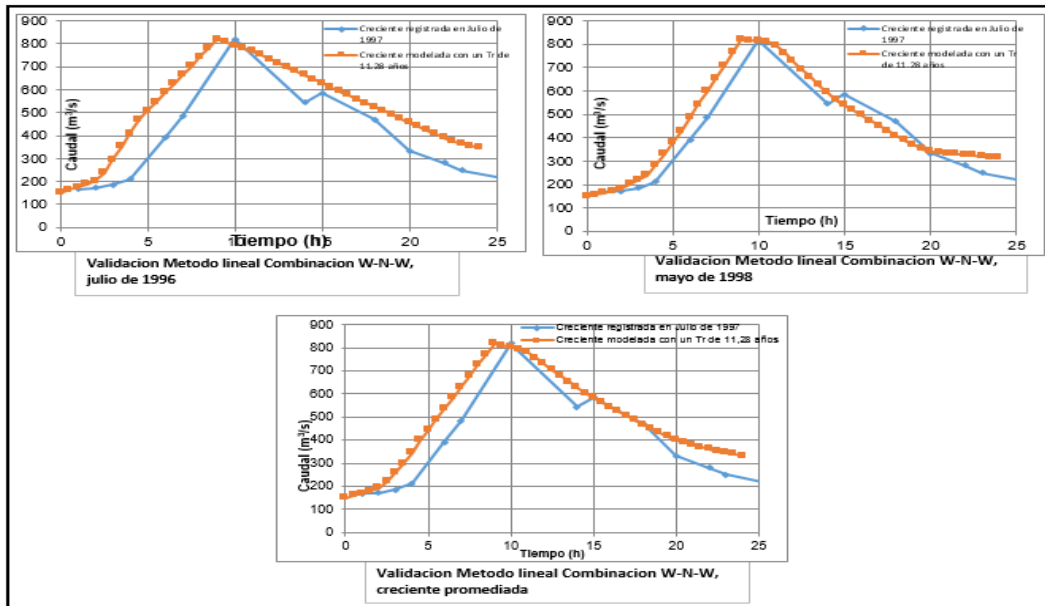


Figura 16 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo lineal Combinacion Weibull-Normal-Weibull.

En la figura 16, se observa un mejor ajuste tanto en forma y en tiempo al pico, el tiempo al pico es de 9 horas.

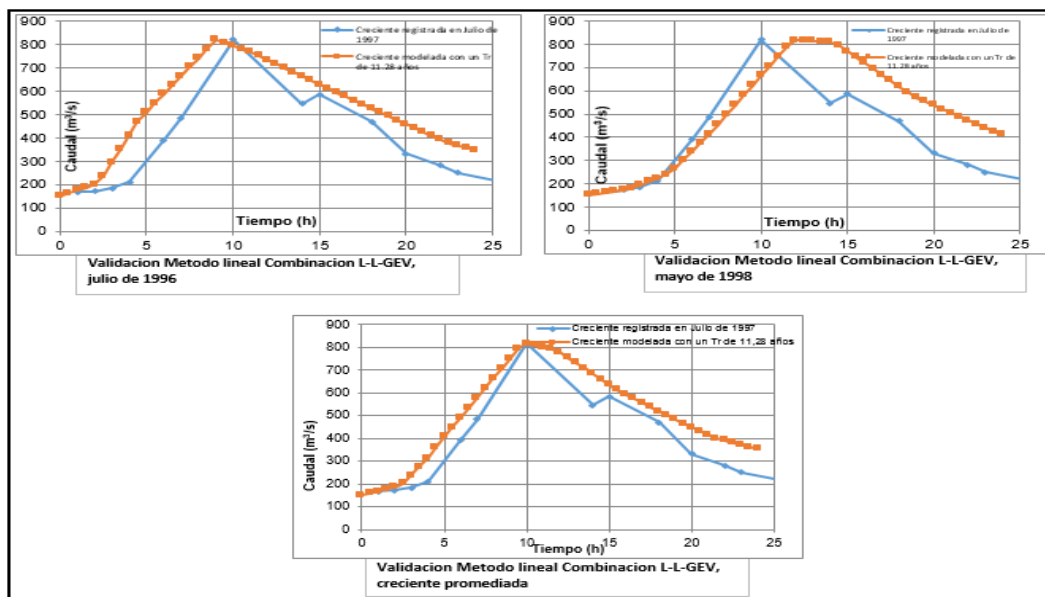


Figura 17 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo lineal Combinacion Logpearson-Logpearson-GeV.

En la figura 17, se observa que la validación para el año 1998 no se ajusta, pero la de 1996 y la promediada se ajusta.

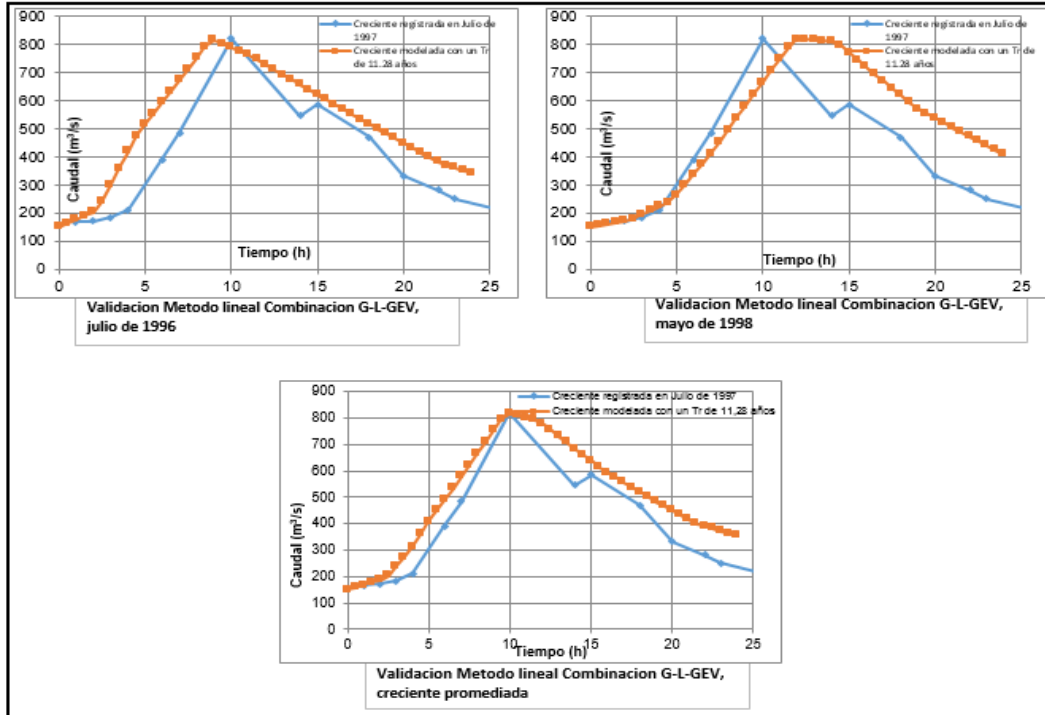


Figura 18 Validación del método con la creciete de 1997Metodo lineal Combinacion Gumbel-Logpearson-GeV

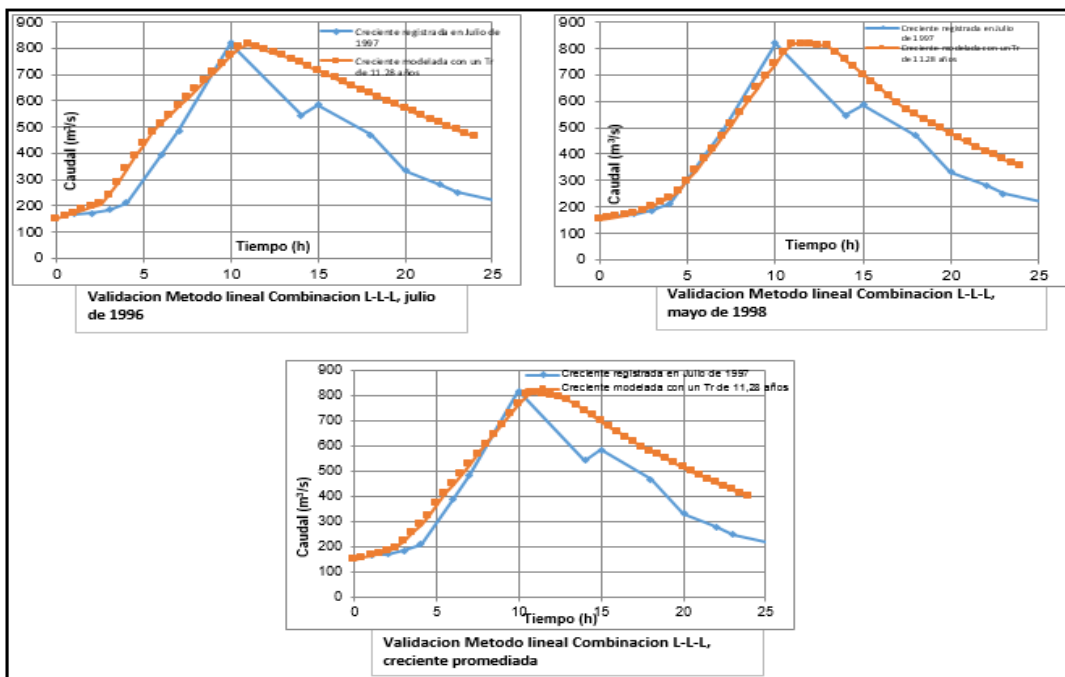


Figura 19 Validación del método con la creciete de 1997Metodo lineal Combinacion Logpearson-Logpearson-Logpearson

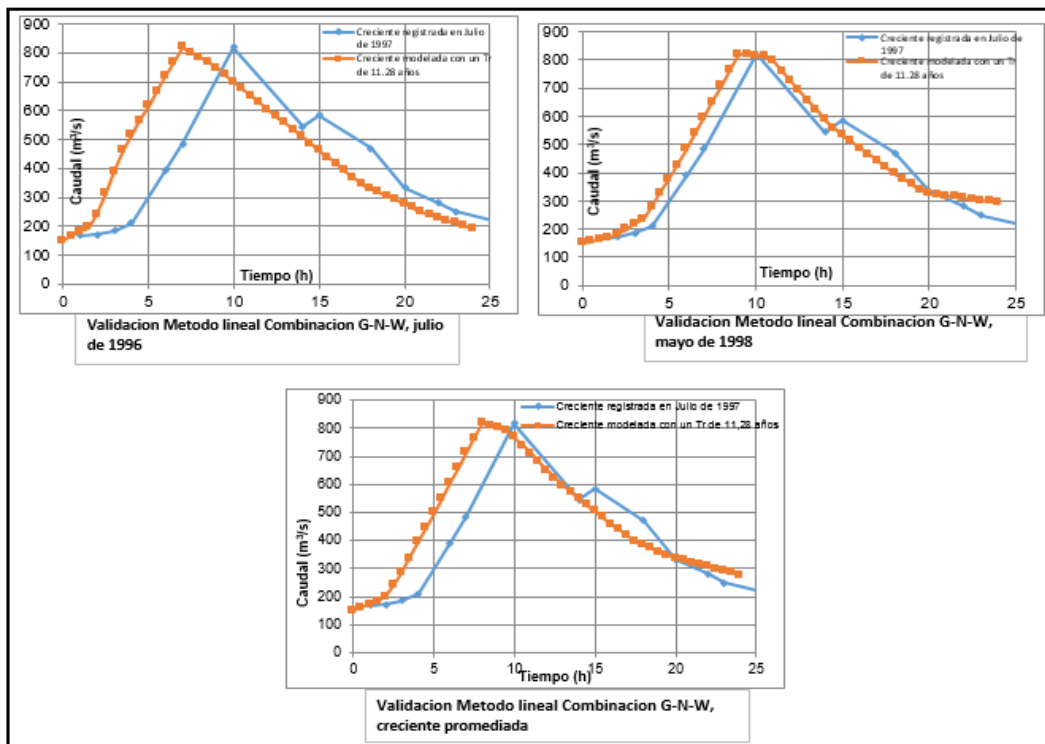


Figura 20 Validación del método con la creciente de 1997Metodo lineal Combinacion Gumbel-Normal-Weibull

Como lo muestran las figuras anteriores, se observa un buen ajuste con todas las combinaciones de ajuste de los datos, con un periodo de retorno de 11,28 años.

6.1.1.3 Envoltentes de las crecientes método flujo base línea recta.

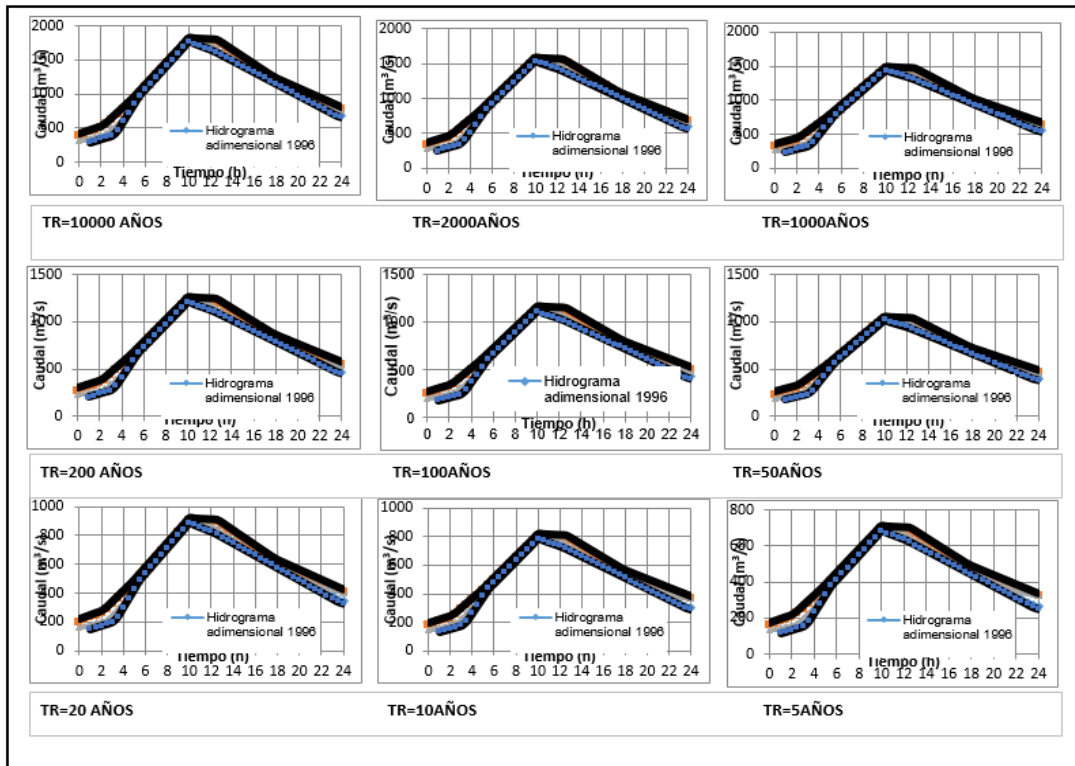


Figura 21 Envoltentes Metodo lineal Combinacion Gumbel-Gumbel-Gumbel

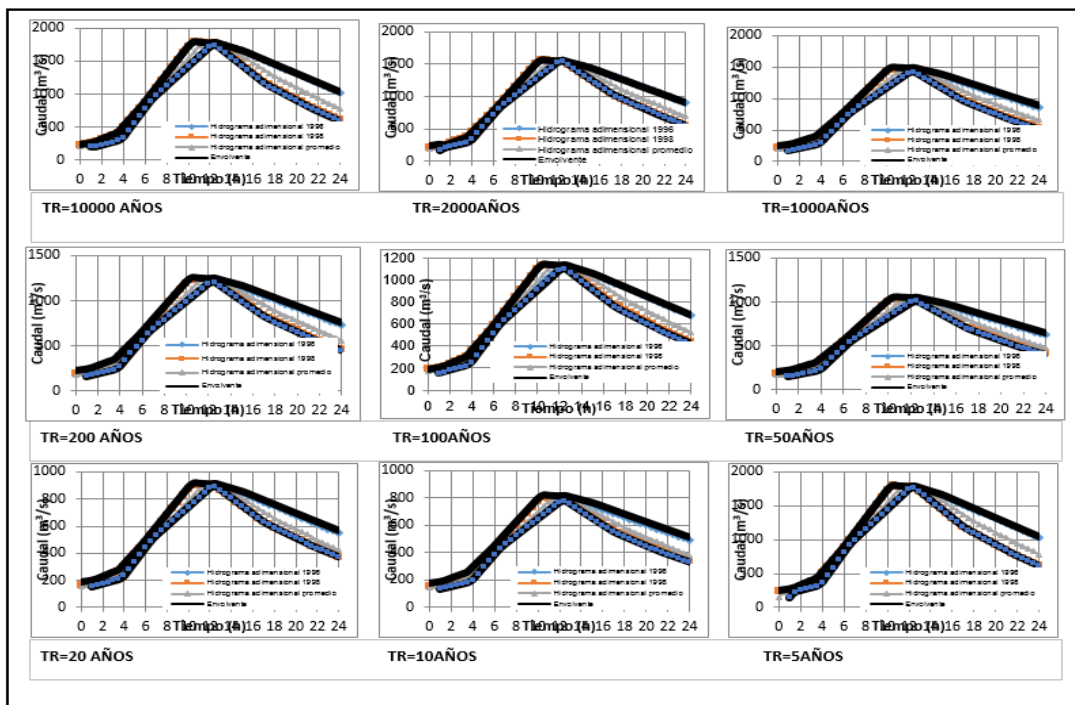


Figura 22 Envoltentes Metodo lineal Combinacion Gumbel-Logpearson-Weibull.

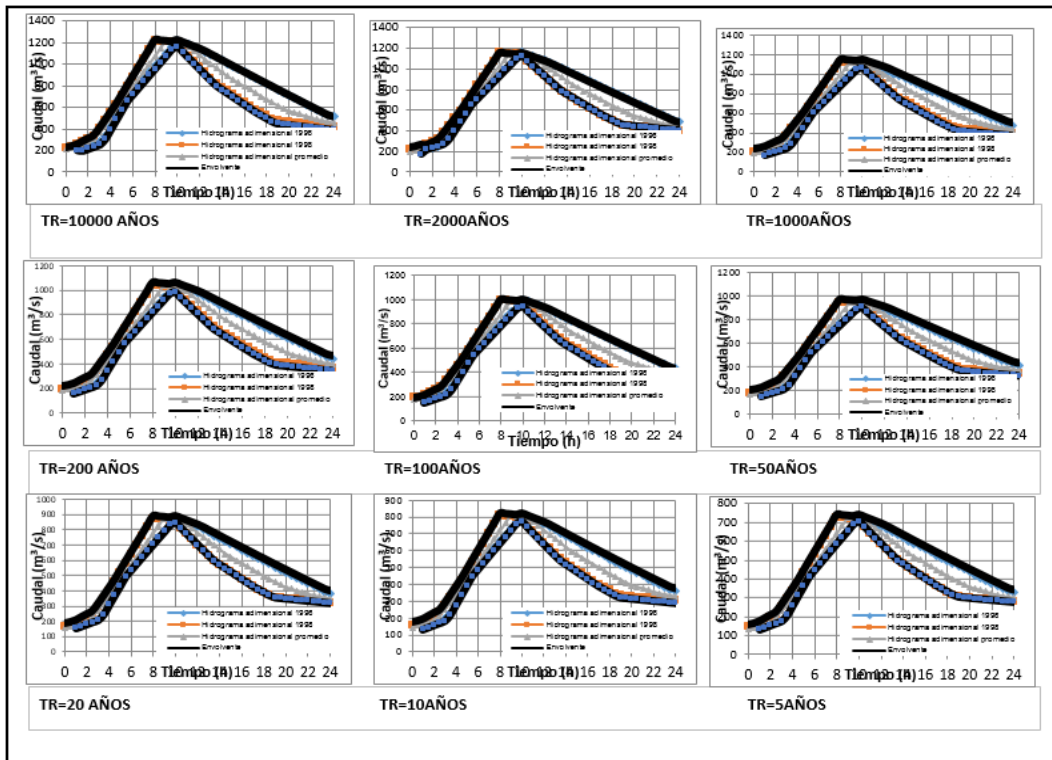


Figura 23 Envolturas Método lineal Combinación Weibull-Normal-Weibull.

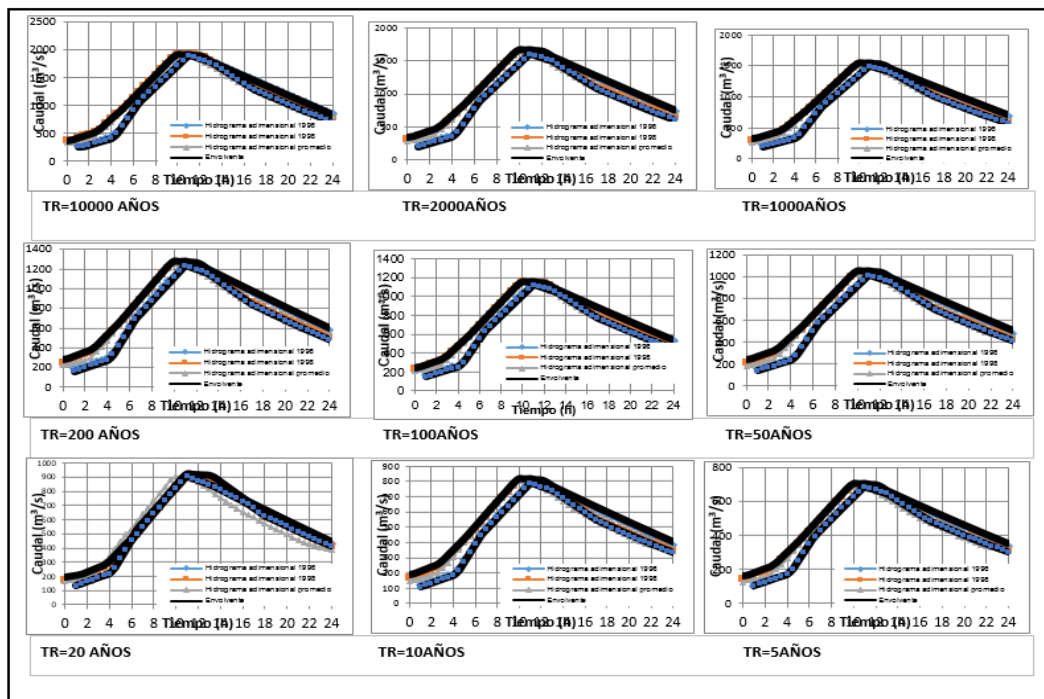


Figura 24 Envolturas Metodo lineal Combinacion Logpearson-Logpearson-GeV

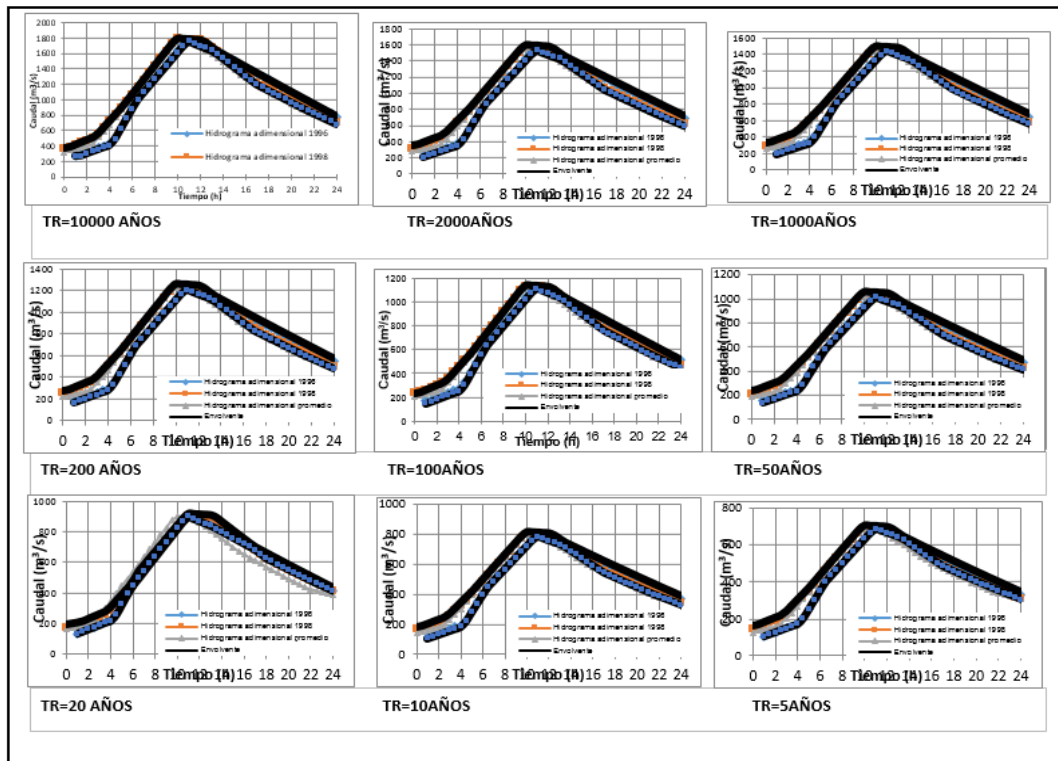


Figura 25 Envoltentes Metodo lineal Combinacion Gumbel-Logpearson-Gumbel

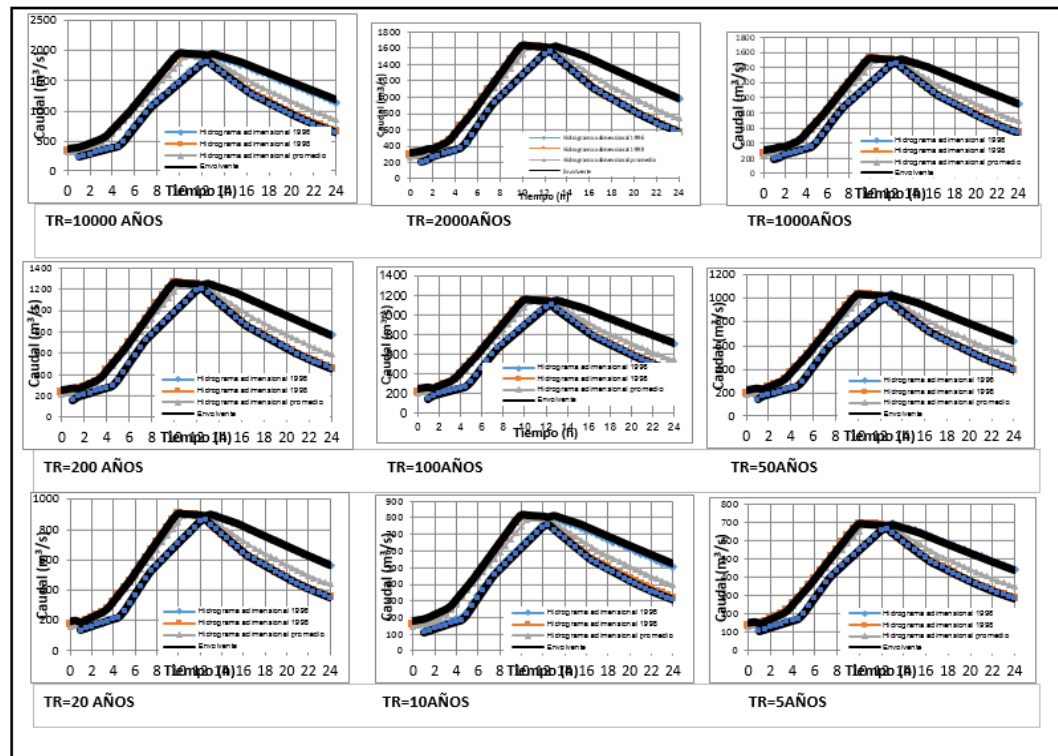


Figura 26 Envoltentes Metodo lineal Combinacion Logpearson-Logpearson-Logpearson

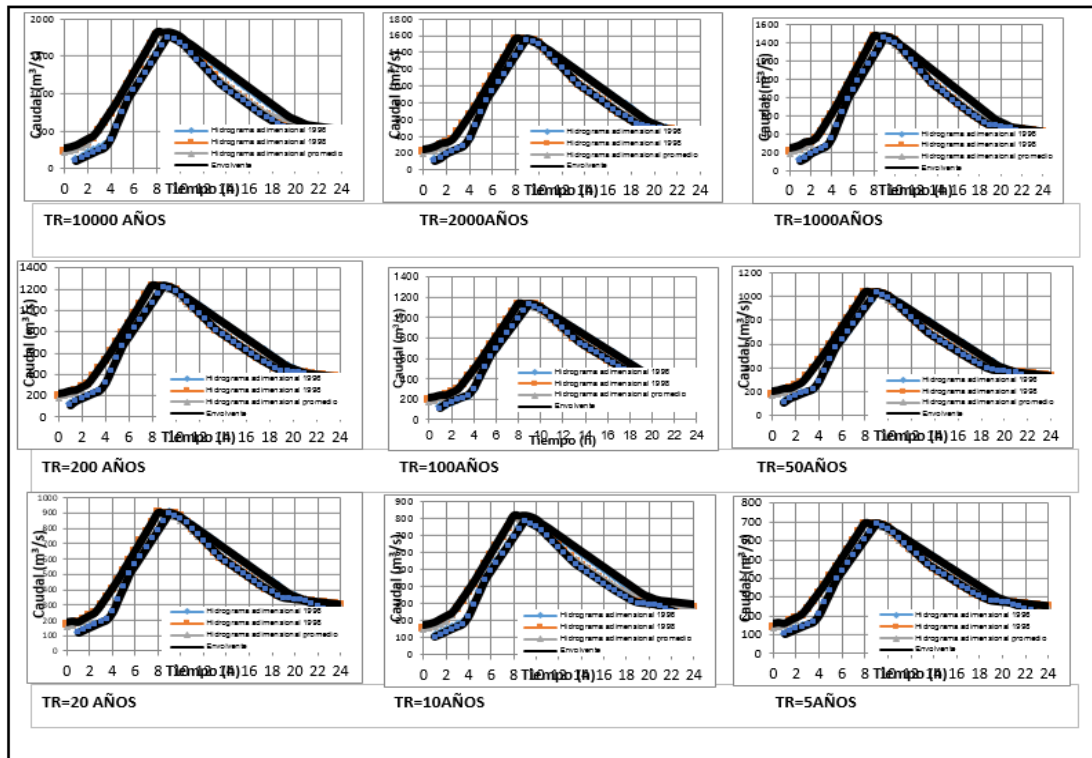


Figura 27 Envolventes Metodo lineal Combinacion Gumbel-Normal-Weibull.

Para la generaciones de bandas existen ciertas diferencias en cuanto al ancho de las bandas de confianzas o envolventes, la diferencia radica en las combinaciones para el cálculo de los hidrogramas, se observa la que mejor forma tiene es la Figura 28 Envolventes Método lineal Combinación Gumbel-Logpearson-Gumbel.

6.1.2 Cálculos método flujo base Constante:

A continuación se presenta los cálculos obtenido utilizando el método de separación de flujo base constante, con combinaciones diferentes de ajustes estadísticos para el caudal máximo, caudal medio mes más húmedo y volumen máximo en un día, la siguiente tabla esta los resultados de los volúmenes asociados a diferentes periodos de retornos y el EMC, entre el volumen registrado proyectado por métodos estadísticos con el volumen simulado producto de la utilización del método.

A continuación se muestran en tablas los resultados del EMC, obtenidos para cada combinación de ajuste de datos.

Tabla 36 Calculo del EMC método flujo base Constante Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel

METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-GUMBEL-GUMBEL				
Hidrograma Q1996 - Método Constante				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	99.05	96.36	2.69	1.67
2000	86.44	84.17	2.27	
1000	81.00	78.91	2.09	
200	68.34	66.71	1.63	
100	62.90	61.44	1.46	
50	57.40	56.15	1.25	
20	50.10	49.09	1.01	
10	44.45	43.64	0.81	
5	38.57	37.95	0.62	
Hidrograma Q1998 - Método Constante				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	96.49	96.36	0.13	0.22
2000	84.21	84.17	0.04	
1000	78.91	78.91	0.00	
200	66.59	66.71	-0.12	
100	61.28	61.44	-0.16	
50	55.93	56.15	-0.22	
20	48.82	49.09	-0.27	
10	43.32	43.64	-0.32	
5	37.59	37.95	-0.36	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método Constante				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	96.02	96.36	-0.34	0.46
2000	83.80	84.17	-0.37	
1000	78.53	78.91	-0.38	
200	66.26	66.71	-0.45	
100	60.98	61.44	-0.46	
50	55.66	56.15	-0.49	
20	48.58	49.09	-0.51	
10	43.11	43.64	-0.53	
5	37.41	37.95	-0.54	

Tabla 37 Calculo del EMC método flujo base Constante Combinación Gumbel-Log-pearson-Weibull

METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Hidrograma Q1996 - Método Constante				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	94.19	96.20	-2.01	0.80
2000	82.73	83.20	-0.47	
1000	77.79	77.80	-0.01	
200	66.17	65.60	0.57	
100	61.12	60.50	0.62	
50	56.03	55.40	0.63	
20	49.21	48.70	0.51	
10	43.89	43.50	0.39	
5	38.25	38.00	0.25	
Hidrograma Q1998 - Método Constante				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	88.21	96.20	-7.99	3.44
2000	78.31	83.20	-4.89	
1000	74.06	77.80	-3.74	
200	63.88	65.60	-1.72	
100	59.38	60.50	-1.12	
50	54.84	55.40	-0.56	
20	48.68	48.70	-0.02	
10	43.79	43.50	0.29	
5	38.48	38.00	0.48	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método Constante				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	90.83	96.20	-5.37	2.22
2000	80.17	83.20	-3.03	
1000	75.58	77.80	-2.22	
200	64.70	65.60	-0.90	
100	59.94	60.50	-0.56	
50	55.14	55.40	-0.26	
20	48.67	48.70	-0.03	
10	43.58	43.50	0.08	
5	38.12	38.00	0.12	

Tabla 38 Calculo del EMC método flujo base Constante Combinación Weibull-Normal-Weibull

METODO CONSTANTE COMBINACION WEIBULL-NORMAL-WEIBULL				
Hidrograma Q1996 - Método Constante				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	66.37	66.10	0.27	1.08
2000	63.11	62.10	1.01	
1000	61.03	60.20	0.83	
200	56.70	55.30	1.40	
100	54.28	53.00	1.28	
50	51.71	50.40	1.31	
20	47.78	46.60	1.18	
10	44.24	43.10	1.14	
5	39.81	39.00	0.81	
Hidrograma Q1998 - Método Constante				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	62.53	66.10	-3.57	2.08
2000	59.47	62.10	-2.63	
1000	57.61	60.20	-2.59	
200	53.56	55.30	-1.74	
100	51.29	53.00	-1.71	
50	48.92	50.40	-1.48	
20	45.27	46.60	-1.33	
10	41.98	43.10	-1.12	
5	37.84	39.00	-1.16	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método Constante				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	64.07	66.10	-2.03	0.94
2000	60.93	62.10	-1.17	
1000	58.97	60.20	-1.23	
200	54.80	55.30	-0.50	
100	52.47	53.00	-0.53	
50	50.01	50.40	-0.39	
20	46.25	46.60	-0.35	
10	42.84	43.10	-0.26	
5	38.59	39.00	-0.41	

Tabla 39 Calculo del EMC método flujo base Constante Combinación Log-Log-Gev

METODO CONSTANTE COMBINACION LOG-LOG-GEV				
Hidrograma Q1996 - Método Constante				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	100.12	96.20	3.92	1.78
2000	84.74	83.20	1.54	
1000	79.02	77.80	1.22	
200	65.60	65.60	0.00	
100	59.91	60.50	-0.59	
50	54.24	55.40	-1.16	
20	47.28	48.70	-1.42	
10	41.87	43.50	-1.63	
5	36.27	38.00	-1.73	
Hidrograma Q1998 - Método Constante				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	96.30	96.20	0.10	2.25
2000	81.79	83.20	-1.41	
1000	76.27	77.80	-1.53	
200	63.47	65.60	-2.13	
100	58.01	60.50	-2.49	
50	52.62	55.40	-2.78	
20	45.91	48.70	-2.79	
10	40.69	43.50	-2.81	
5	35.31	38.00	-2.69	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método Constante				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	101.16	96.20	4.96	2.10
2000	85.81	83.20	2.61	
1000	80.02	77.80	2.22	
200	66.53	65.60	0.93	
100	60.79	60.50	0.29	
50	55.10	55.40	-0.30	
20	48.05	48.70	-0.65	
10	42.58	43.50	-0.92	
5	36.93	38.00	-1.07	

Tabla 40 Calculo del EMC método flujo base Constante Combinación Gumbel-Log-pearson-Gev.

METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-LOG-GEV.				
Hidrograma Q1996 - Método Constante				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	93.59	96.20	-2.61	1.64
2000	81.59	83.20	-1.61	
1000	76.40	77.80	-1.40	
200	64.41	65.60	-1.19	
100	59.24	60.50	-1.26	
50	54.05	55.40	-1.35	
20	47.16	48.70	-1.54	
10	41.82	43.50	-1.68	
5	36.28	38.00	-1.72	
Hidrograma Q1998 - Método Constante				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.56	96.20	-0.64	0.48
2000	83.24	83.20	0.04	
1000	77.88	77.80	0.08	
200	65.68	65.60	0.08	
100	60.40	60.50	-0.10	
50	55.15	55.40	-0.25	
20	48.17	48.70	-0.53	
10	42.74	43.50	-0.76	
5	37.15	38.00	-0.85	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método Constante				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.88	96.20	-0.32	0.44
2000	83.57	83.20	0.37	
1000	78.22	77.80	0.42	
200	65.95	65.60	0.35	
100	60.66	60.50	0.16	
50	55.36	55.40	-0.04	
20	48.32	48.70	-0.38	
10	42.87	43.50	-0.63	
5	37.21	38.00	-0.79	

Tabla 41 Calculo del EMC método flujo base Constante Combinación Log-pearson-Logpearson-Logpearson

METODO CONSTANTE COMBINACION LOG-LOG-LOG.				
Hidrograma Q1996 - Método Constante				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	99.46	96.20	3.26	1.58
2000	84.27	83.20	1.07	
1000	78.64	77.80	0.84	
200	65.36	65.60	-0.24	
100	59.73	60.50	-0.77	
50	54.13	55.40	-1.27	
20	47.23	48.70	-1.47	
10	41.88	43.50	-1.62	
5	36.32	38.00	-1.68	
Hidrograma Q1998 - Método Constante				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	97.31	96.20	1.11	1.22
2000	82.91	83.20	-0.29	
1000	77.47	77.80	-0.33	
200	64.67	65.60	-0.93	
100	59.23	60.50	-1.27	
50	53.87	55.40	-1.53	
20	47.13	48.70	-1.57	
10	41.92	43.50	-1.58	
5	36.48	38.00	-1.52	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método Constante				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	98.82	96.20	2.62	1.42
2000	83.85	83.20	0.65	
1000	78.28	77.80	0.48	
200	65.14	65.60	-0.46	
100	59.56	60.50	-0.94	
50	54.03	55.40	-1.37	
20	47.18	48.70	-1.52	
10	41.87	43.50	-1.63	
5	36.34	38.00	-1.66	

Tabla 42 Calculo del EMC método flujo base Constante Combinación Gumbel-Normal-Logpearson

METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-NORMAL-LOG				
Hidrograma Q1996 - Método Constante				
PERÍODO DE RETRONO	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	85.17	66.10	19.07	8.73
2000	74.61	62.10	12.51	
1000	70.06	60.20	9.86	
200	59.40	55.30	4.10	
100	54.79	53.00	1.79	
50	50.13	50.40	-0.27	
20	43.91	46.60	-2.69	
10	39.08	43.10	-4.02	
5	33.98	39.00	-5.02	
Hidrograma Q1998 - Método Constante				
PERÍODO DE RETRONO	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	73.40	66.10	7.30	6.20
2000	64.60	62.10	2.50	
1000	60.81	60.20	0.61	
200	51.88	55.30	-3.42	
100	47.99	53.00	-5.01	
50	44.05	50.40	-6.35	
20	38.78	46.60	-7.82	
10	34.65	43.10	-8.45	
5	30.25	39.00	-8.75	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método Constante				
PERÍODO DE RETRONO	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	77.78	66.10	11.68	6.44
2000	68.18	62.10	6.08	
1000	64.04	60.20	3.84	
200	54.34	55.30	-0.96	
100	50.13	53.00	-2.87	
50	45.89	50.40	-4.51	
20	40.22	46.60	-6.38	
10	35.81	43.10	-7.29	
5	31.16	39.00	-7.84	

6.1.2.2 Generación de hidrogramas método Constante:

En las siguientes graficas se obtienen las crecientes a diferentes periodos de retorno, teniendo en cuenta las combinaciones para el ajuste estadístico.

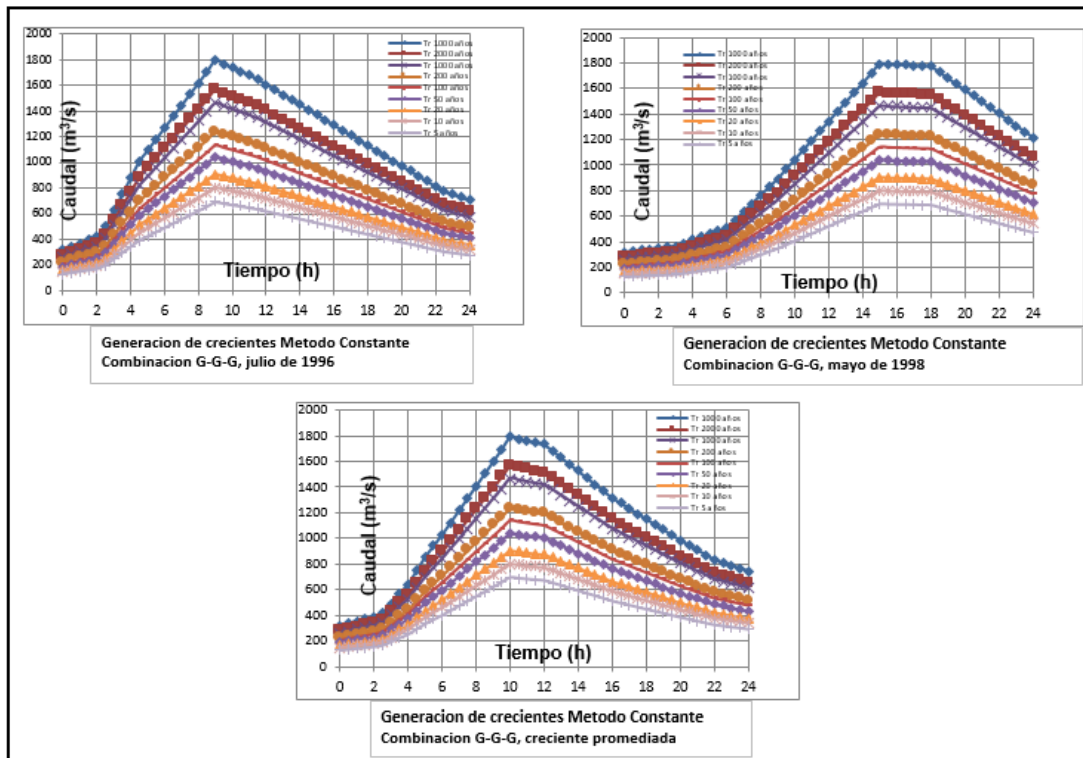


Figura 29 Generación de crecientes método Constante, combinación G-G-G

De esta grafica se aprecia que mantienen la misma forma del hidrograma con tiempo al pico de 10 horas.

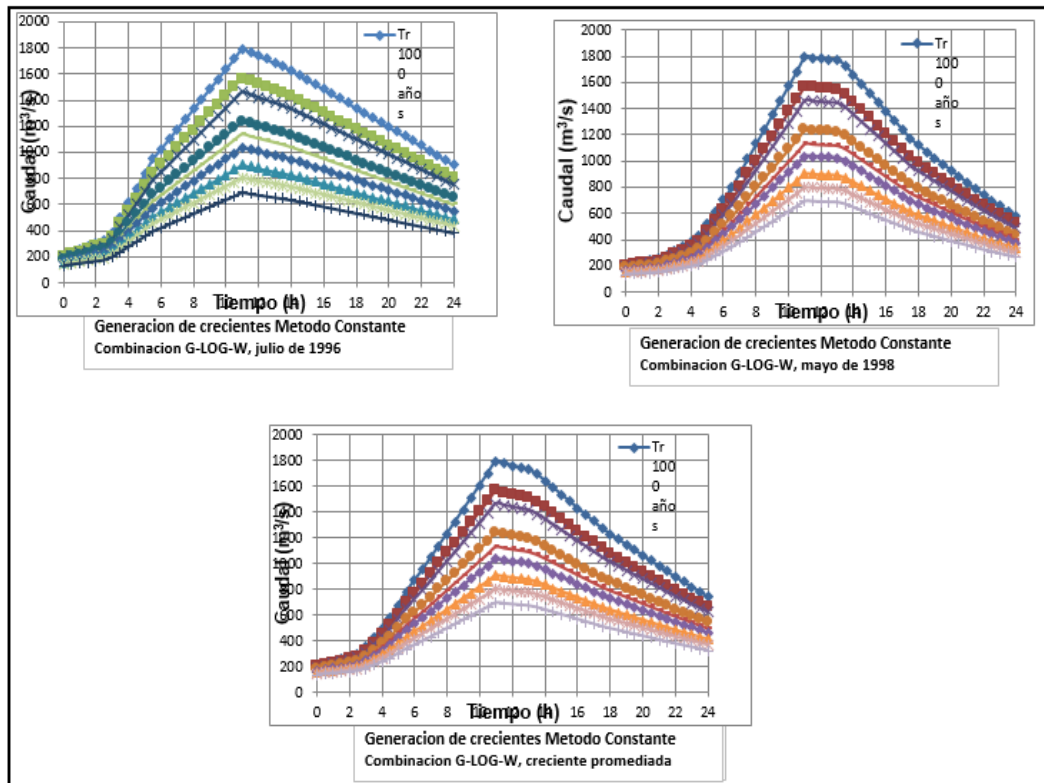


Figura 30 Generación de crecientes método constante, combinación Gumbel-Logpearson-Weibull

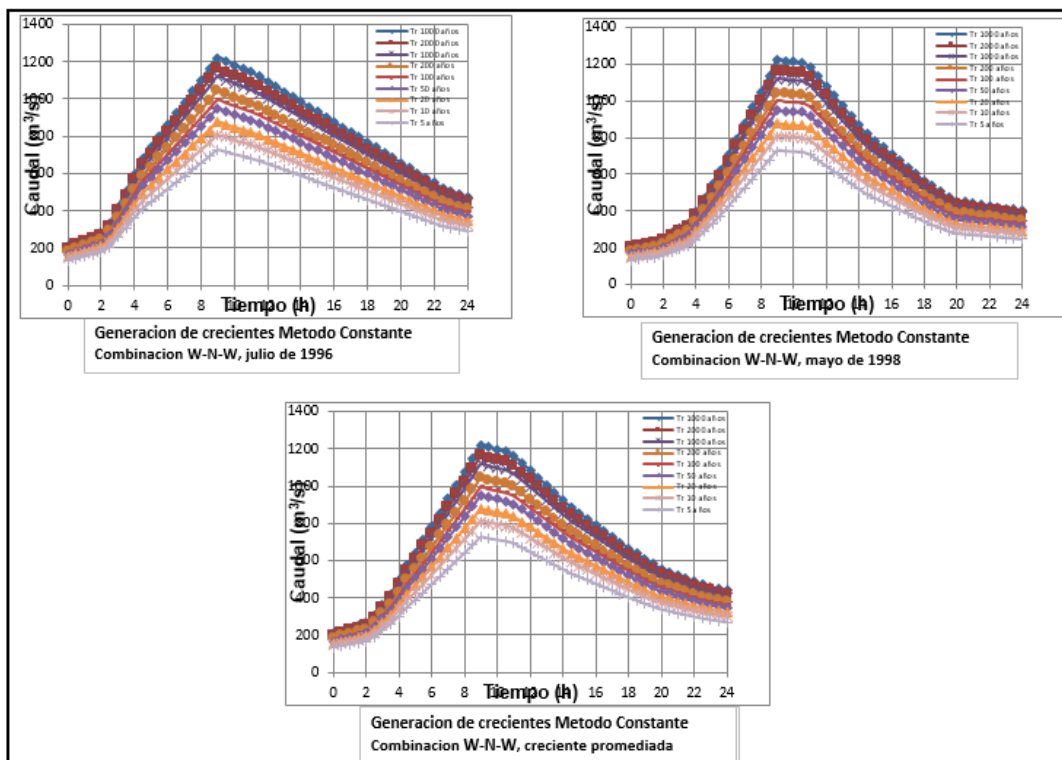


Figura 31 Generación de crecientes método constante, combinación Weibull-Normal-Weibull

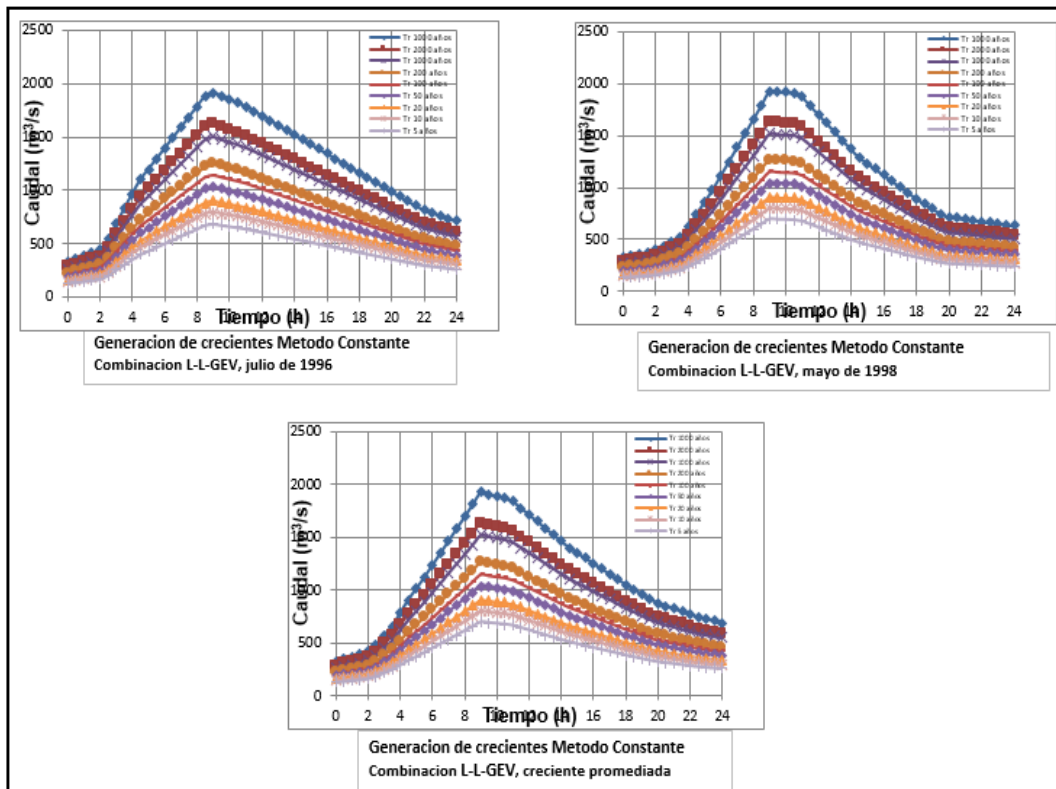


Figura 32 Generación de crecientes método Constante, combinación Logpearson-Lorpearson-GeV.

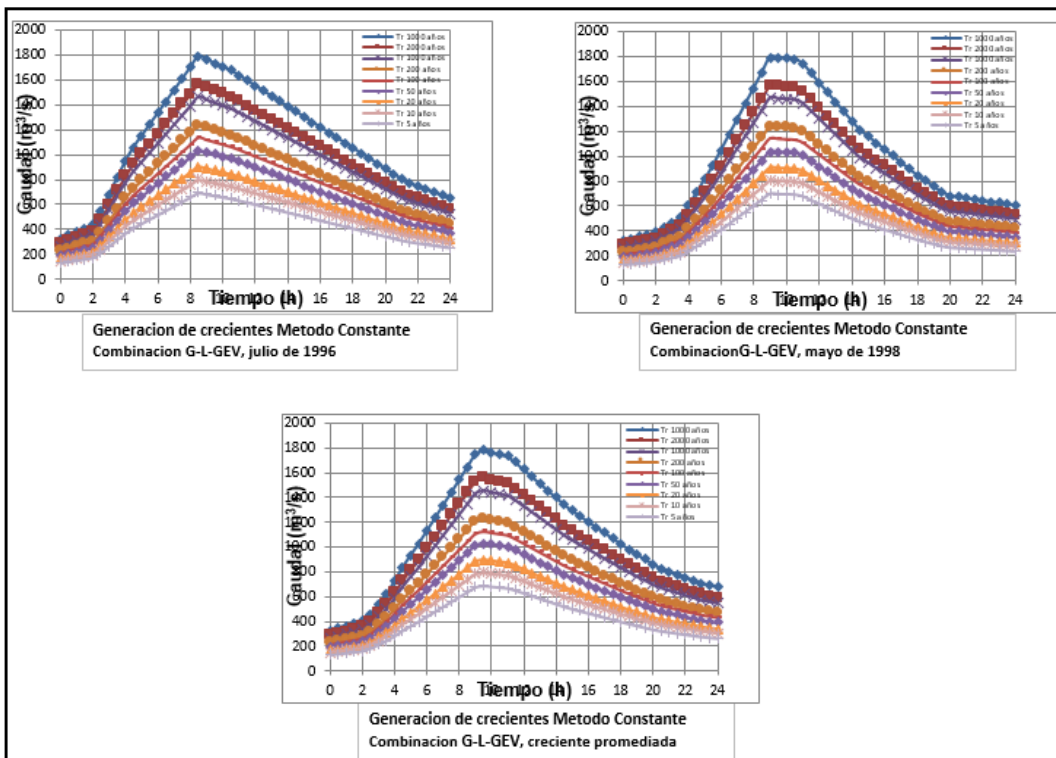


Figura 33 Generación de crecientes método Constante, combinación Gumbel-Logpearson-GeV.

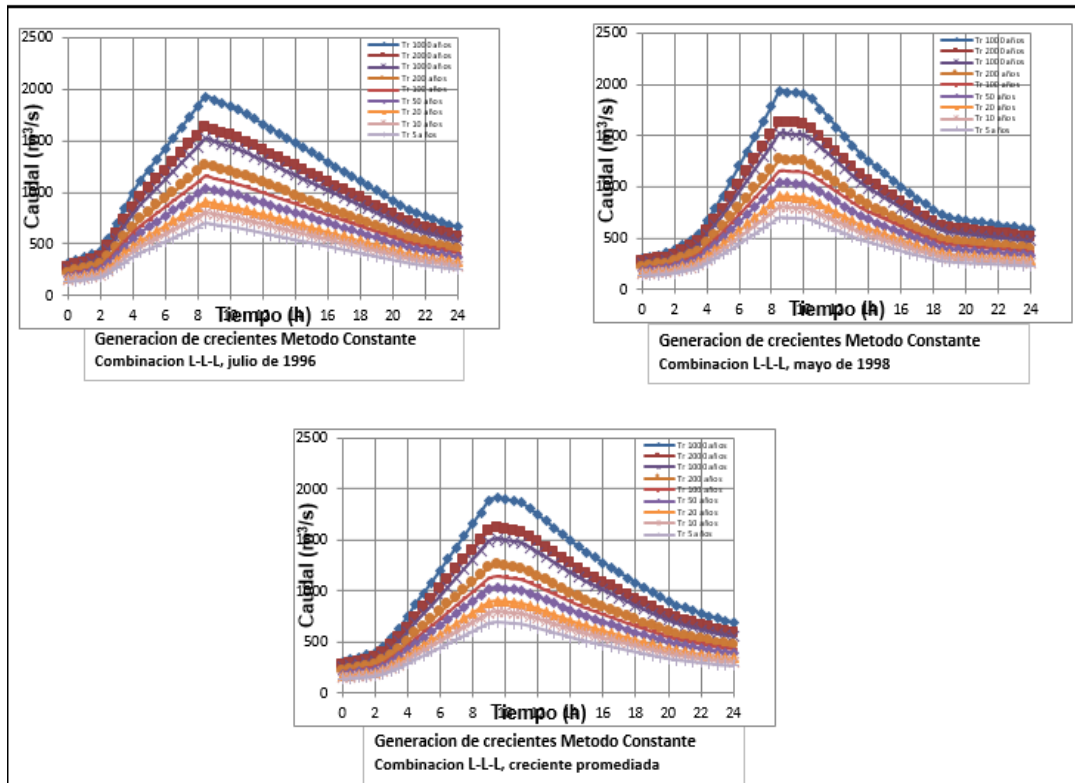


Figura 34 Generación de crecientes método Constante, combinación Logpearson -Logpearson-Logpearson.

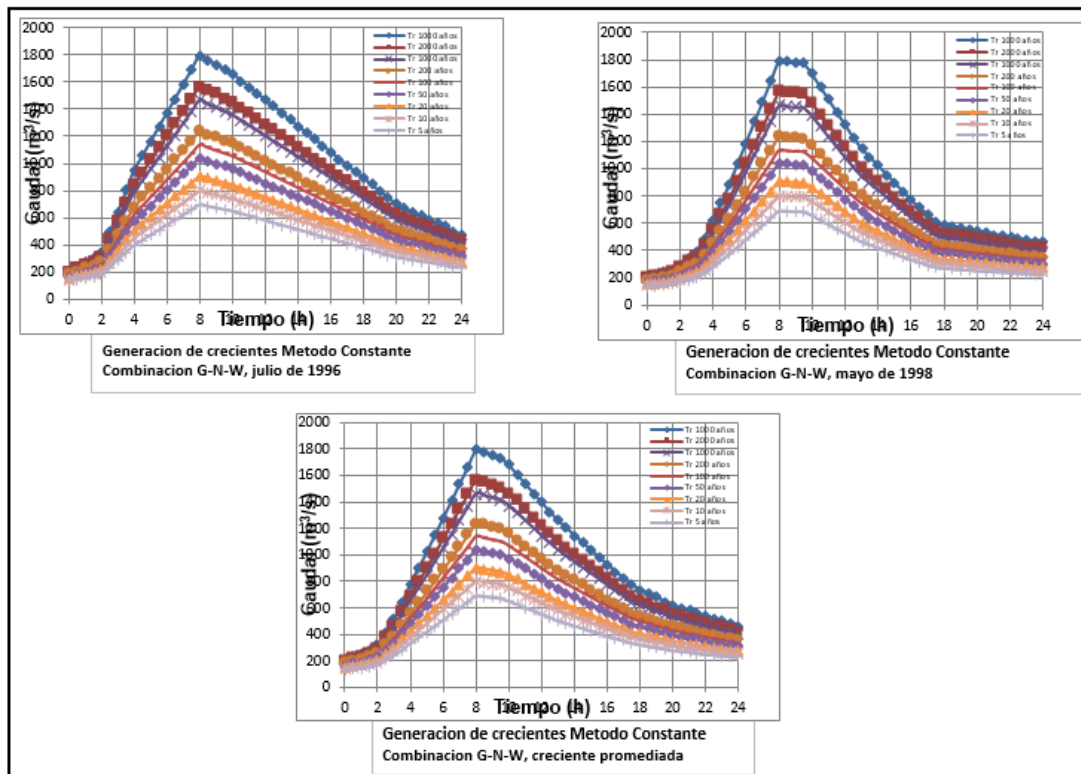


Figura 35 Generación de crecientes método Constante, combinación Gumbel-Normal-Weibull.

Se observa, en las gráficas la tendencia del tiempo al pico entre (8 y 10) horas.

6.1.2.2 Validación del método flujo base Constante.

La validación del método se realiza con la creciente registrada en julio de 1997, con una creciente modelada con un periodo de retorno de 11,28 Años. En la figura 35, Podemos observar que el comportamiento de la curva modelada se ajusta a la curva de la creciente registrada.

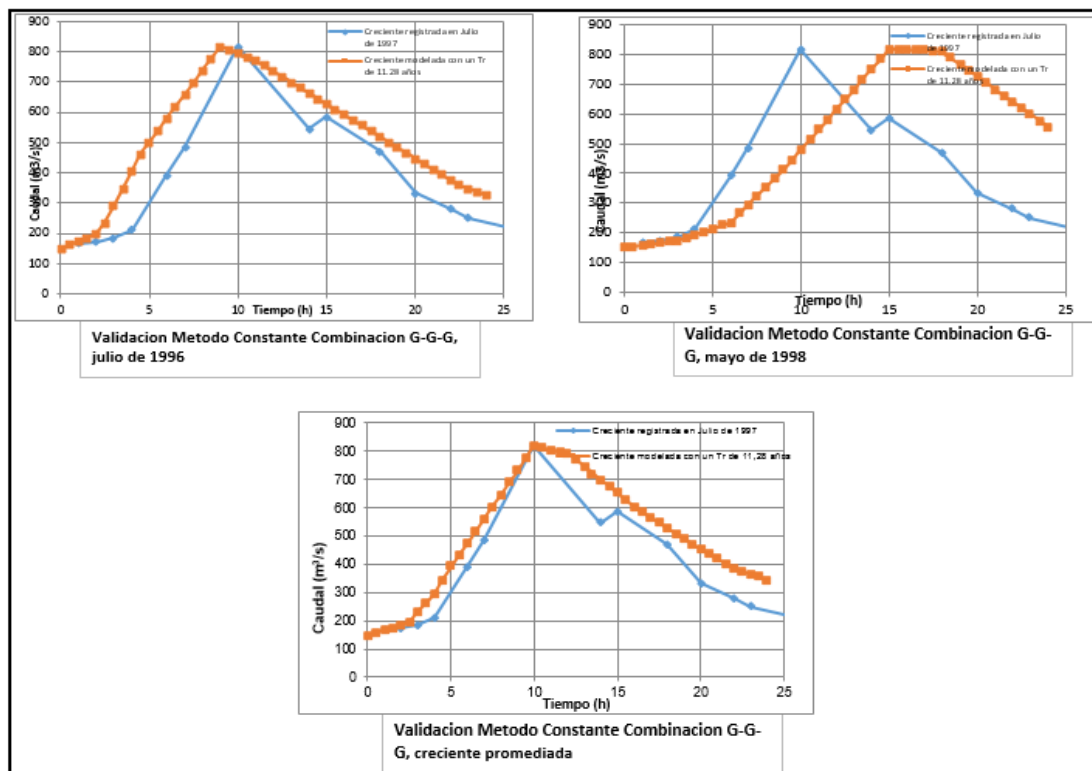


Figura 36 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Constante Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel..

En la validación de la creciente promediada se observa el mejor ajuste ya que el hidrograma mantiene la misma forma que el hidrograma registrado, además que coinciden con el tiempo al pico.

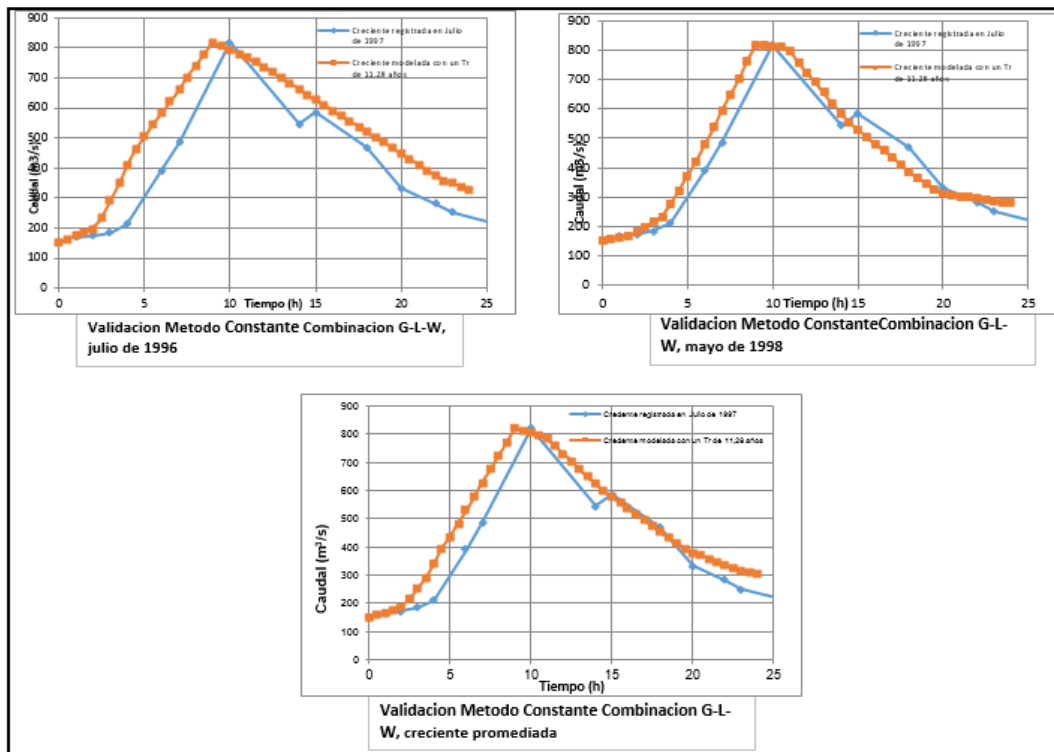


Figura 37 Validación del método con la creciete de 1997 Metodo Constante Combinacion Gumbel-Logpearson-Weibull.

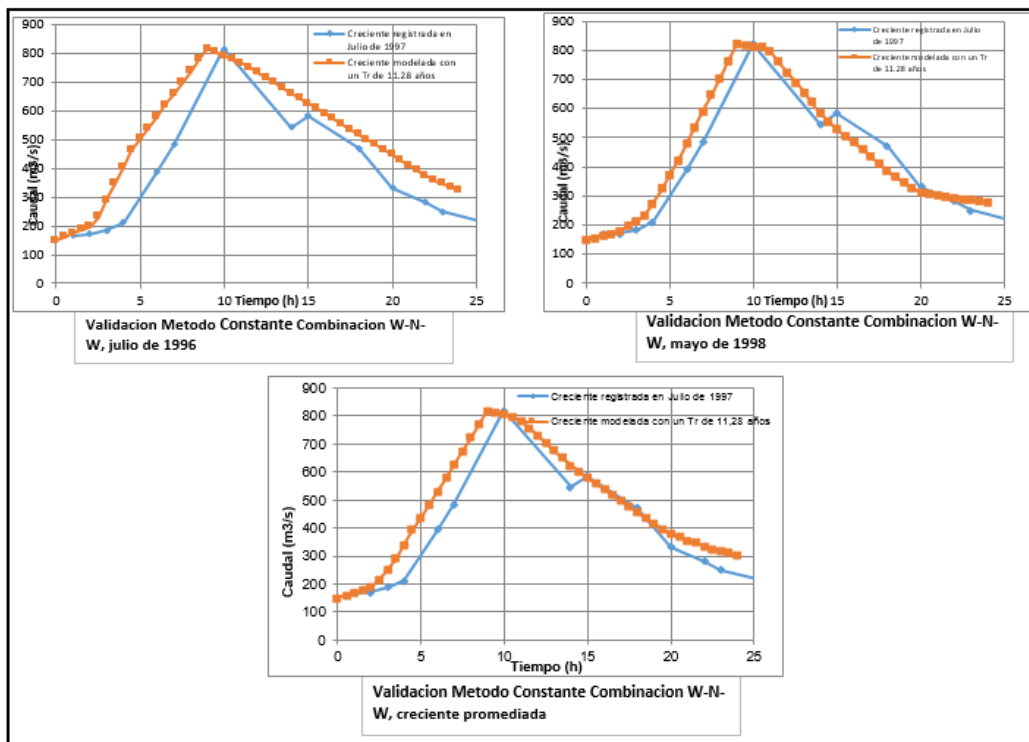


Figura 38 Validación del método con la creciete de 1997 Metodo Constante Combinacion Weibull-Normal-Weibull.

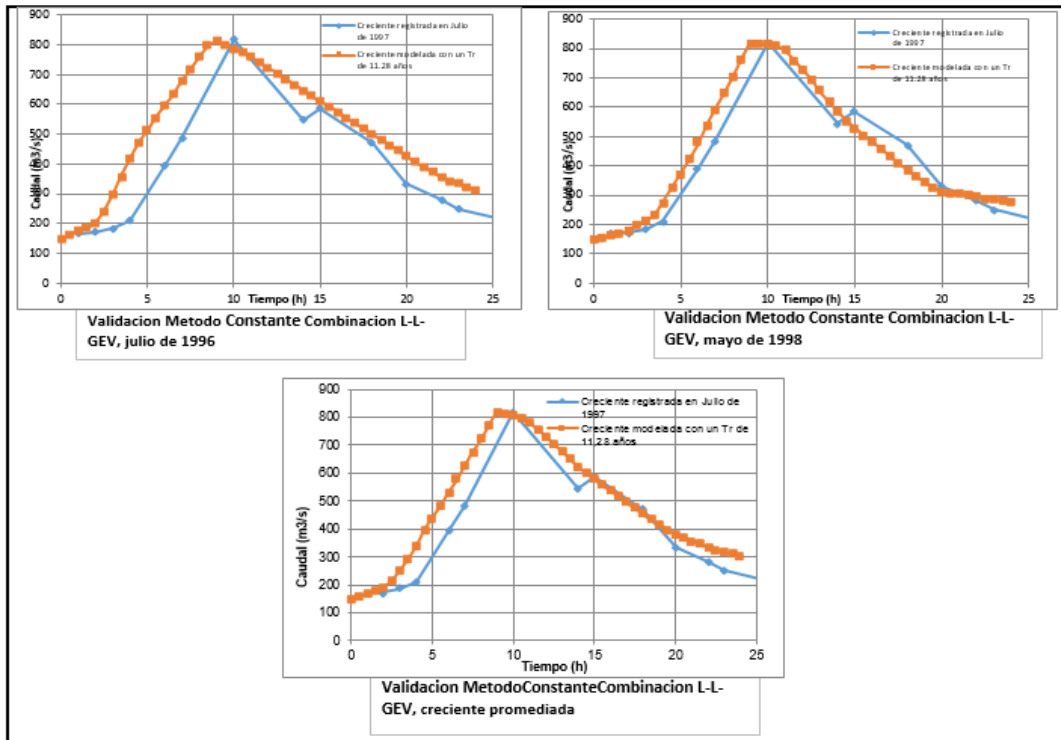


Figura 39 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Constante Combinación Logpearson-Logpearson-Gev.

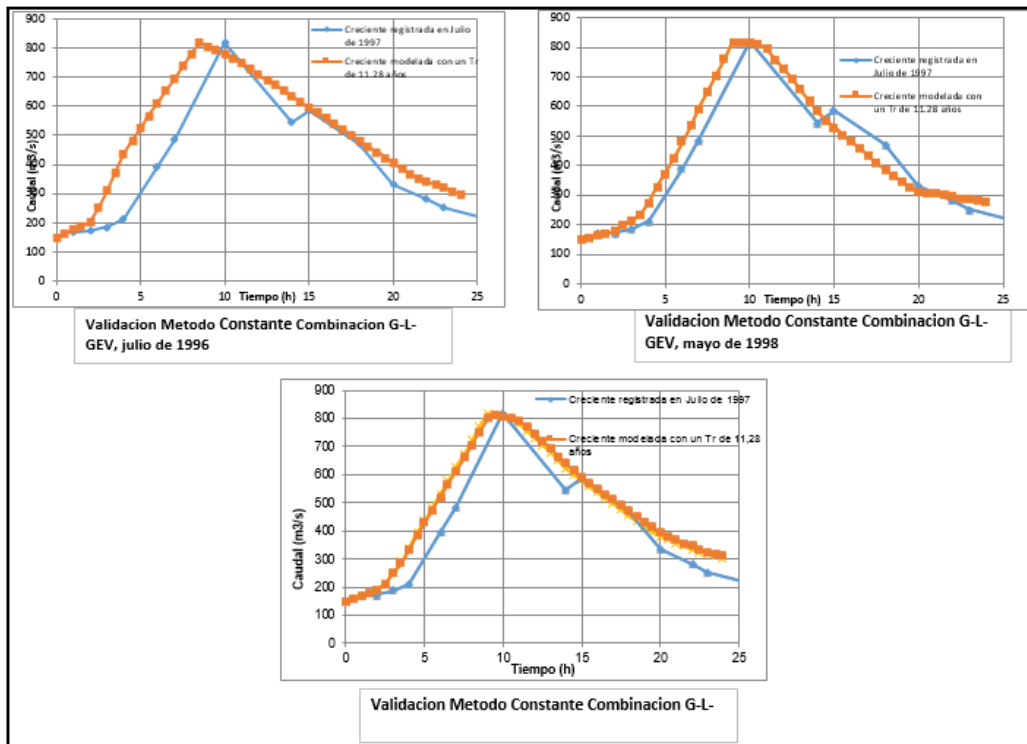


Figura 40 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Constante Combinación Gumbel-Logpearson-Gev

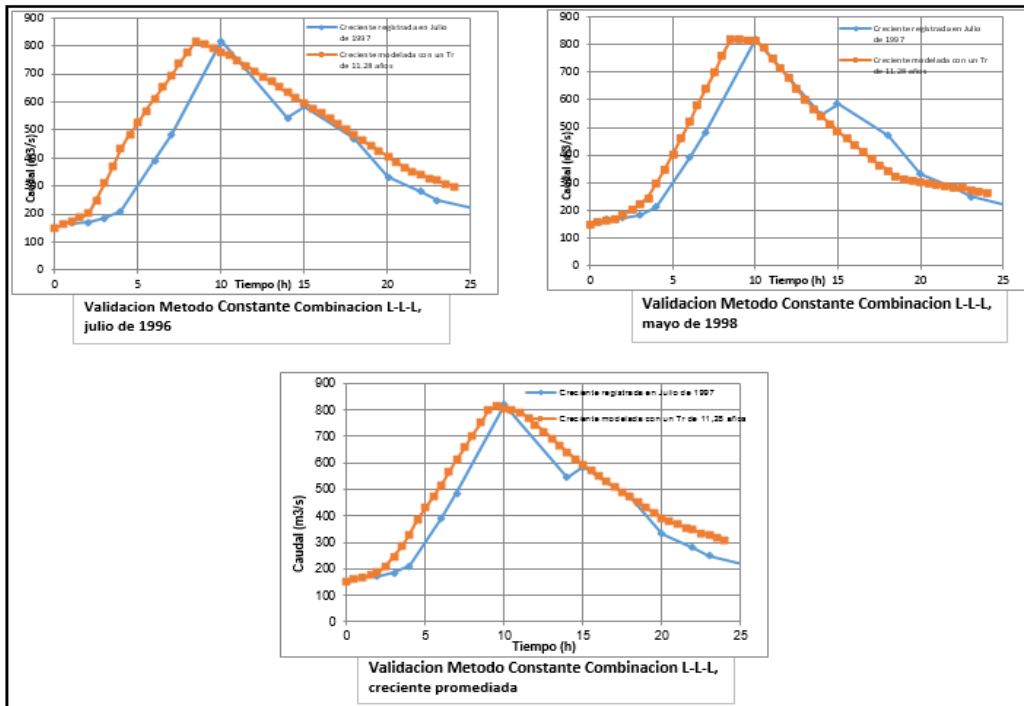


Figura 41 Validación del método con la creciento de 1997 Metodo constante Combinacion Logpearson-Logpearson-Logpearson

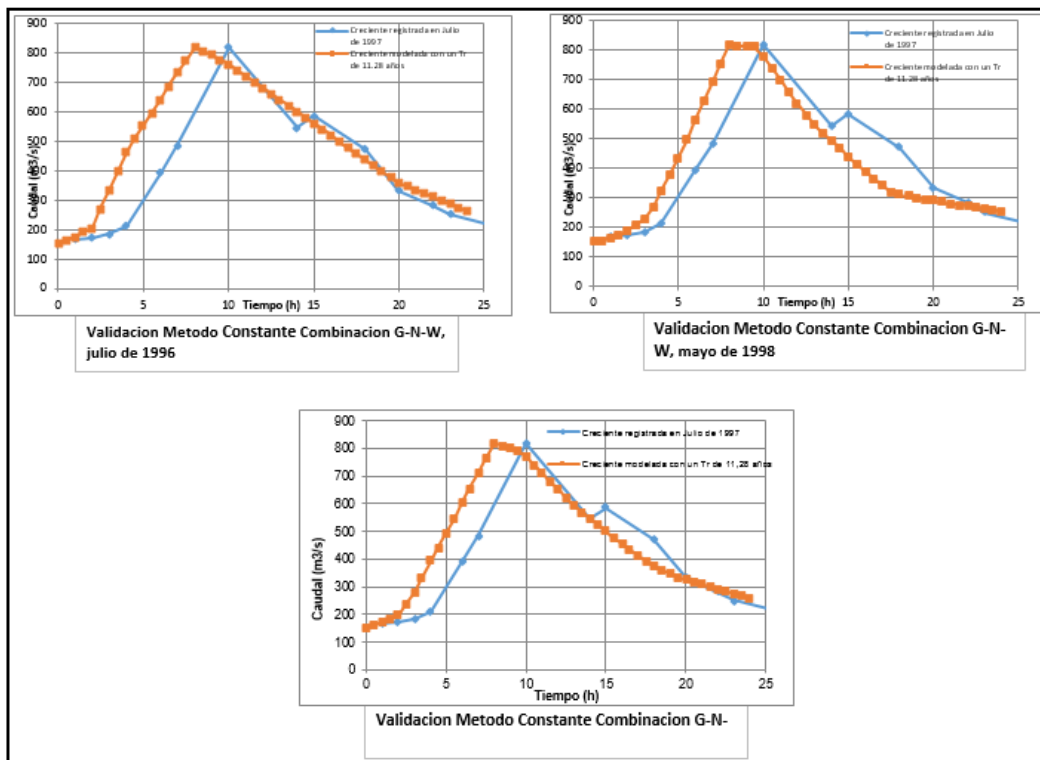


Figura 42 Validación del método con la creciento de 1997 Metodo Constante Combinacion Gumbel-Normal-Weibull

6.1.1.3 Envoltentes de las crecientes método flujo Constante.

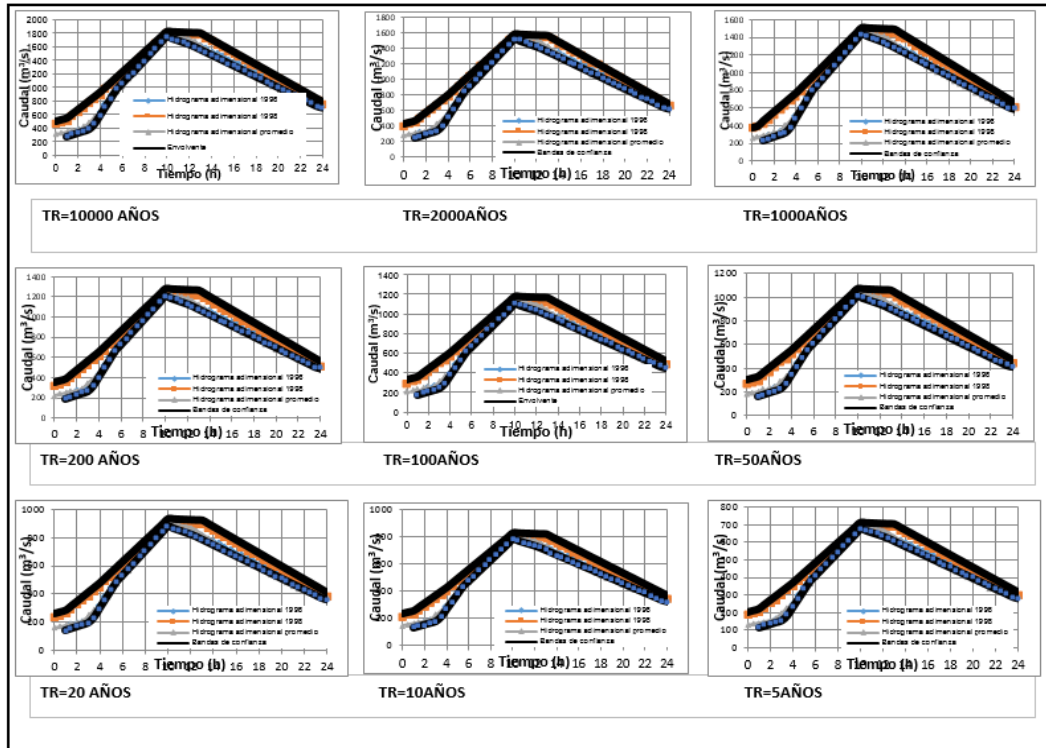


Figura 43 Envoltentes Método Constante Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel

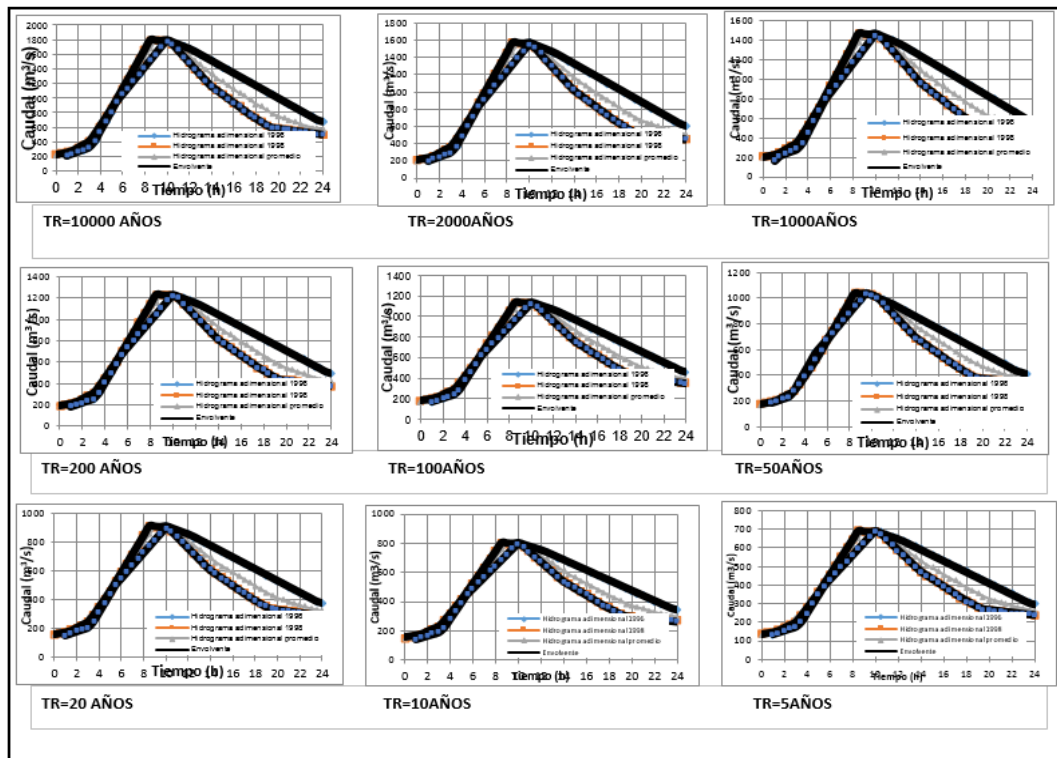


Figura 44 Envoltentes Método Constante Combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.

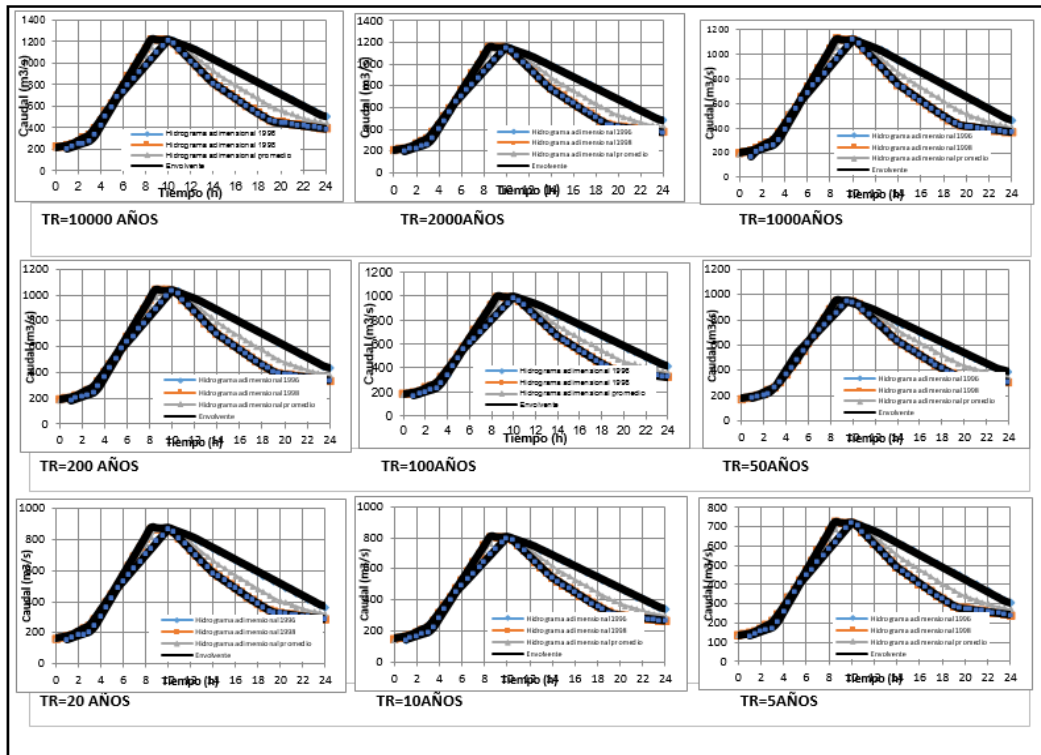


Figura 45 Envoltentes Método Constante Combinación Weibull-Normal-Weibull.

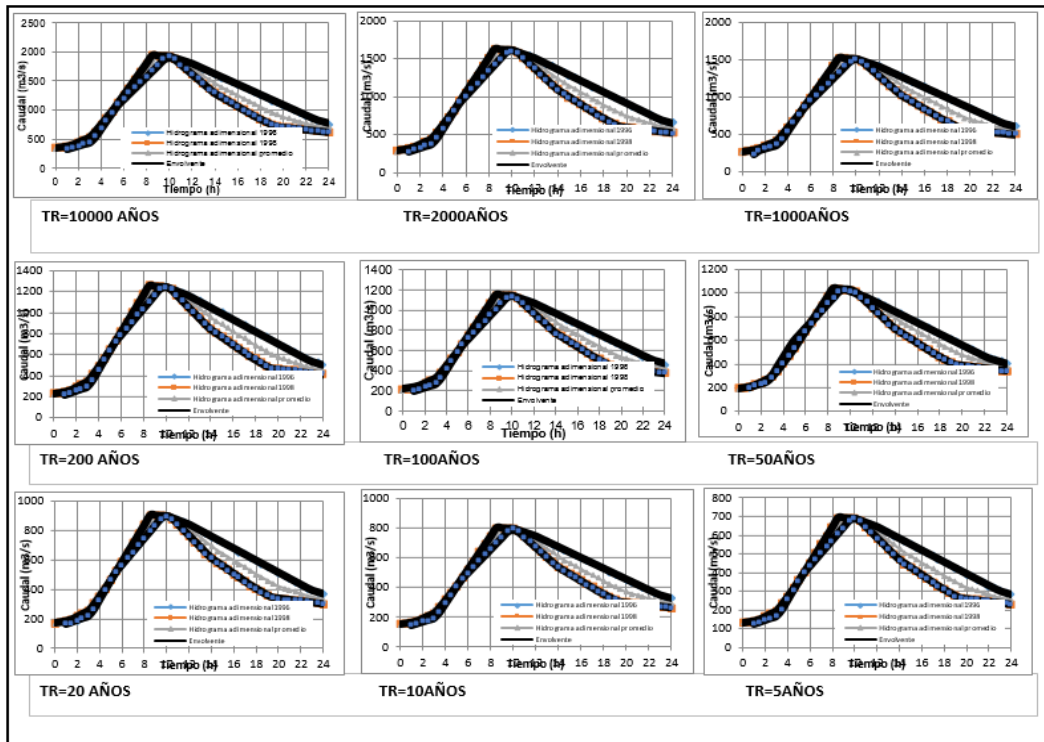


Figura 46 Envoltentes Método Constante Combinación Logpearson-Logpearson-GeV

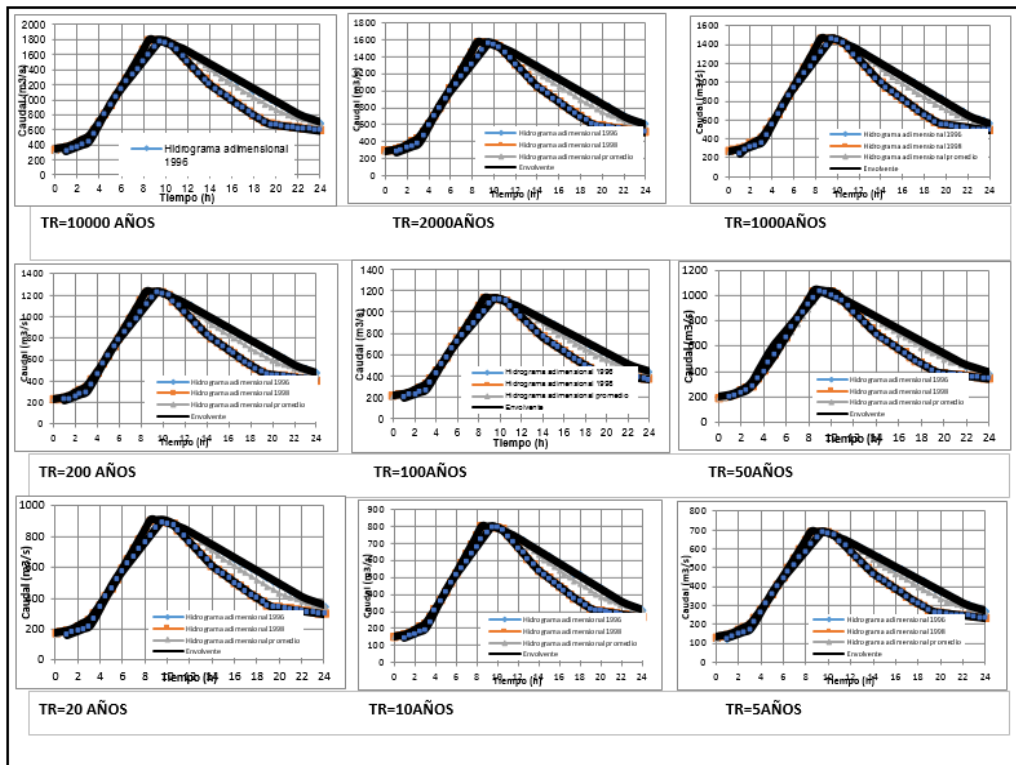


Figura 47 Envolventes Método Constante Combinación Gumbel-Logpearson-Gumbel

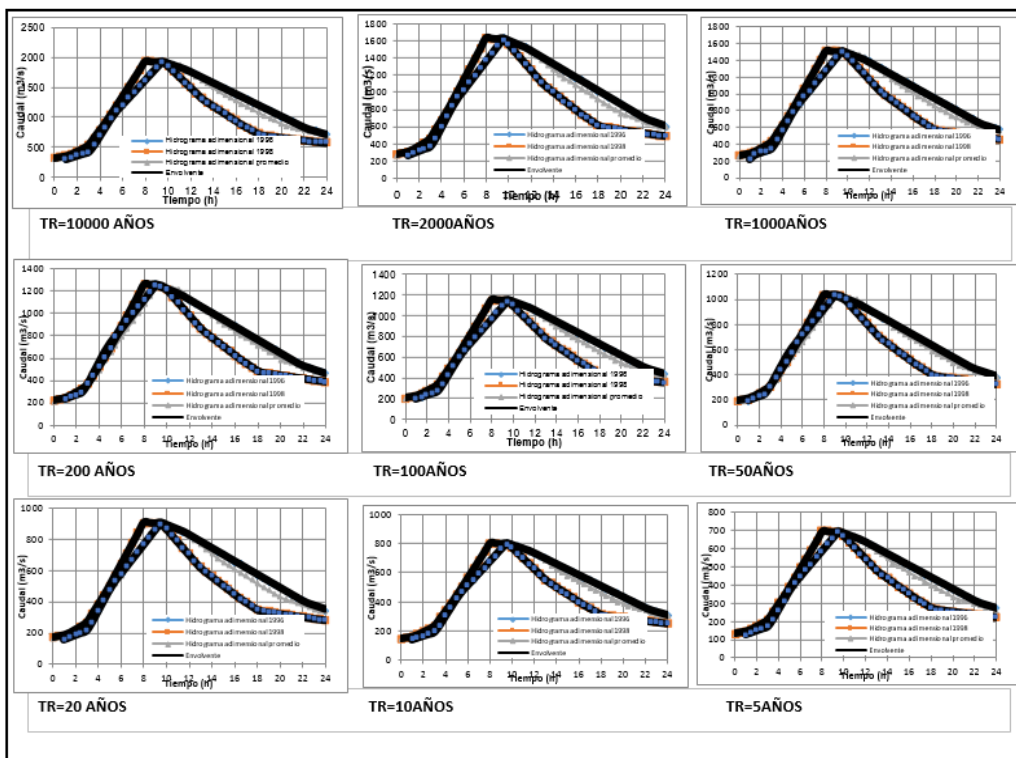


Figura 48 Envolventes Método Constante Combinación Logpearson-Logpearson-Logpearson

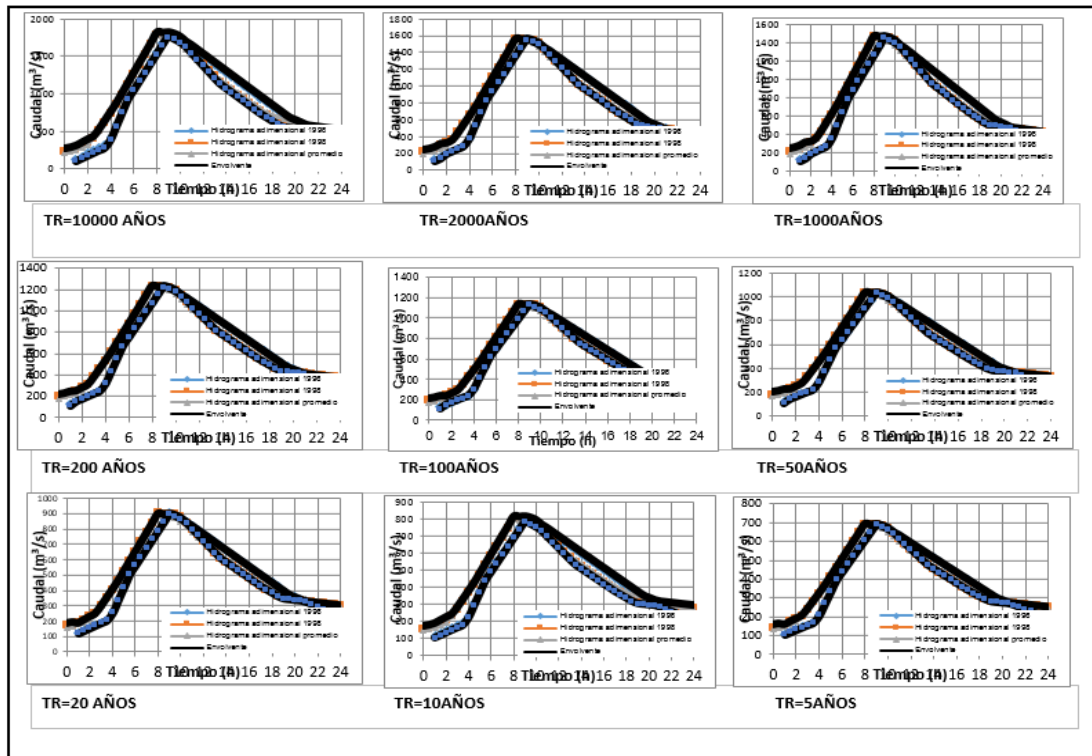


Figura 49 Envolventes Método Constante Combinación Gumbel-Normal-Weibull.

6.1.3 Cálculos método flujo base Para cuencas pequeñas.

A continuación se presenta los cálculos obtenido utilizando el método de separación de flujo base para cuencas pequeñas, con combinaciones diferentes de ajustes estadísticos para el caudal máximo, caudal medio mes más húmedo y volumen máximo en un día, la siguiente tabla esta los resultados de los volúmenes asociados a diferentes periodos de retornos y el EMC, entre el volumen registrado proyectado por métodos estadísticos con el volumen simulado producto de la utilización del método.

De las siguientes tablas obtenemos el EMC al comparar los volúmenes proyectados por métodos estadísticos y la aplicación del método Coronado – Triana, donde el objetivo es obtener el menor resultado del EMC, es decir que tienda a cero. Se subrayan los EMC con mejor resultado.

Tabla 43 Calculo del EMC método flujo base Cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel

METODO CUENCAS PEQUEÑAS COMBINACION GUMBEL-GUMBEL-GUMBEL				
Hidrograma Q1996 - Método Cuencas Pequeñas				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	100.60	96.36	4.24	2.76
2000	87.84	84.17	3.67	
1000	82.28	78.91	3.37	
200	69.46	66.71	2.75	
100	63.89	61.44	2.45	
50	58.34	56.15	2.19	
20	50.93	49.09	1.84	
10	45.19	43.64	1.55	
5	39.18	37.95	1.23	
Hidrograma Q1998 - Método Cuencas Pequeñas				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.84	96.36	-0.52	0.52
2000	83.70	84.17	-0.47	
1000	78.40	78.91	-0.51	
200	66.20	66.71	-0.51	
100	60.90	61.44	-0.54	
50	55.62	56.15	-0.53	
20	48.57	49.09	-0.52	
10	43.11	43.64	-0.53	
5	37.39	37.95	-0.56	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método Pequeñas				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.08	96.36	-1.28	1.03
2000	83.03	84.17	-1.14	
1000	77.78	78.91	-1.13	
200	65.68	66.71	-1.03	
100	60.43	61.44	-1.01	
50	55.19	56.15	-0.96	
20	48.19	49.09	-0.90	
10	42.77	43.64	-0.87	
5	37.10	37.95	-0.85	

Tabla 44 Calculo del EMC método flujo base Cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Logpearson-Weibull

METODO CUENCAS PEQUEÑAS COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Hidrograma Q1996 - Metodo Cuencas Pequeñas				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	96.75	96.20	0.55	1.23
2000	84.70	83.20	1.50	
1000	79.45	77.80	1.65	
200	67.30	65.60	1.70	
100	62.00	60.50	1.50	
50	56.72	55.40	1.32	
20	49.64	48.70	0.94	
10	44.14	43.50	0.64	
5	38.31	38.00	0.31	
Hidrograma Q1998 - Método Cuencas Pequeñas				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	91.73	96.20	-4.47	1.80
2000	81.13	83.20	-2.07	
1000	76.53	77.80	-1.27	
200	65.69	65.60	0.09	
100	60.89	60.50	0.39	
50	56.11	55.40	0.71	
20	49.62	48.70	0.92	
10	44.50	43.50	1.00	
5	38.97	38.00	0.97	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método Pequeñas				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	94.61	96.20	-1.59	1.11
2000	83.27	83.20	0.07	
1000	78.34	77.80	0.54	
200	66.82	65.60	1.22	
100	61.76	60.50	1.26	
50	56.72	55.40	1.32	
20	49.91	48.70	1.21	
10	44.58	43.50	1.08	
5	38.88	38.00	0.88	

Tabla 45 Calculo del EMC método flujo base Cuencas pequeñas Combinación Weibull-Normal-Weibull

METODO CUENCAS PEQUEÑAS COMBINACION WEIBULL-NORMAL-WEIBULL				
Hidrograma Q1996 - Método Cuencas Pequeñas				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	66.33	66.10	0.23	1.11
2000	63.11	62.10	1.01	
1000	61.02	60.20	0.82	
200	56.73	55.30	1.43	
100	54.28	53.00	1.28	
50	51.75	50.40	1.35	
20	47.84	46.60	1.24	
10	44.31	43.10	1.21	
5	39.86	39.00	0.86	
Hidrograma Q1998 - Método Cuencas Pequeñas				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	61.82	66.10	-4.28	2.61
2000	58.83	62.10	-3.27	
1000	56.98	60.20	-3.22	
200	53.00	55.30	-2.30	
100	50.75	53.00	-2.25	
50	48.43	50.40	-1.97	
20	44.84	46.60	-1.76	
10	41.59	43.10	-1.51	
5	37.49	39.00	-1.51	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método Pequeñas				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	64.83	66.10	-1.27	0.52
2000	61.69	62.10	-0.41	
1000	59.70	60.20	-0.50	
200	55.53	55.30	0.23	
100	53.15	53.00	0.15	
50	50.70	50.40	0.30	
20	46.91	46.60	0.31	
10	43.48	43.10	0.38	
5	39.16	39.00	0.16	

Tabla 46 Calculo del EMC método flujo base Cuencas pequeñas Combinación Log-Log-Gev

METODO CUENCAS PEQUEÑAS COMBINACION LOG-LOG-GEV				
Hidrograma Q1996 - Método Cuencas Pequeñas				
PERÍODO DE RETRONO	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	100.01	96.20	3.81	1.75
2000	84.69	83.20	1.49	
1000	78.95	77.80	1.15	
200	65.58	65.60	-0.02	
100	59.86	60.50	-0.64	
50	54.23	55.40	-1.17	
20	47.28	48.70	-1.42	
10	41.89	43.50	-1.61	
5	36.26	38.00	-1.74	
Hidrograma Q1998 - Método Cuencas Pequeñas				
PERÍODO DE RETRONO	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.92	96.20	-0.28	2.38
2000	81.52	83.20	-1.68	
1000	76.00	77.80	-1.80	
200	63.30	65.60	-2.30	
100	57.84	60.50	-2.66	
50	52.50	55.40	-2.90	
20	45.82	48.70	-2.88	
10	40.63	43.50	-2.87	
5	35.26	38.00	-2.74	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método Cuencas Pequeñas				
PERÍODO DE RETRONO	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	99.55	96.20	3.35	1.62
2000	84.40	83.20	1.20	
1000	78.68	77.80	0.88	
200	65.42	65.60	-0.18	
100	59.74	60.50	-0.76	
50	54.16	55.40	-1.24	
20	47.23	48.70	-1.47	
10	41.85	43.50	-1.65	
5	36.26	38.00	-1.74	

Tabla 47 Calculo del EMC método flujo base Cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Log-pearson-Gev.

METODO CUENCAS PEQUEÑAS COMBINACION GUMBEL-LOG-GEV.				
Hidrograma Q1996 - Método Cuencas Pequeñas				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	93.59	96.20	-2.61	1.64
2000	81.59	83.20	-1.61	
1000	76.40	77.80	-1.40	
200	64.41	65.60	-1.19	
100	59.24	60.50	-1.26	
50	54.05	55.40	-1.35	
20	47.16	48.70	-1.54	
10	41.82	43.50	-1.68	
5	36.28	38.00	-1.72	
Hidrograma Q1998 - Método Cuencas Pequeñas				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.56	96.20	-0.64	0.48
2000	83.24	83.20	0.04	
1000	77.88	77.80	0.08	
200	65.68	65.60	0.08	
100	60.40	60.50	-0.10	
50	55.15	55.40	-0.25	
20	48.17	48.70	-0.53	
10	42.74	43.50	-0.76	
5	37.15	38.00	-0.85	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método Cuencas Pequeñas				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.88	96.20	-0.32	0.44
2000	83.57	83.20	0.37	
1000	78.22	77.80	0.42	
200	65.95	65.60	0.35	
100	60.66	60.50	0.16	
50	55.36	55.40	-0.04	
20	48.32	48.70	-0.38	
10	42.87	43.50	-0.63	
5	37.21	38.00	-0.79	

Tabla 48 Calculo del EMC método flujo base Cuencas pequeñas Combinación Log-pearson-Logpearson-Logpearson.

MÉTODO CUENCAS PEQUEÑAS COMBINACION LOG-LOG-LOG.				
Hidrograma Q1996 - Método Cuencas Pequeñas				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	99.53	96.20	3.33	1.60
2000	84.32	83.20	1.12	
1000	78.66	77.80	0.86	
200	65.39	65.60	-0.21	
100	59.72	60.50	-0.78	
50	54.14	55.40	-1.26	
20	47.23	48.70	-1.47	
10	41.89	43.50	-1.61	
5	36.29	38.00	-1.71	
Hidrograma Q1998 - Método Cuencas Pequeñas				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	96.04	96.20	-0.16	1.83
2000	81.81	83.20	-1.39	
1000	76.42	77.80	-1.38	
200	63.81	65.60	-1.79	
100	58.41	60.50	-2.09	
50	53.14	55.40	-2.26	
20	46.49	48.70	-2.21	
10	41.36	43.50	-2.14	
5	35.97	38.00	-2.03	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método Cuencas Pequeñas				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	100.00	96.20	3.80	1.58
2000	85.01	83.20	1.81	
1000	79.36	77.80	1.56	
200	66.15	65.60	0.55	
100	60.51	60.50	0.01	
50	54.97	55.40	-0.43	
20	48.05	48.70	-0.65	
10	42.69	43.50	-0.81	
5	37.07	38.00	-0.93	

Tabla 49 Calculo del EMC método flujo base Cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Normal-Logpearson.

MÉTODO CUENCAS PEQUEÑAS COMBINACION GUMBEL-NORMAL-LOG				
Hidrograma Q1996 - Método Cuencas Pequeñas				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	89.74	66.10	23.64	10.97
2000	79.97	62.10	17.87	
1000	72.27	60.20	12.07	
200	61.67	55.30	6.37	
100	56.55	53.00	3.55	
50	52.61	50.40	2.21	
20	46.41	46.60	-0.19	
10	42.41	43.10	-0.69	
5	38.21	39.00	-0.79	
Hidrograma Q1998 - Método Cuencas Pequeñas				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	74.16	66.10	8.06	6.47
2000	65.09	62.10	2.99	
1000	61.14	60.20	0.94	
200	51.96	55.30	-3.34	
100	47.95	53.00	-5.05	
50	43.94	50.40	-6.46	
20	38.56	46.60	-8.04	
10	34.36	43.10	-8.74	
5	29.90	39.00	-9.10	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método Cuencas Pequeñas				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	85.38	66.10	19.28	8.83
2000	74.77	62.10	12.67	
1000	70.14	60.20	9.94	
200	59.43	55.30	4.13	
100	54.76	53.00	1.76	
50	50.10	50.40	-0.30	
20	43.85	46.60	-2.75	
10	39.00	43.10	-4.10	
5	33.86	39.00	-5.14	

6.1.3.2 Generación de hidrogramas método Cuencas Pequeñas:

En las siguientes graficas se obtienen las crecientes a diferentes periodos de retorno, teniendo en cuenta las combinaciones para el ajuste estadístico antes explicadas.

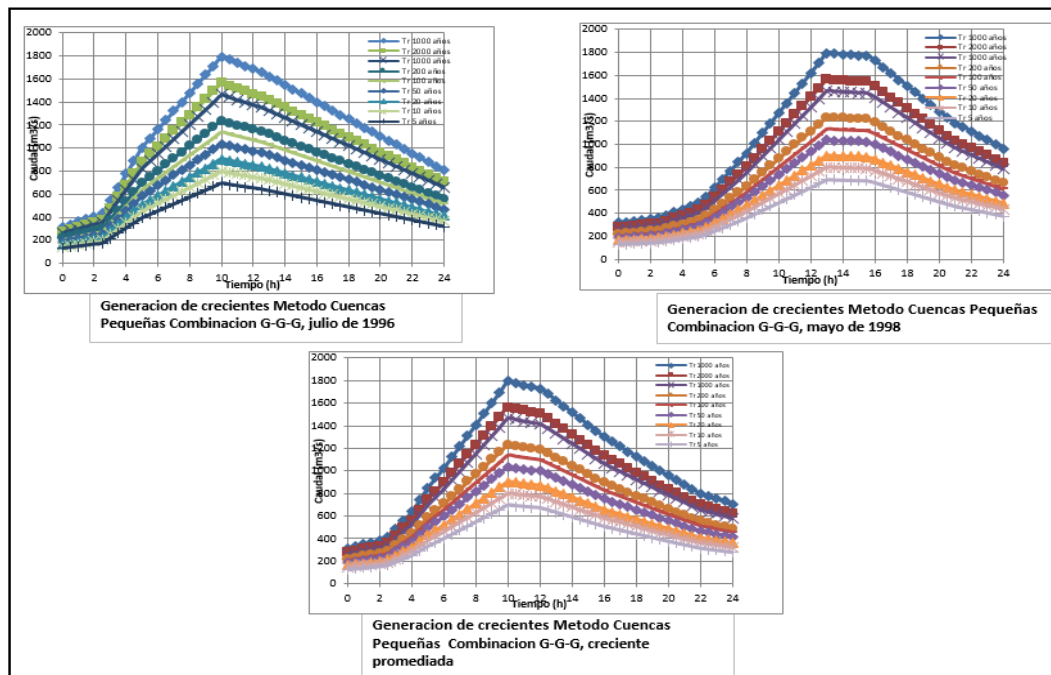


Figura 50 Generación de crecientes método Cuencas pequeñas, combinación G-G-G

De esta grafica se aprecia que mantienen la misma forma del hidrograma con tiempo al pico de 10 horas, para los hidrogramas con creciente de 1996, 1998 y la combinación.

Al igual que en los métodos anteriores antes descrito (método de separación de flujo base lineal y constante), se obtienen todos los hidrogramas asociados a diferentes periodos de retronó y con diferentes combinaciones de ajustes estadísticos, de esta forma se analizan todos los hidrogramas.

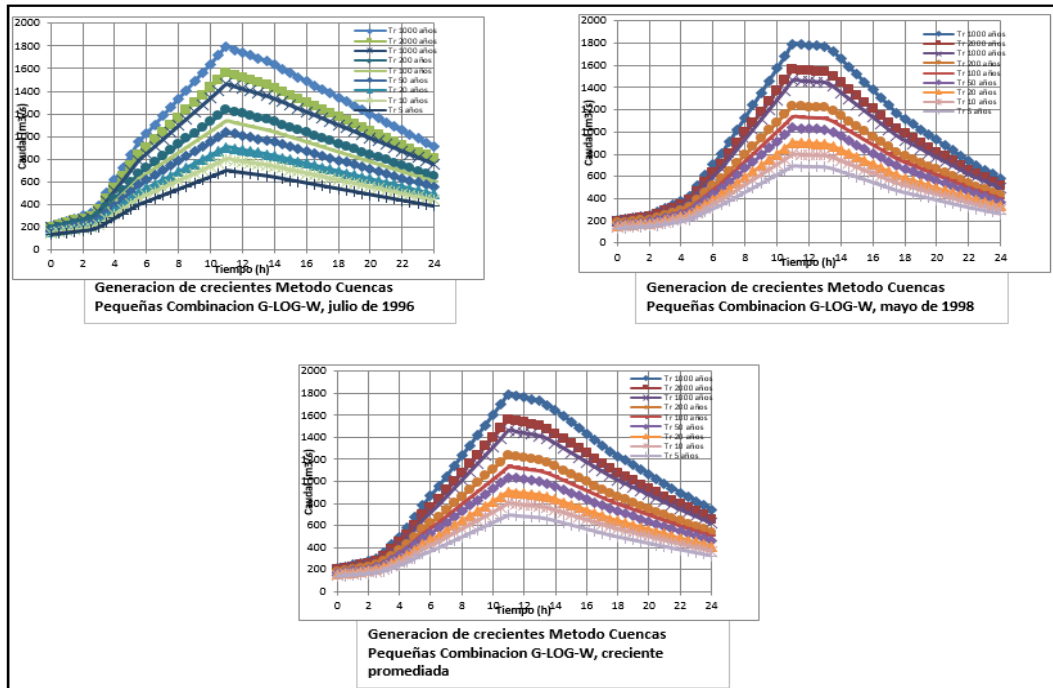


Figura 51 Generación de crecientes método Cuencas pequeñas, combinación Gumbel-Logpearson-Weibull

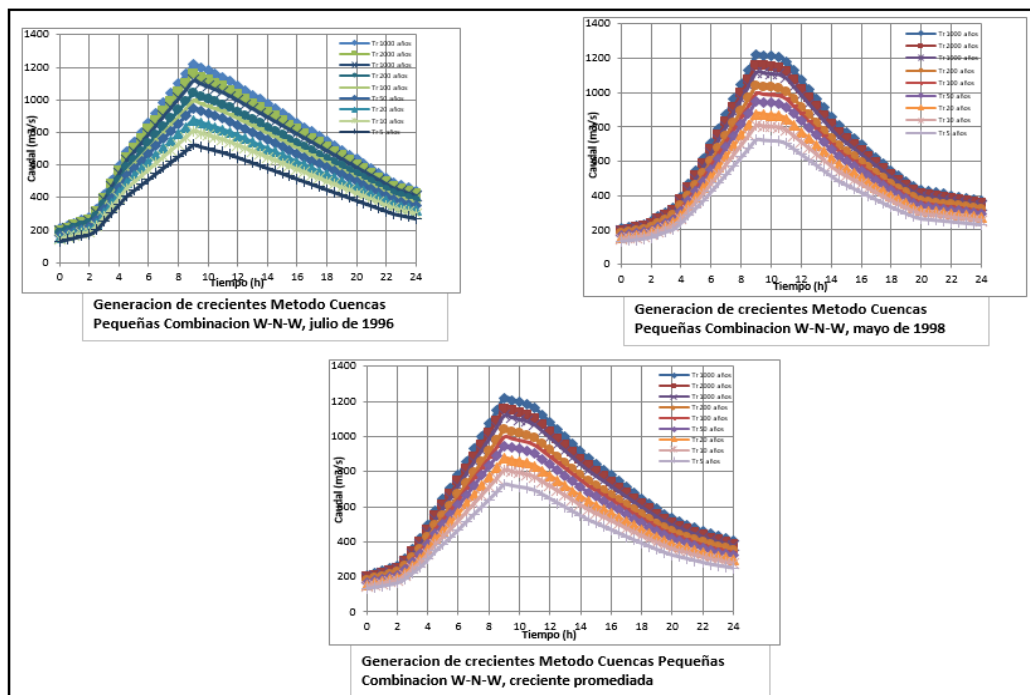


Figura 52 Generación de crecientes método Cuencas pequeñas, combinación Weibull-Normal-Weibull

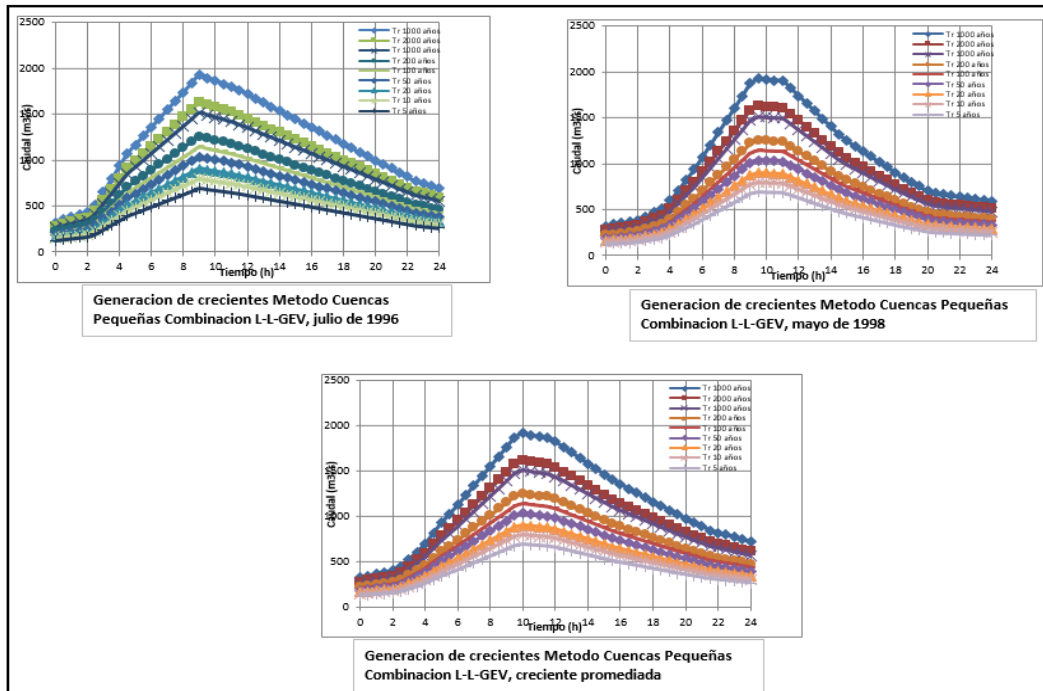


Figura 53 Generación de crecientes método Cuencas pequeñas, combinación Logpearson-Lorpearson-Gev.

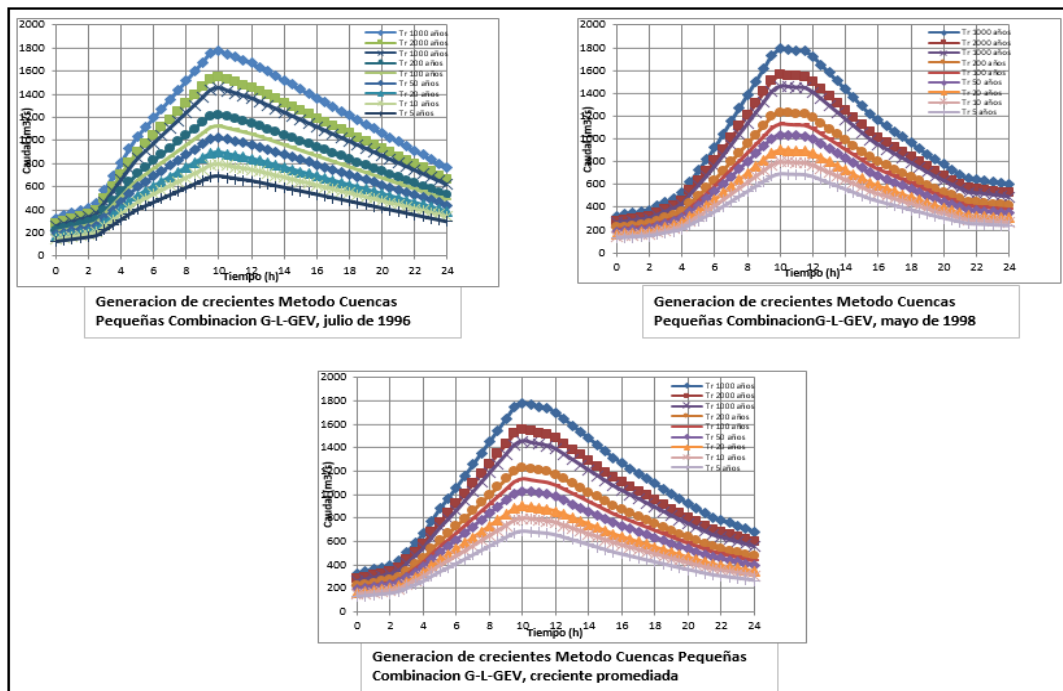


Figura 54 Generación de crecientes método Cuencas pequeñas, combinación Gumbel-Logpearson-Gev..

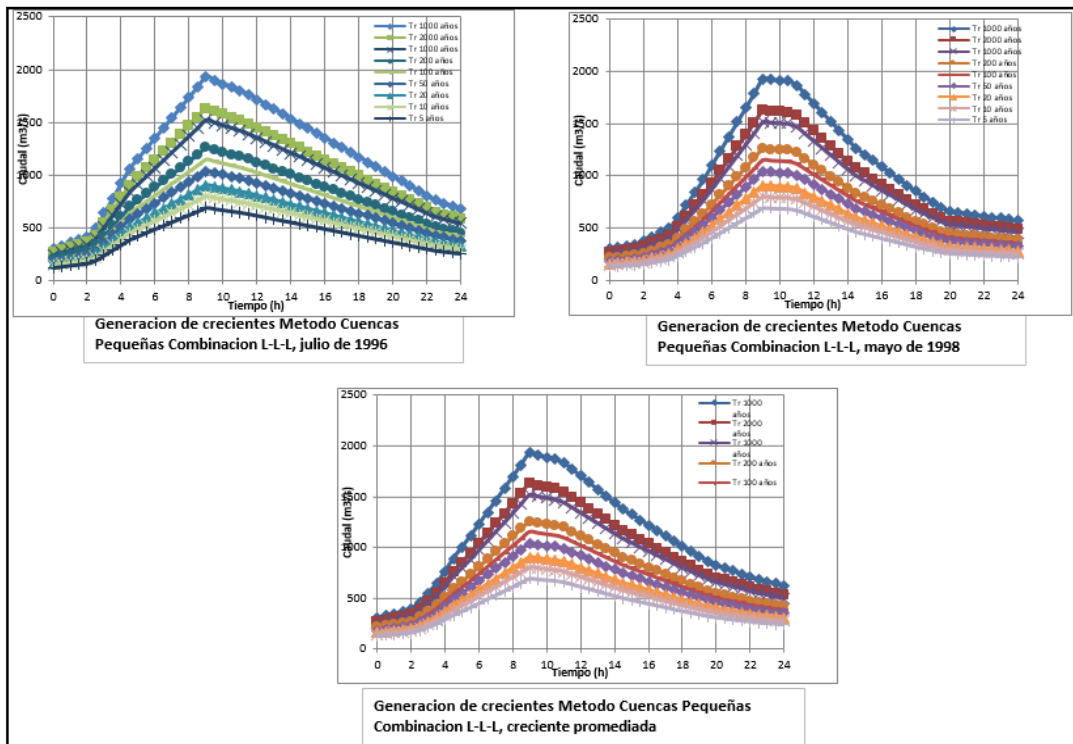


Figura 55 Generación de crecientes método Cuencas pequeñas, combinación Logpearson - Logpearson- Logpearson.

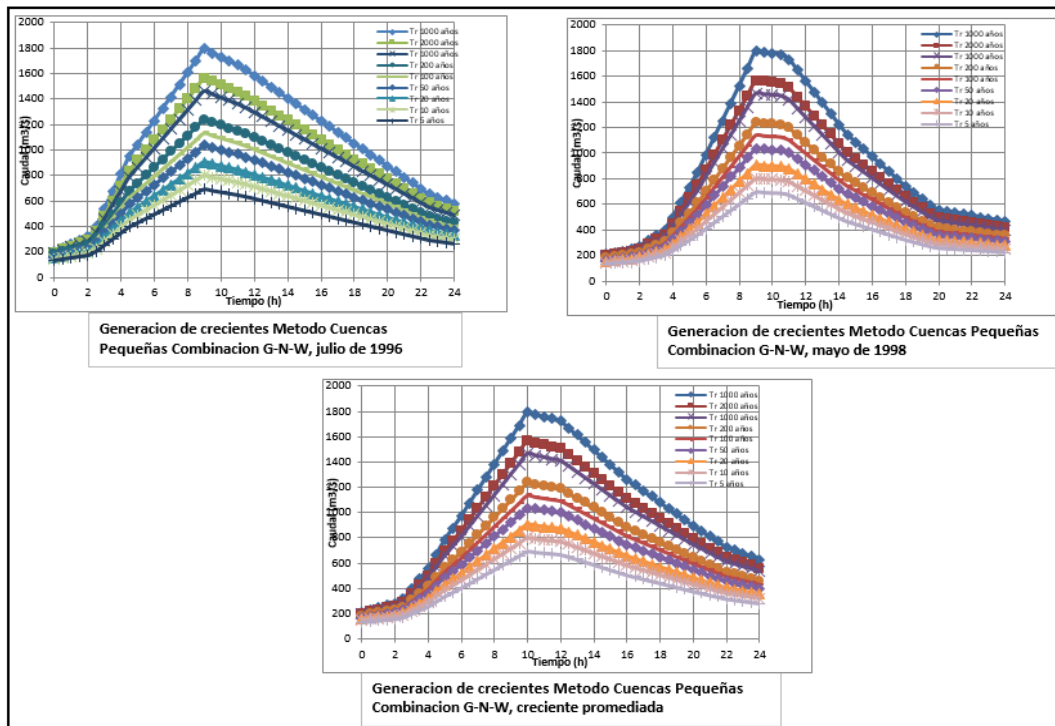


Figura 56 Generación de crecientes método Cuencas pequeñas, combinación Gumbel-Normal-Weibull

6.1.3.2 Validación del método flujo base Cuencas pequeñas.

La validación del método se realiza con la creciente registrada en julio de 1997, con una creciente modelada con un periodo de retorno de 11,28 Años. En la figura 15, Podemos observar que el comportamiento de la curva modelada se ajusta a la curva de la creciente registrada.

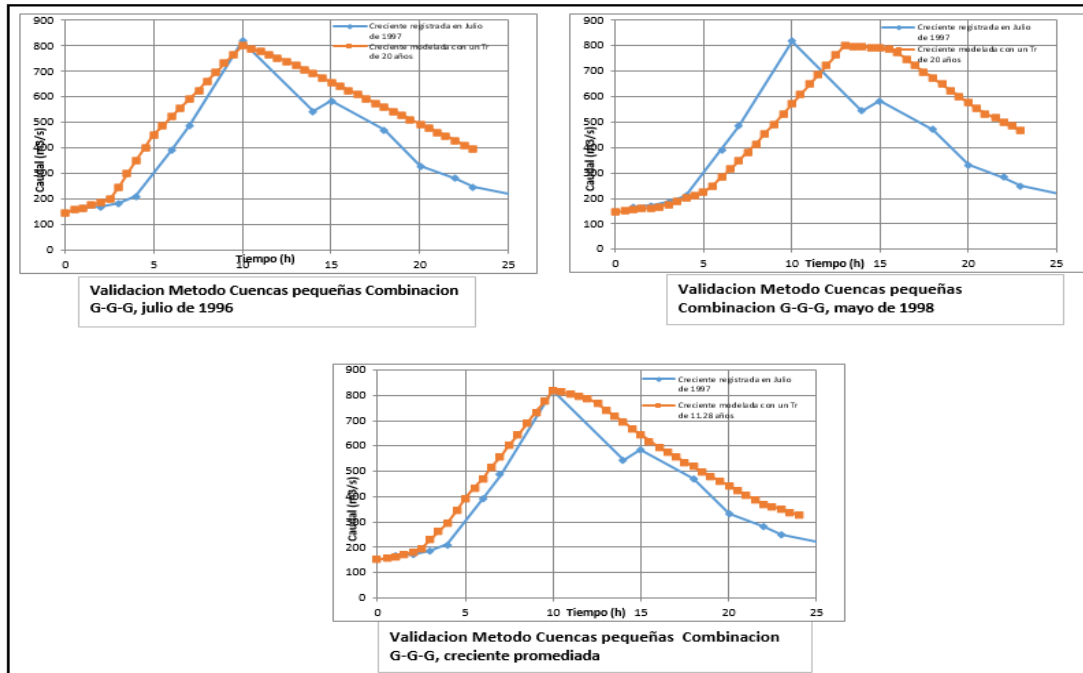


Figura 57 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel..

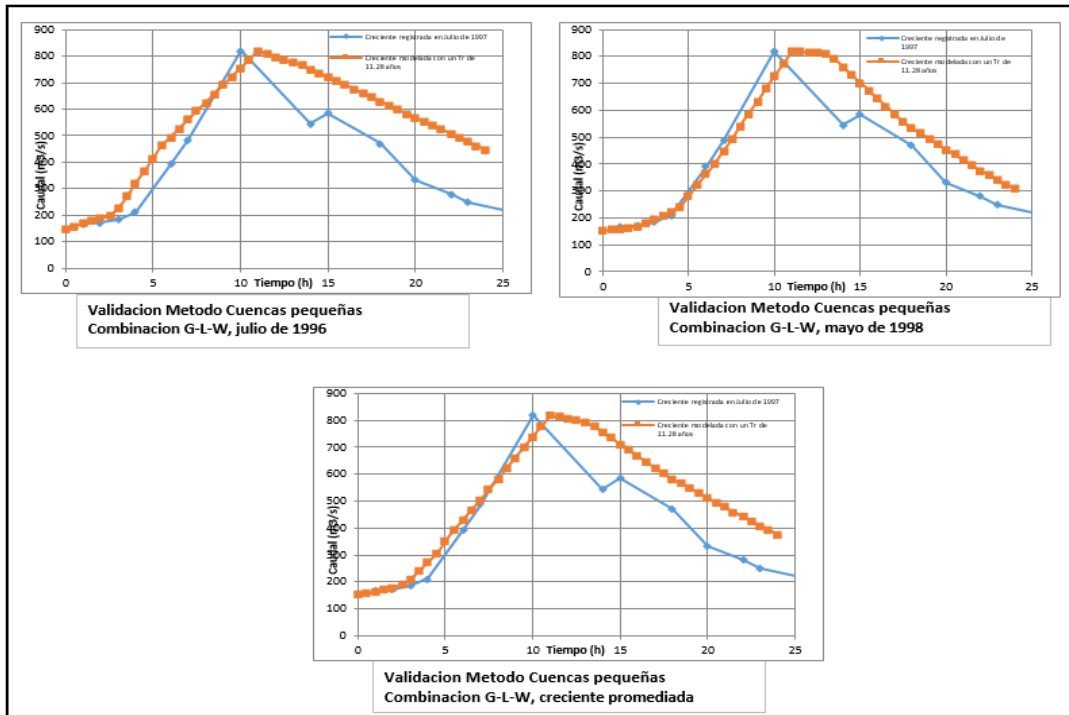


Figura 58 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.

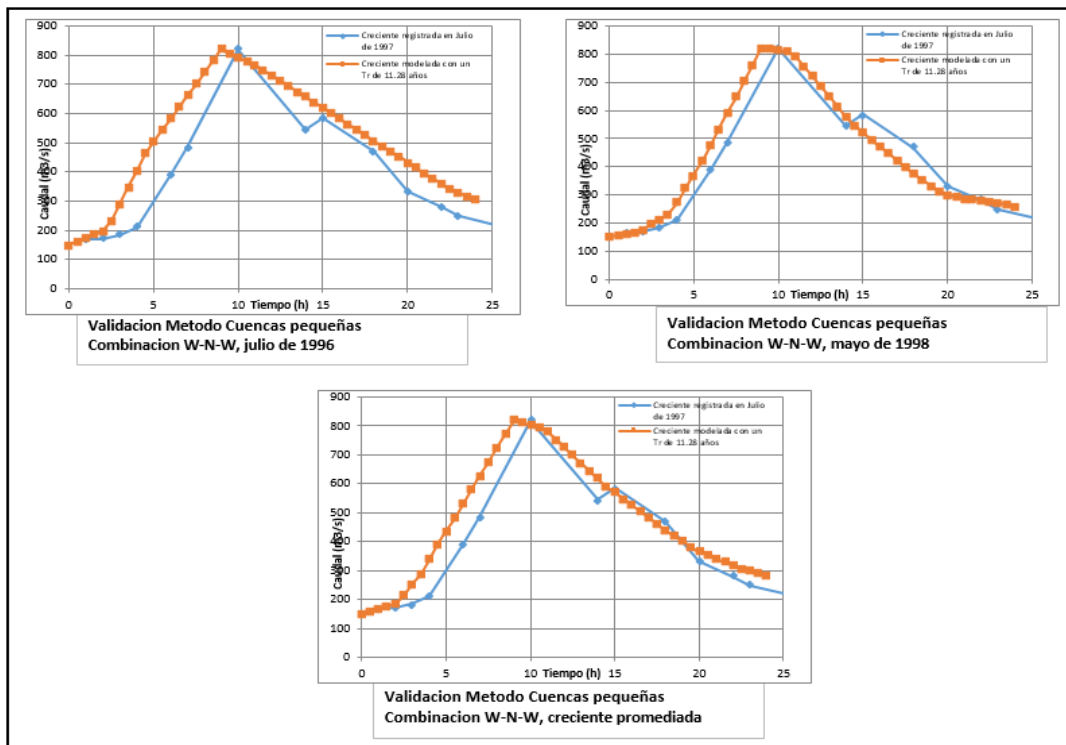


Figura 59 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo cuencas pequeñas Combinación Weibull-Normal-Weibull.

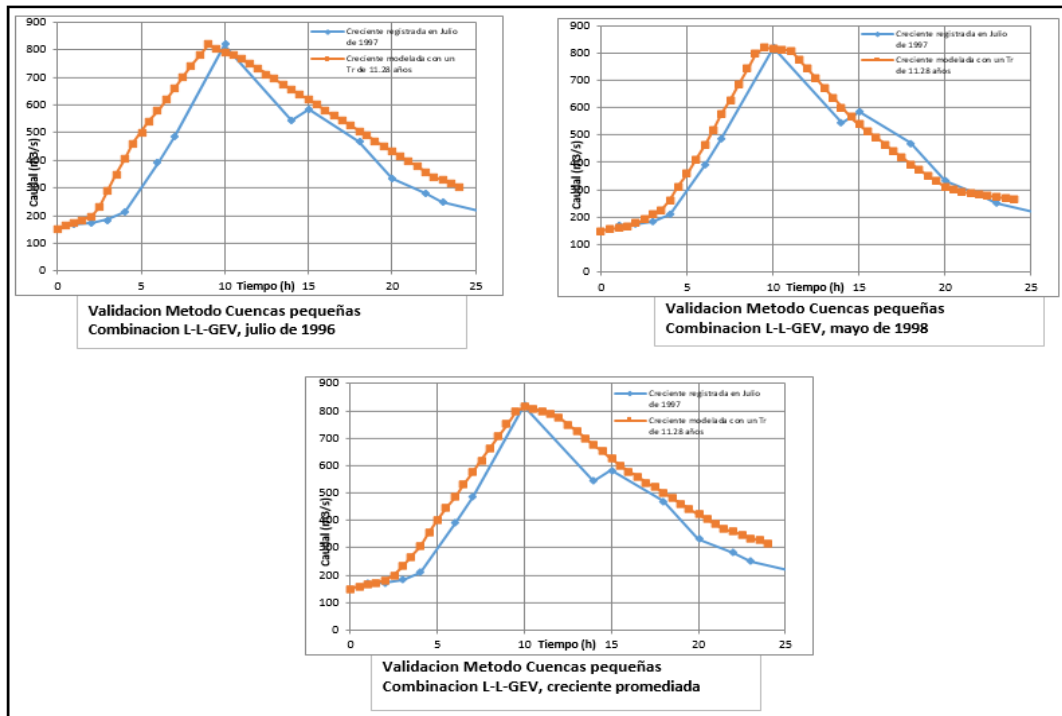


Figura 60 Validación del método con la creciete de 1997Metodo cuencas pequeñas Combinación Logpearson-Logpearson-Gev.

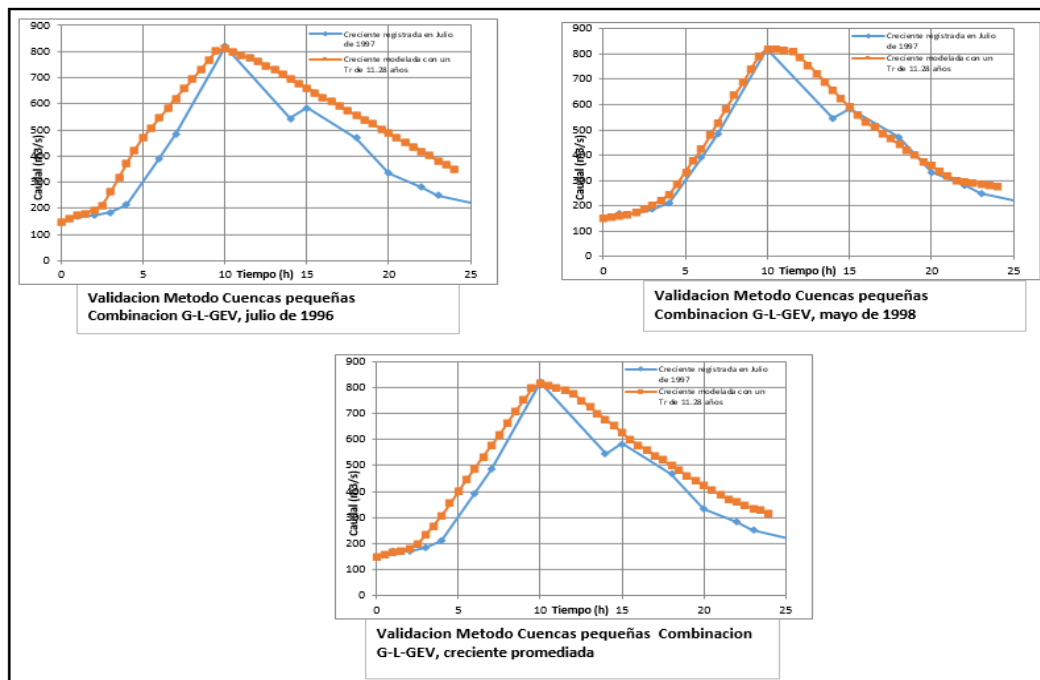


Figura 61 Validación del método con la creciete de 1997Metodo cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Logpearson-Gev

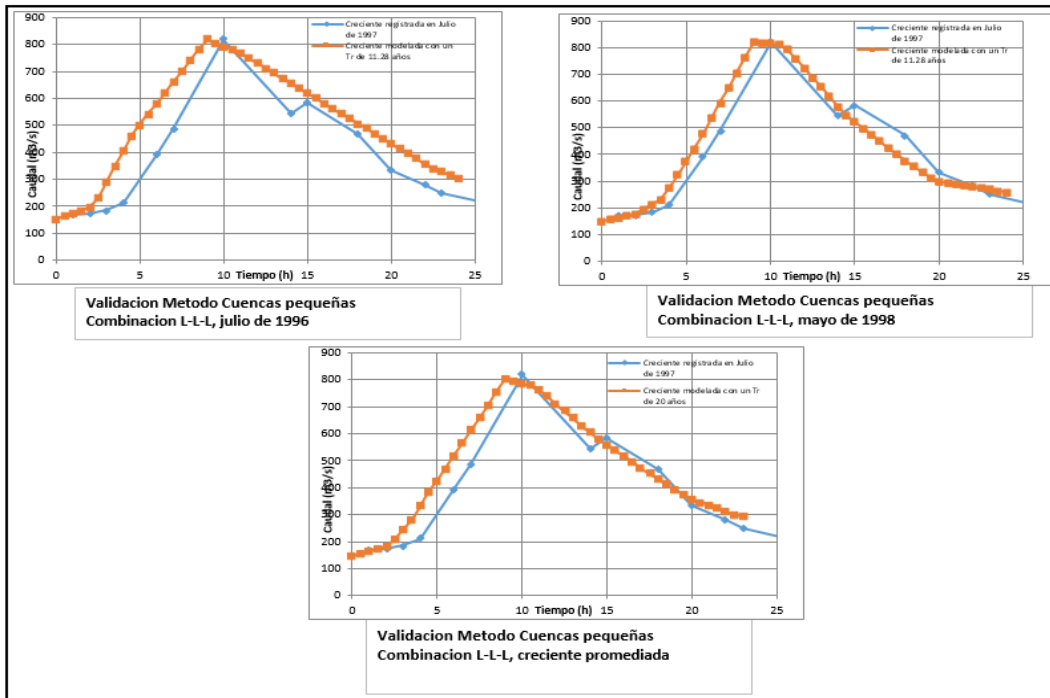


Figura 62 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo cuencas pequeñas Combinación Logpearson-Logpearson-Logpearson

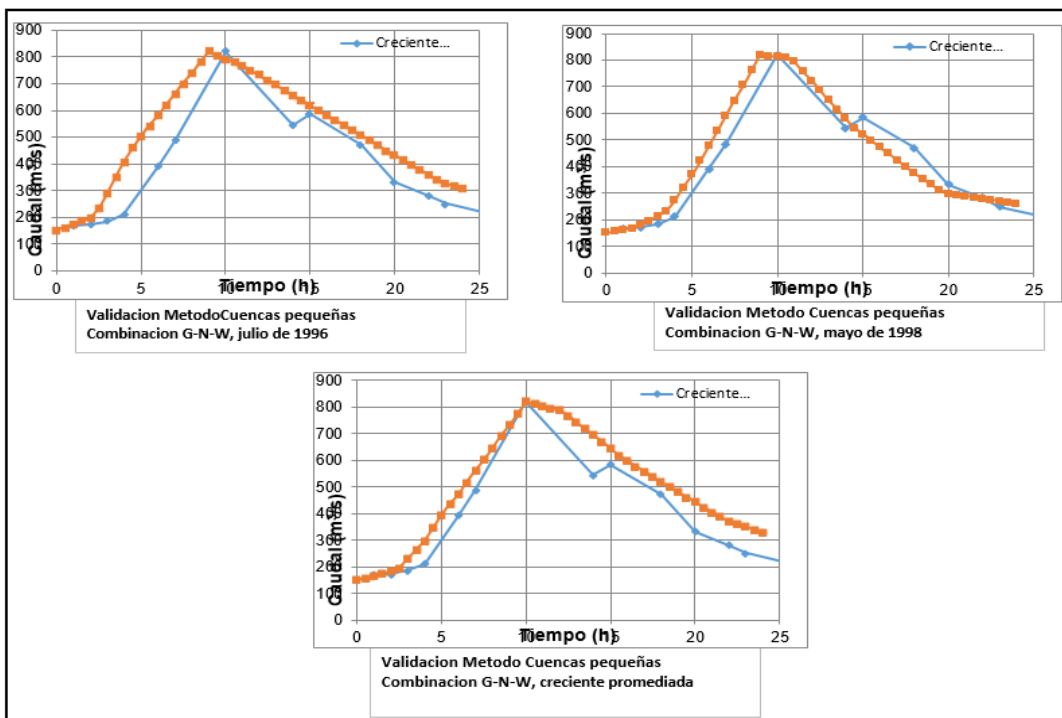


Figura 63 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Normal-Weibull

De acuerdo con los resultados anteriores, el procedimiento de estimación de hidrogramas de diseño representa de manera adecuada a las crecientes máximas registradas debido a que es consistente en la estimación del caudal máximo instantáneo, del volumen total y del tiempo al pico.

6.1.3.3 Envoltentes de las crecientes método flujo base Cuencas Pequeñas.

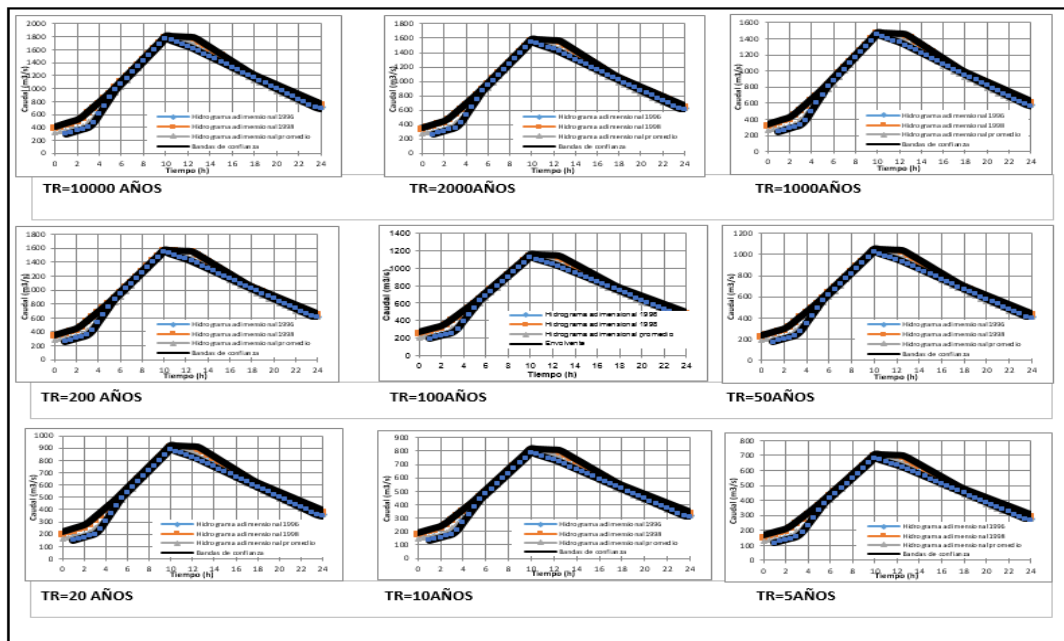


Figura 64 Envoltentes Método Cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel

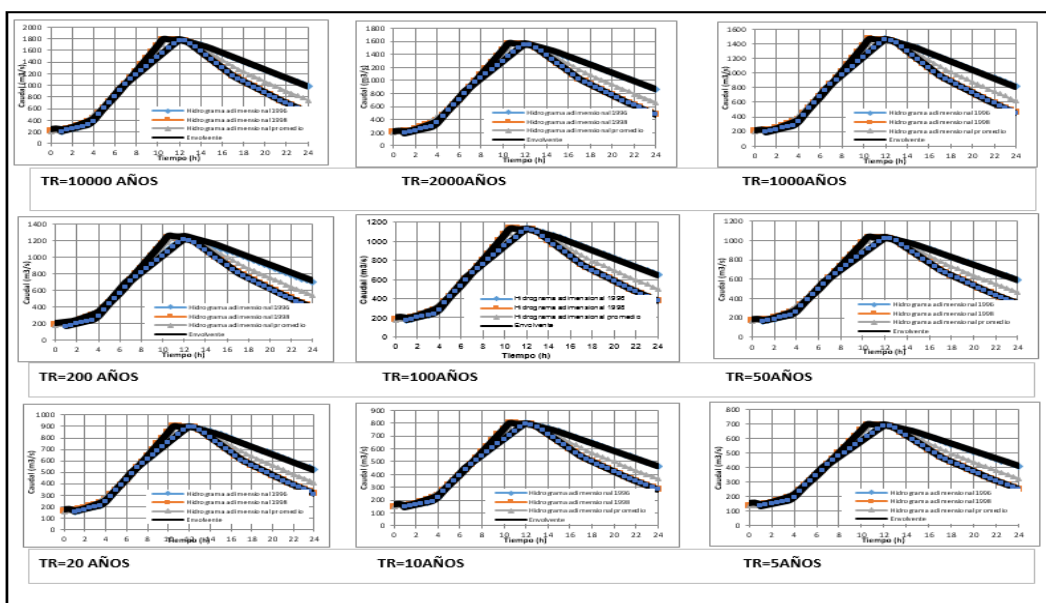


Figura 65 Envoltentes Cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.

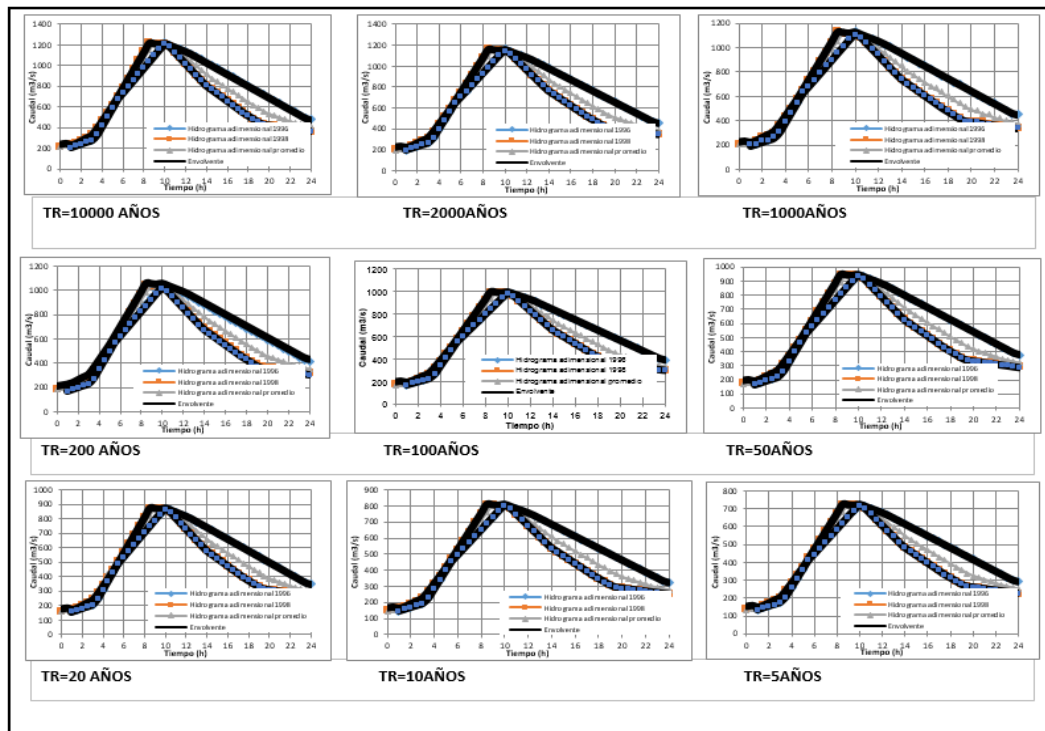


Figura 66 Envolventes Método Cuencas pequeñas Combinación Weibull-Normal-Weibull.

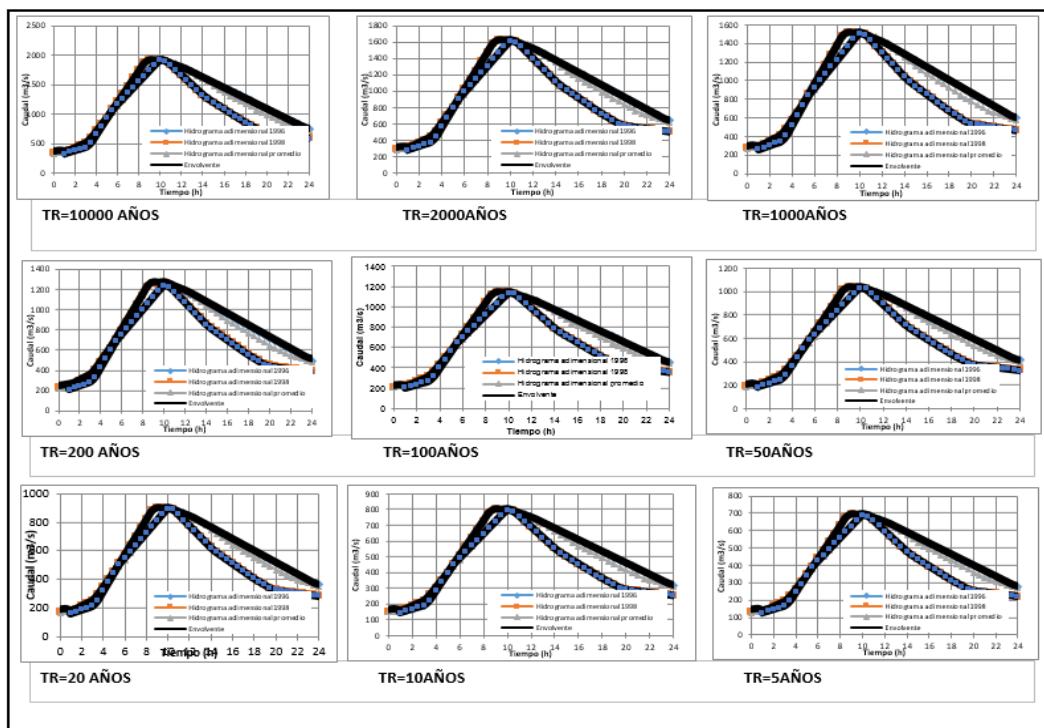


Figura 67 Envolventes Método Cuencas pequeñas Combinación Logpearson-Logpearson-Gev

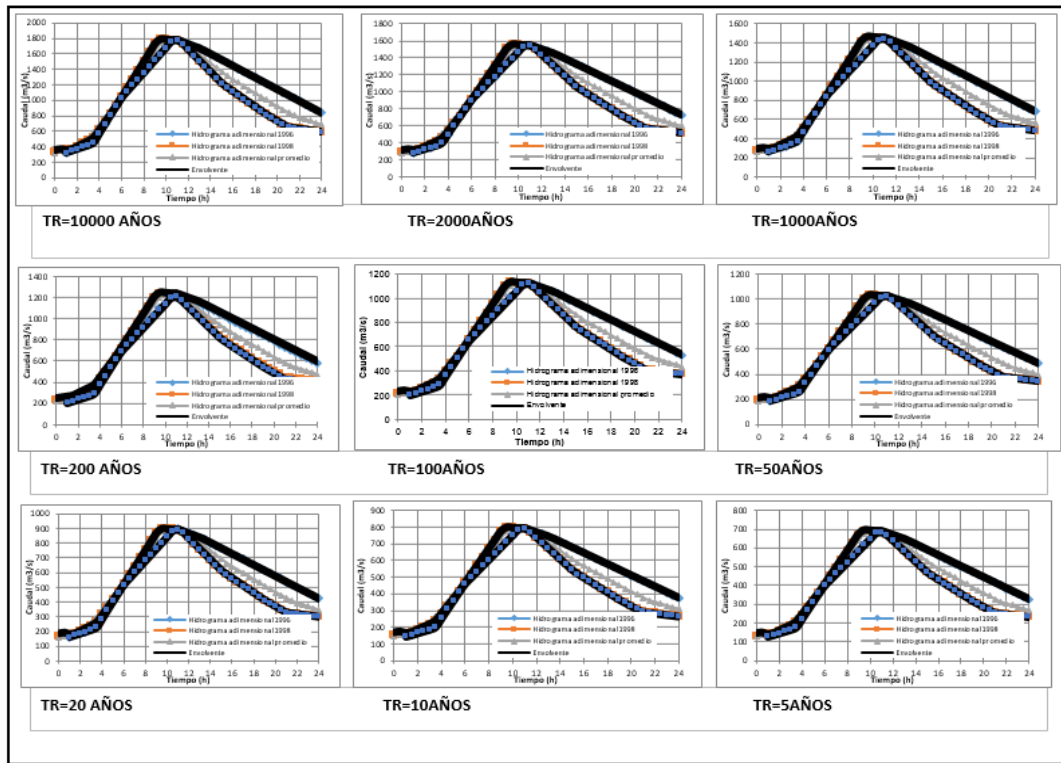


Figura 68 Envoltentes Método Cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Logpearson-Gumbel

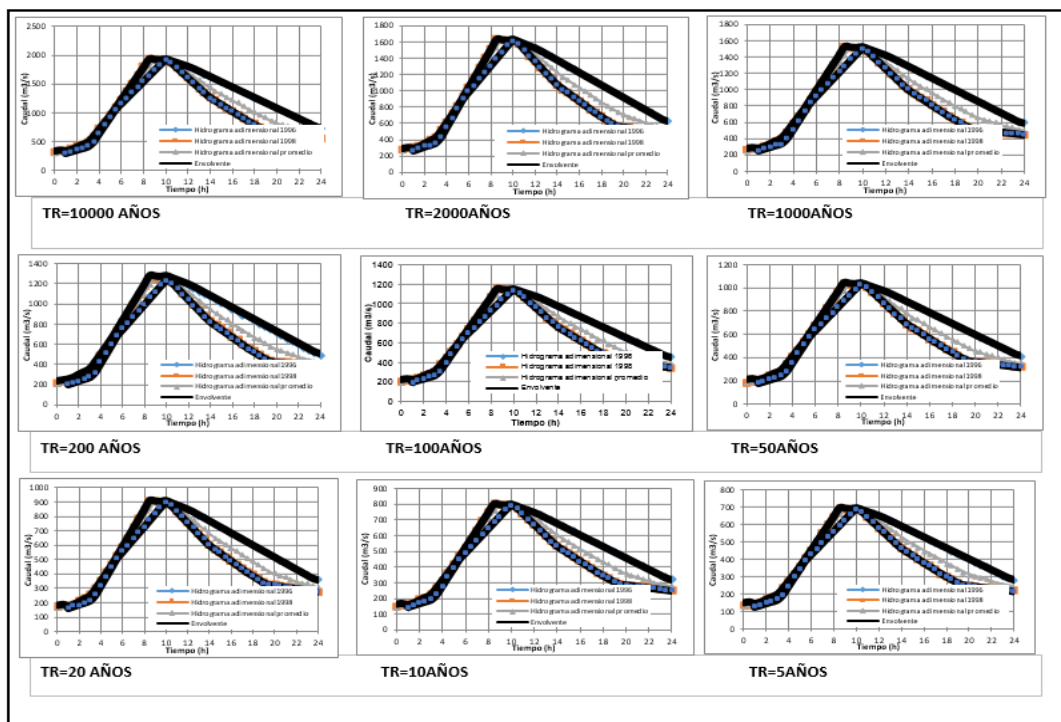


Figura 69 Envoltentes Método Cuencas pequeñas Combinación Logpearson-Logpearson-Logpearson

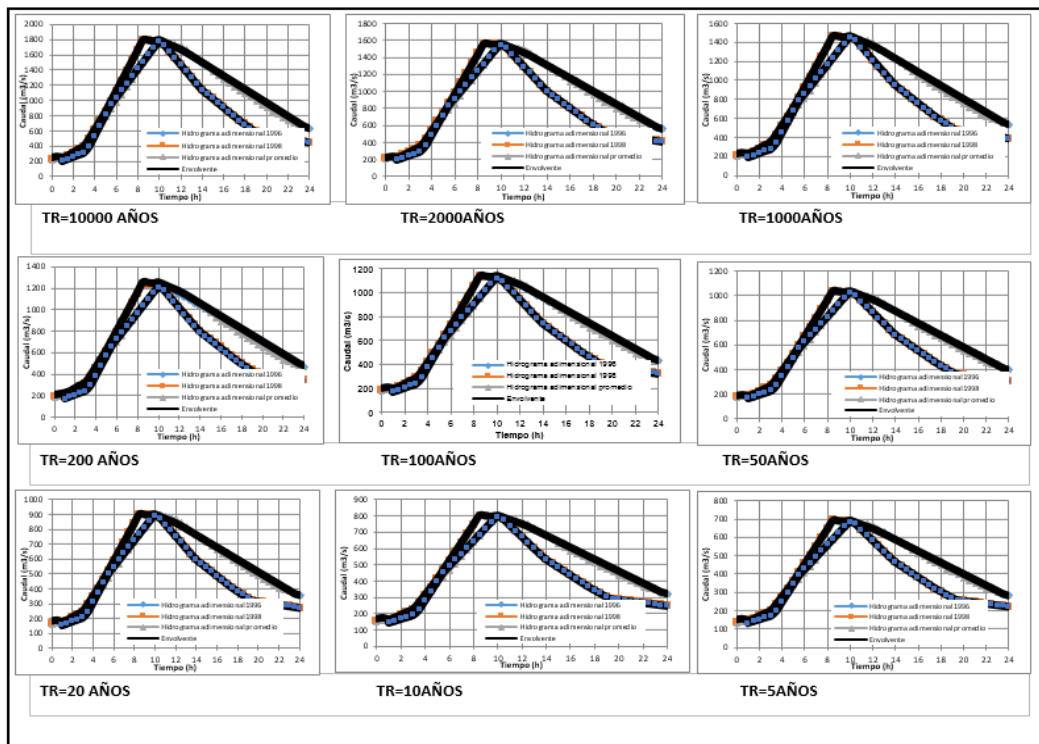


Figura 70 Envolventes Método Cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Normal-Weibull.

En la Figuras anteriores se observa que no existe mayor incertidumbre al utilizar diferentes hidrogramas registrados en la estimación de los hidrogramas de diseño. Los envolventes obtenidas para otros períodos de retorno presentan formas similares, por tanto la incertidumbre es muy baja.

6.1.4 Cálculos método Constant Slope:

A continuación se presenta los cálculos obtenido utilizando el método de separación de flujo base Constant Slope, con combinaciones diferentes de ajustes estadísticos para el caudal máximo, caudal medio mes más húmedo y volumen máximo en un día, la siguiente tabla esta los resultados de los volúmenes asociados a diferentes periodos de retornos y el EMC, entre el volumen registrado proyectado por métodos estadísticos con el volumen simulado producto de la utilización del método.

Tabla 50 Calculo del EMC método flujo base Constant Slope Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel

METODO CONSTANT SLOPE COMBINACION GUMBEL-GUMBEL-GUMBEL				
Hidrograma Q1996 - Constant Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	96.83	96.36	0.47	1.20
2000	85.80	84.17	1.63	
1000	77.32	78.91	-1.59	
200	65.47	66.71	-1.24	
100	59.81	61.44	-1.63	
50	55.39	56.15	-0.76	
20	48.55	49.09	-0.54	
10	44.10	43.64	0.46	
5	39.47	37.95	1.52	
Hidrograma Q1998 - Constant Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	84.53	96.36	-11.83	5.89
2000	75.97	84.17	-8.20	
1000	72.27	78.91	-6.64	
200	63.67	66.71	-3.04	
100	59.98	61.44	-1.46	
50	56.24	56.15	0.09	
20	51.28	49.09	2.19	
10	47.45	43.64	3.81	
5	43.45	37.95	5.50	
Hidrograma Q PROMEDIO - Constant Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	89.76	96.36	-6.60	4.20
2000	80.33	84.17	-3.84	
1000	76.25	78.91	-2.66	
200	66.77	66.71	0.06	
100	62.70	61.44	1.26	
50	58.58	56.15	2.43	
20	53.11	49.09	4.02	
10	48.88	43.64	5.24	
5	44.48	37.95	6.53	

Tabla 51 Calculo del EMC método flujo base Constant Slope Combinación Gumbel-Log-pearson-Weibull

METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Hidrograma Q1996 - Constant Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	92.44	96.20	-3.76	1.97
2000	82.47	83.20	-0.73	
1000	78.17	77.80	0.37	
200	68.11	65.60	2.51	
100	63.76	60.50	3.26	
50	57.00	55.40	1.60	
20	49.24	48.70	0.54	
10	43.59	43.50	0.09	
5	37.57	38.00	-0.43	
Hidrograma Q1998 - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	92.06	96.20	-4.14	2.26
2000	83.35	83.20	0.15	
1000	79.60	77.80	1.80	
200	64.32	65.60	-1.28	
100	60.81	60.50	0.31	
50	57.27	55.40	1.87	
20	52.52	48.70	3.82	
10	43.91	43.50	0.41	
5	40.35	38.00	2.35	
Hidrograma Q PROMEDIO - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.61	96.20	-0.59	2.67
2000	87.01	83.20	3.81	
1000	74.98	77.80	-2.82	
200	67.09	65.60	1.49	
100	63.64	60.50	3.14	
50	56.81	55.40	1.41	
20	49.31	48.70	0.61	
10	46.03	43.50	2.53	
5	42.53	38.00	4.53	

Tabla 52 Calculo del EMC método flujo base Constant Slope Combinación Weibull-Normal-Weibull

METODO Constant Slope COMBINACION WEIBULL-NORMAL-WEIBULL				
Hidrograma Q1996 - Constant Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	102.91	96.20	6.71	4.02
2000	92.12	83.20	8.92	
1000	80.15	77.80	2.35	
200	66.02	65.60	0.42	
100	60.90	60.50	0.40	
50	54.42	55.40	-0.98	
20	51.48	48.70	2.78	
10	44.27	43.50	0.77	
5	40.37	38.00	2.37	
Hidrograma Q1998 - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	65.29	66.10	-0.81	2.89
2000	62.91	62.10	0.81	
1000	61.42	60.20	1.22	
200	58.26	55.30	2.96	
100	50.85	53.00	-2.15	
50	49.17	50.40	-1.23	
20	40.91	46.60	-5.69	
10	38.87	43.10	-4.23	
5	36.32	39.00	-2.68	
Hidrograma Q PROMEDIO - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	72.31	66.10	6.21	2.97
2000	62.72	62.10	0.62	
1000	61.23	60.20	1.03	
200	58.09	55.30	2.79	
100	56.34	53.00	3.34	
50	54.48	50.40	4.08	
20	45.91	46.60	-0.69	
10	43.63	43.10	0.53	
5	40.78	39.00	1.78	

Tabla 53 Calculo del EMC método flujo base Constant Slope Combinación Log-Log-Gev

METODO Constant Slope COMBINACION LOG-LOG-GEV				
Hidrograma Q1996 - Constant Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	91.59	96.20	-4.61	2.20
2000	80.13	83.20	-3.07	
1000	75.82	77.80	-1.98	
200	65.77	65.60	0.17	
100	61.50	60.50	1.00	
50	53.82	55.40	-1.58	
20	46.81	48.70	-1.89	
10	43.15	43.50	-0.35	
5	39.36	38.00	1.36	
Hidrograma Q1998 - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	93.33	96.20	-2.87	3.96
2000	82.02	83.20	-1.18	
1000	77.69	77.80	-0.11	
200	67.67	65.60	2.07	
100	57.06	60.50	-3.44	
50	47.34	55.40	-8.06	
20	48.52	48.70	-0.18	
10	39.85	43.50	-3.65	
5	31.92	38.00	-6.08	
Hidrograma Q PROMEDIO - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.96	96.20	-0.24	2.76
2000	84.55	83.20	1.35	
1000	72.17	77.80	-5.63	
200	63.08	65.60	-2.52	
100	59.20	60.50	-1.30	
50	52.29	55.40	-3.11	
20	44.97	48.70	-3.73	
10	41.66	43.50	-1.84	
5	38.26	38.00	0.26	

Tabla 54 Calculo del EMC método flujo base Constant Slope Combinación Gumbel-Log-pearson-Gev.

METODO Constant Slope COMBINACION LOG-LOG-GEV				
Hidrograma Q1996 - Constant Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	91.59	96.20	-4.61	2.20
2000	80.13	83.20	-3.07	
1000	75.82	77.80	-1.98	
200	65.77	65.60	0.17	
100	61.50	60.50	1.00	
50	53.82	55.40	-1.58	
20	46.81	48.70	-1.89	
10	43.15	43.50	-0.35	
5	39.36	38.00	1.36	
Hidrograma Q1998 - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	93.33	96.20	-2.87	3.96
2000	82.02	83.20	-1.18	
1000	77.69	77.80	-0.11	
200	67.67	65.60	2.07	
100	57.06	60.50	-3.44	
50	47.34	55.40	-8.06	
20	48.52	48.70	-0.18	
10	39.85	43.50	-3.65	
5	31.92	38.00	-6.08	
Hidrograma Q PROMEDIO - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.96	96.20	-0.24	2.76
2000	84.55	83.20	1.35	
1000	72.17	77.80	-5.63	
200	63.08	65.60	-2.52	
100	59.20	60.50	-1.30	
50	52.29	55.40	-3.11	
20	44.97	48.70	-3.73	
10	41.66	43.50	-1.84	
5	38.26	38.00	0.26	

Tabla 55 Calculo del EMC método flujo base Constant Slope Combinación Log-pearson-Logpearson-Logpearson

METODO Constant Slope COMBINACION LOG-LOG-LOG.				
Hidrograma Q1996 - Constant Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	98.06	96.20	1.86	1.42
2000	84.94	83.20	1.74	
1000	76.43	77.80	-1.37	
200	64.28	65.60	-1.32	
100	58.58	60.50	-1.92	
50	54.15	55.40	-1.25	
20	47.76	48.70	-0.94	
10	43.63	43.50	0.13	
5	39.35	38.00	1.35	
Hidrograma Q1998 - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	91.19	96.20	-5.01	4.86
2000	80.57	83.20	-2.63	
1000	76.58	77.80	-1.22	
200	67.19	65.60	1.59	
100	63.20	60.50	2.70	
50	59.26	55.40	3.86	
20	54.33	48.70	5.63	
10	50.52	43.50	7.02	
5	46.55	38.00	8.55	
Hidrograma Q PROMEDIO - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.37	96.20	-0.83	5.01
2000	83.70	83.20	0.50	
1000	79.34	77.80	1.54	
200	69.08	65.60	3.48	
100	64.72	60.50	4.22	
50	60.40	55.40	5.00	
20	55.04	48.70	6.34	
10	50.88	43.50	7.38	
5	46.56	38.00	8.56	

Tabla 56 Calculo del EMC método flujo base Constant Slope Combinación Gumbel-Normal-Logpearson

METODO Constant Slope GUMBEL-NORMAL-LOG				
Hidrograma Q1996 - Constant Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	89.74	66.10	23.64	10.97
2000	79.97	62.10	17.87	
1000	72.27	60.20	12.07	
200	61.67	55.30	6.37	
100	56.55	53.00	3.55	
50	52.61	50.40	2.21	
20	46.41	46.60	-0.19	
10	42.41	43.10	-0.69	
5	38.21	39.00	-0.79	
Hidrograma Q1998 - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	75.40	66.10	9.30	3.97
2000	67.66	62.10	5.56	
1000	64.32	60.20	4.12	
200	56.51	55.30	1.21	
100	53.13	53.00	0.13	
50	49.71	50.40	-0.69	
20	45.16	46.60	-1.44	
10	41.61	43.10	-1.49	
5	37.89	39.00	-1.11	
Hidrograma Q PROMEDIO - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	80.46	66.10	14.36	6.50
2000	71.70	62.10	9.60	
1000	67.91	60.20	7.71	
200	59.09	55.30	3.79	
100	55.29	53.00	2.29	
50	51.45	50.40	1.05	
20	46.35	46.60	-0.25	
10	42.39	43.10	-0.71	
5	38.26	39.00	-0.74	

6.1.3.2 Generación de hidrogramas método Constant Slope:

En las siguientes graficas se obtienen las crecientes a diferentes periodos de retorno, (5, 10, 20, 50, 100, 200, 1000, 2000, 10000), teniendo en cuenta las combinaciones para el ajuste estadístico.

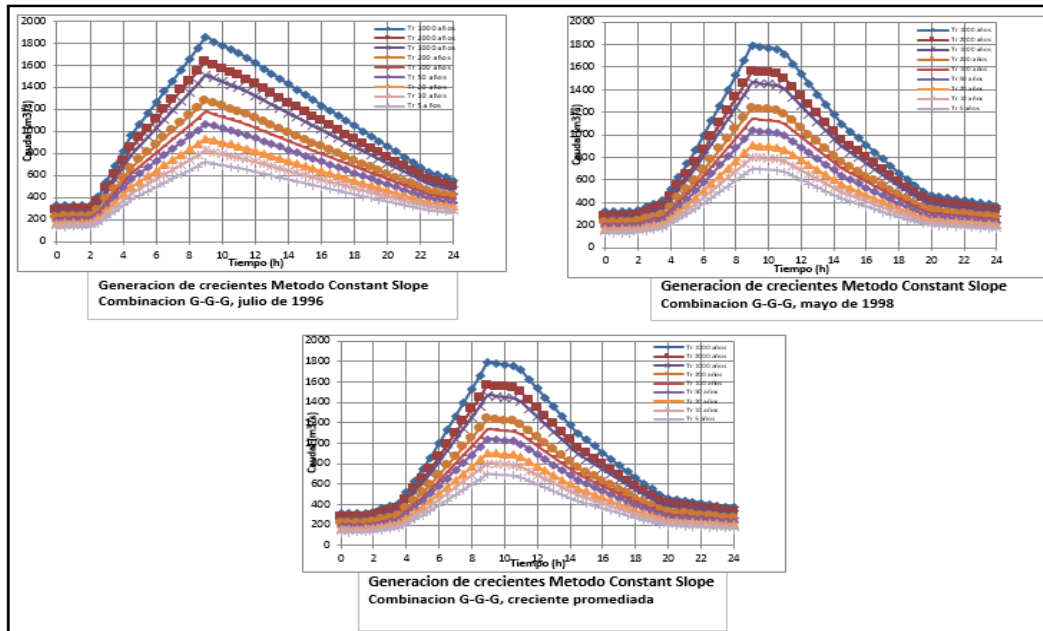


Figura 71 Generación de crecientes método Constant Slope, combinación G-G-G

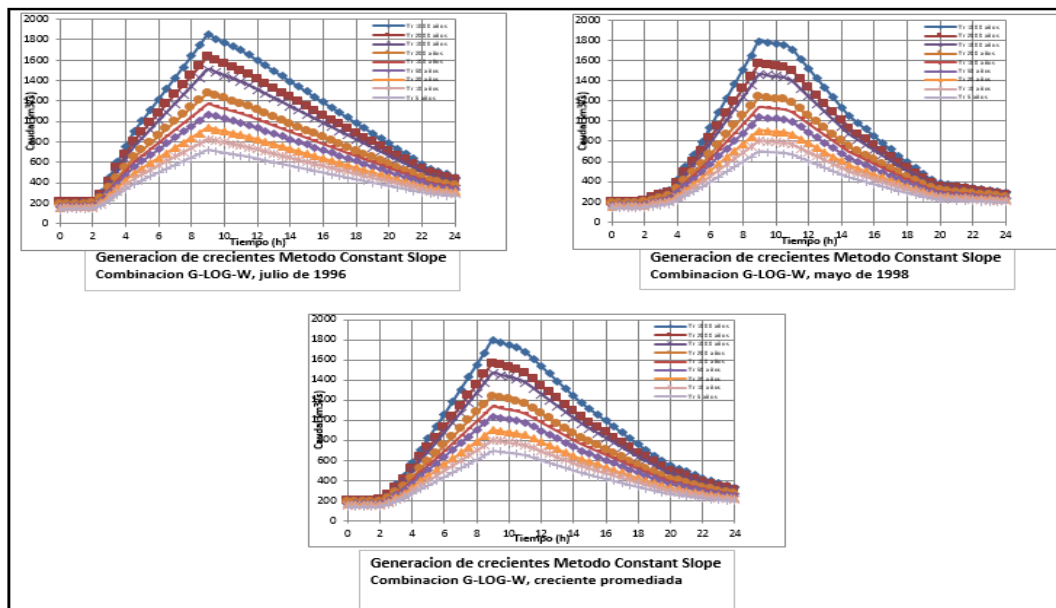


Figura 72 Generación de crecientes método Constant Slope, combinación Gumbel-Logpearson-Weibull

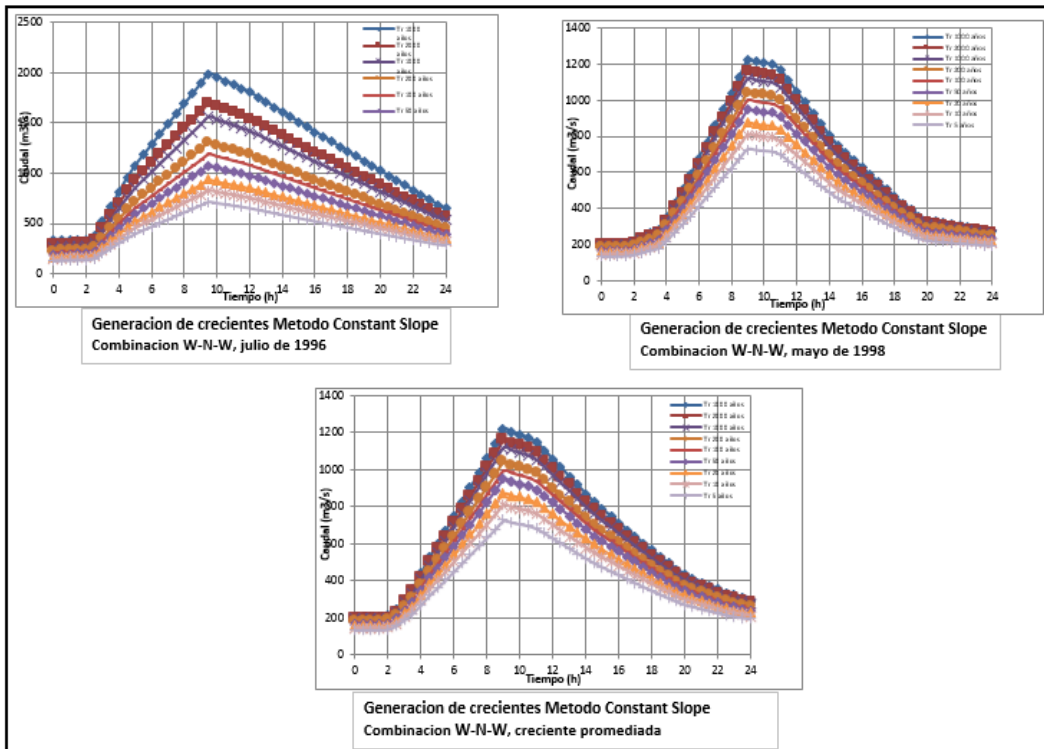


Figura 73 Generación de crecientes método Constant Slope, combinación Weibull-Normal-Weibull

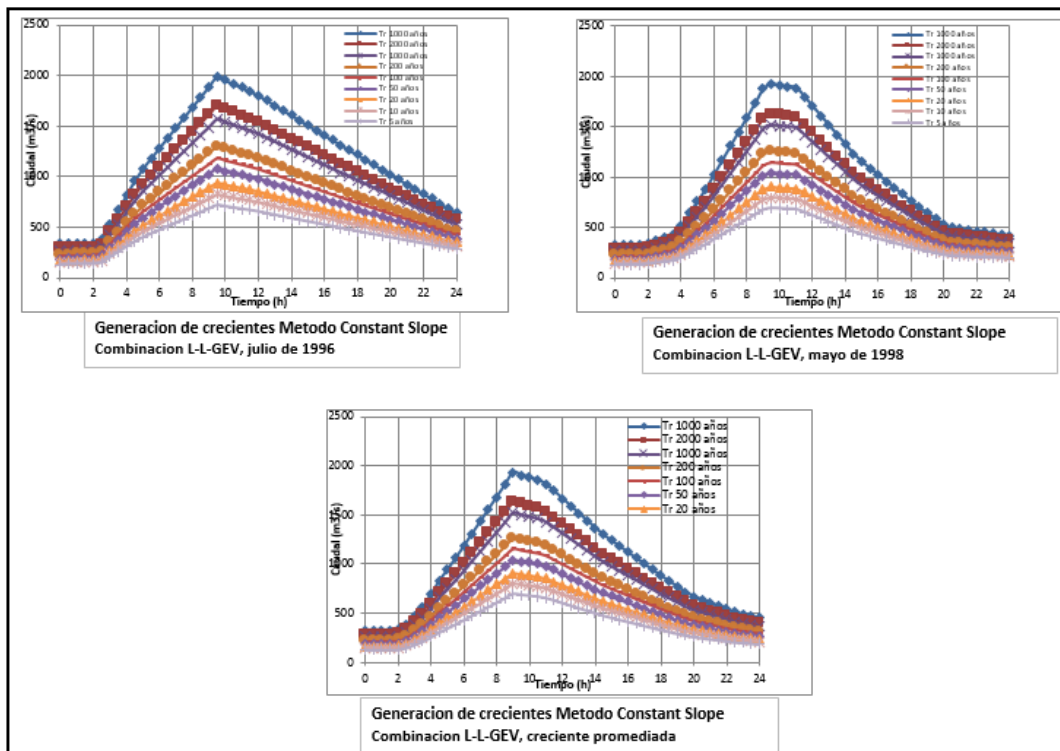


Figura 74 Generación de crecientes método Constant Slope, combinación Logpearson-Lorpearson-Gev.

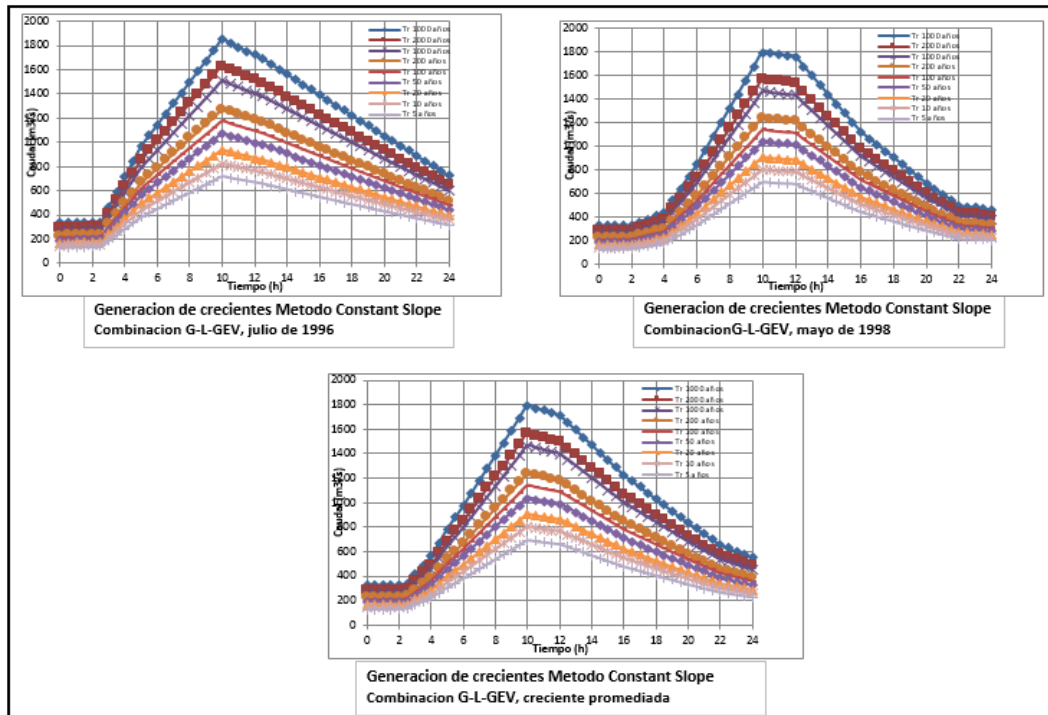


Figura 75 Generación de crecientes método Constant Slope, combinación Gumbel-Logpearson-GEV..

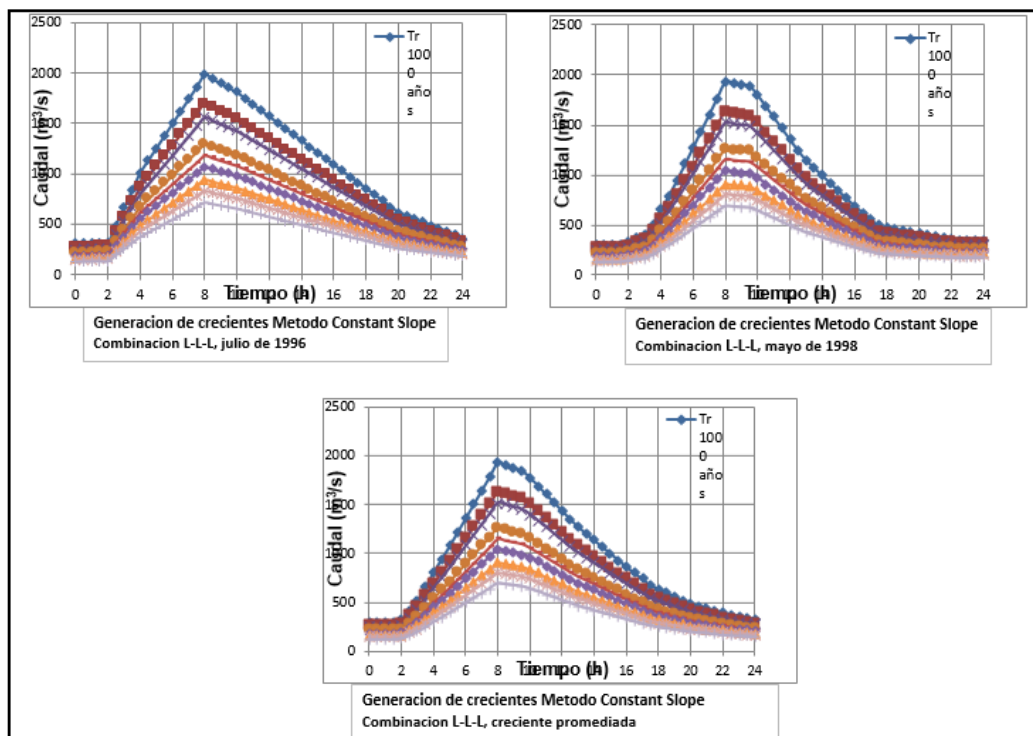


Figura 76 Generación de crecientes método Constant Slope, combinación Logpearson -Logpearson-Logpearson.

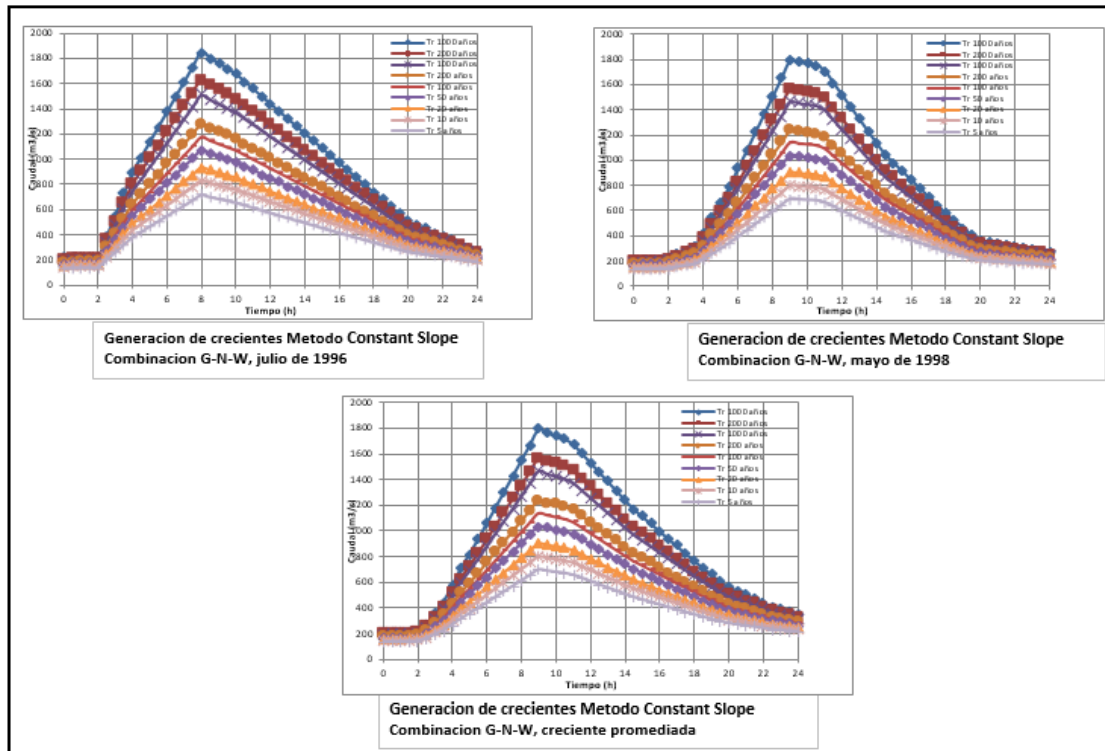


Figura 77 Generación de crecientes método Constant Slope, combinación Gumbel-Normal-Weibull

De acuerdo con los resultados anteriores, el procedimiento de estimación de hidrogramas de diseño representa de manera adecuada a las crecientes máximas registradas debido a que es consistente en la estimación del caudal máximo instantáneo, del volumen total y del tiempo al pico.

6.1.3.2 Validación del método flujo base Constant Slope.

La validación del método se realiza con la creciente registrada en julio de 1997, con una creciente modelada con un periodo de retorno de 11,28 Años. En las siguientes figuras, Se observa que el comportamiento de la curva modelada se ajusta a la curva de la creciente registrada.

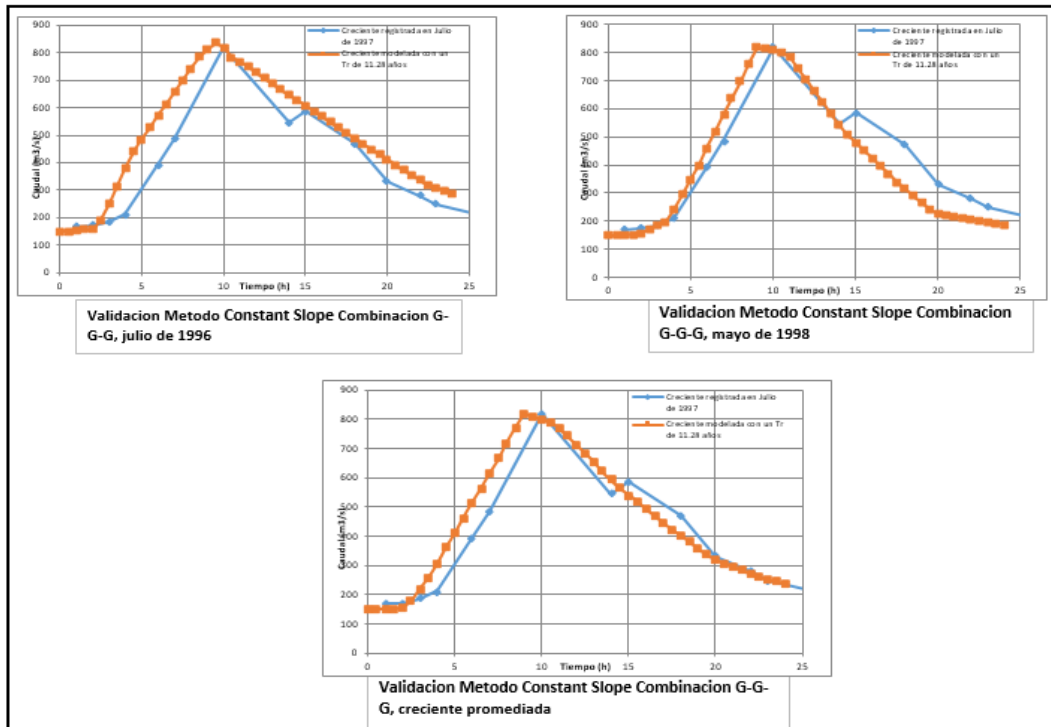


Figura 78 Validación del método con la creciente de 1997Metodo Constant Slope Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel..

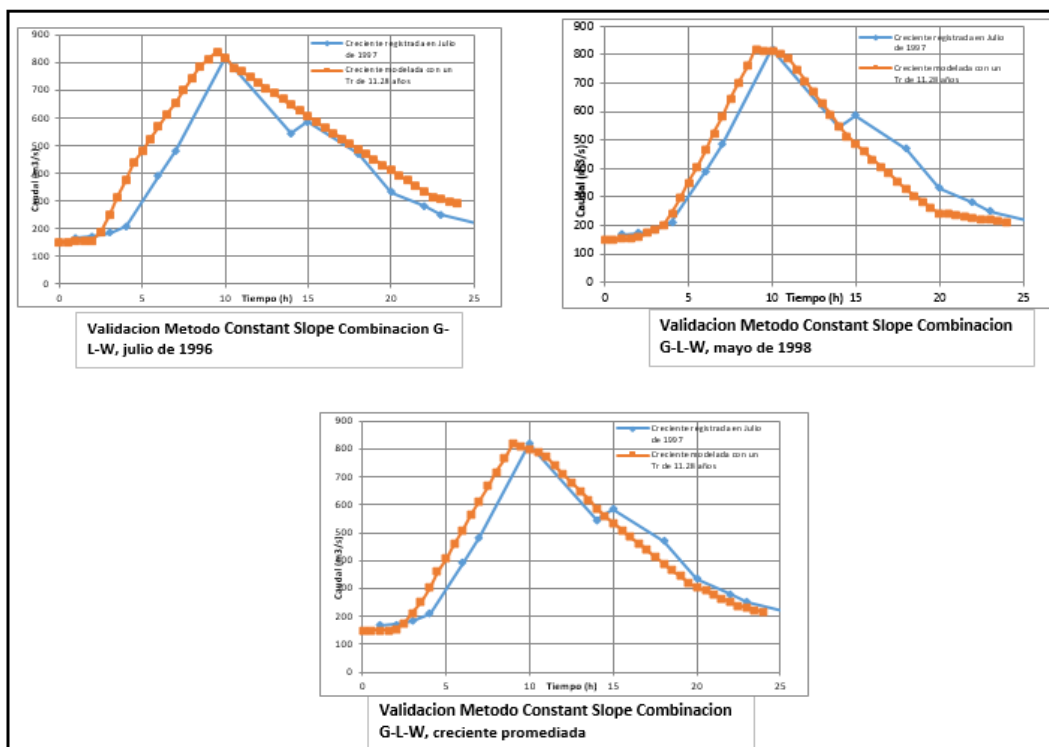


Figura 79 Validación del método con la creciente de 1997Metodo Constant Slope Combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.

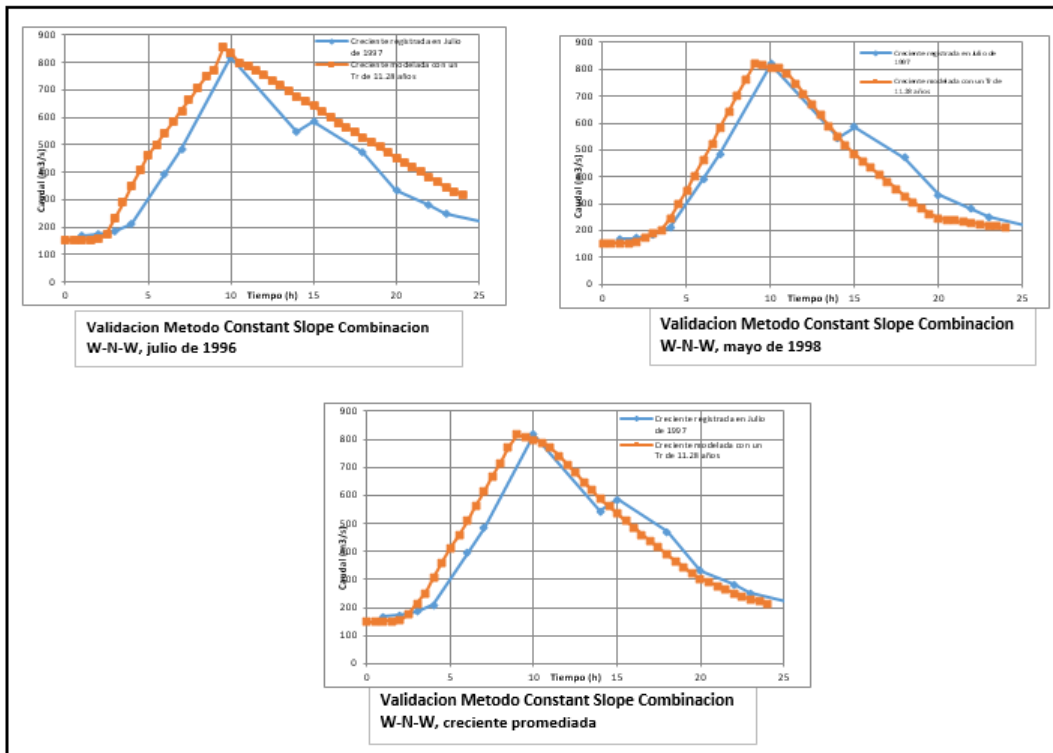


Figura 80 Validación del método con la creciete de 1997Metodo Constant Slope Combinación Weibull-Normal-Weibull.

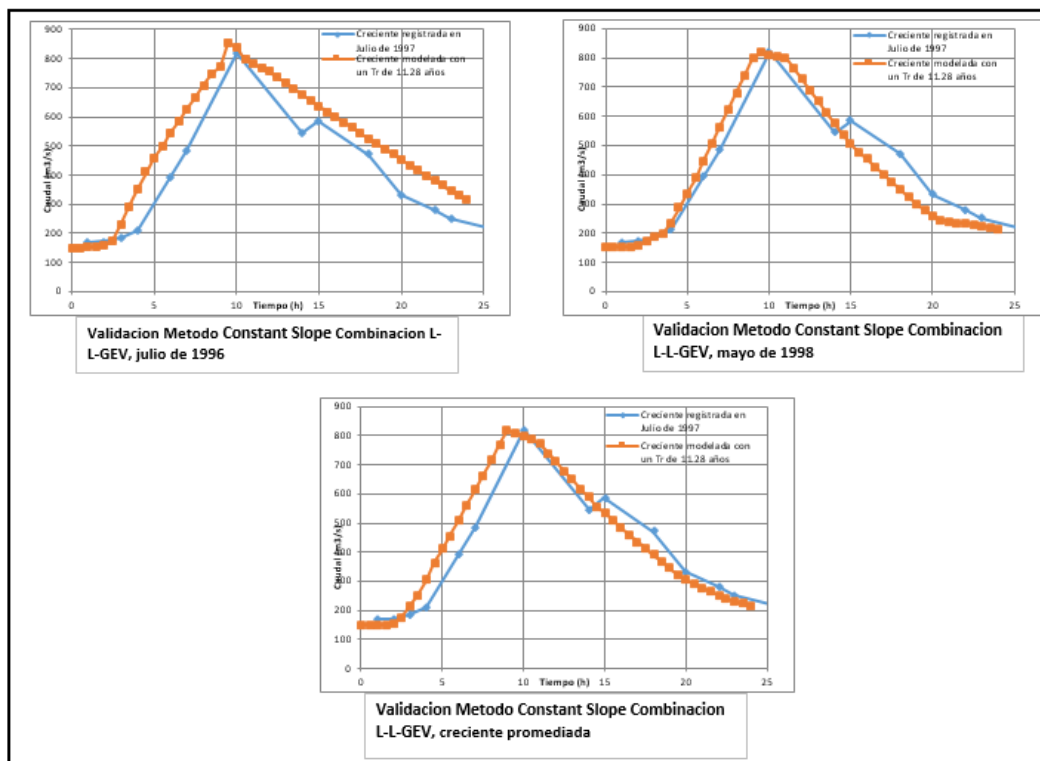


Figura 81 Validación del método con la creciete de 1997Metodo Constant Slope Combinación Logpearson-Logpearson-Gev.

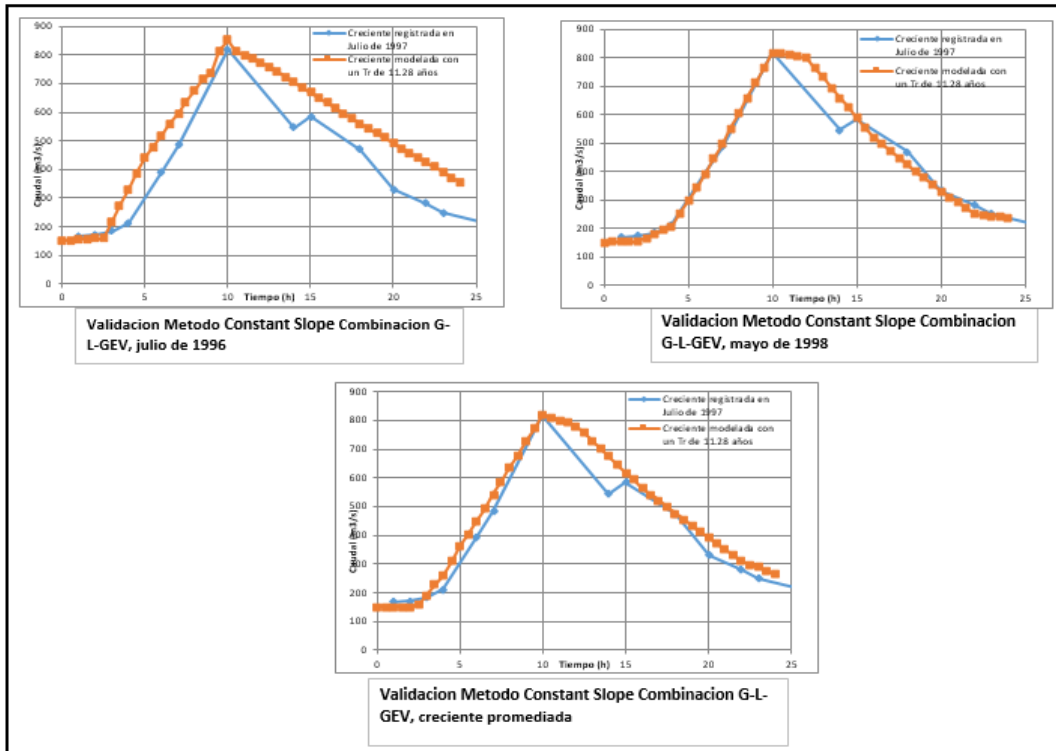


Figura 82 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Constant Slope Combinación Gumbel-Logpearson-Gev

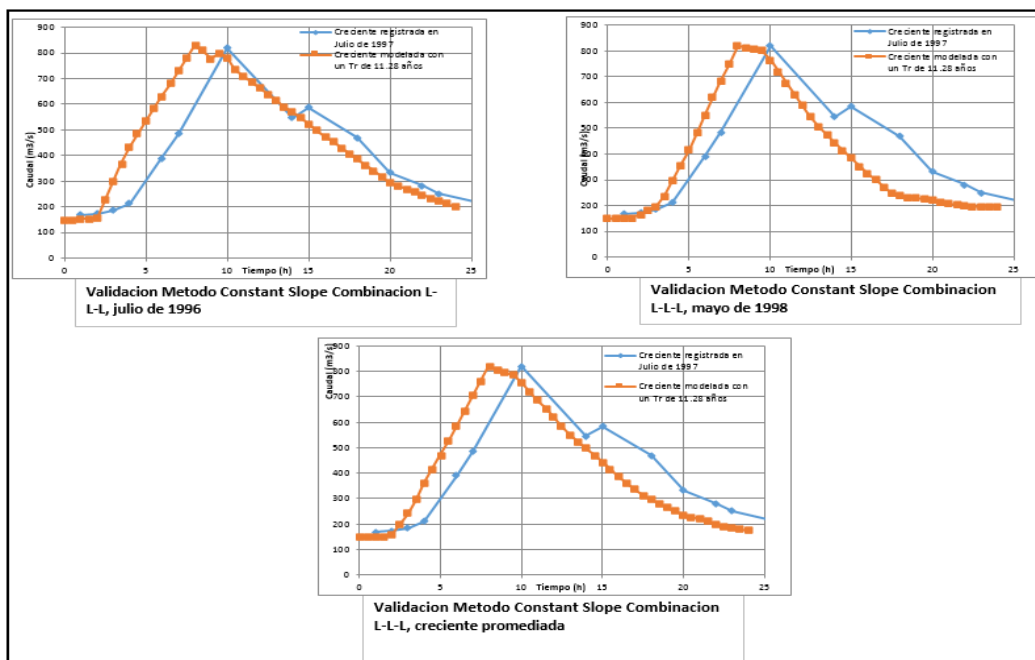


Figura 83 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Constant Slope Combinación Logpearson-Logpearson-Logpearson

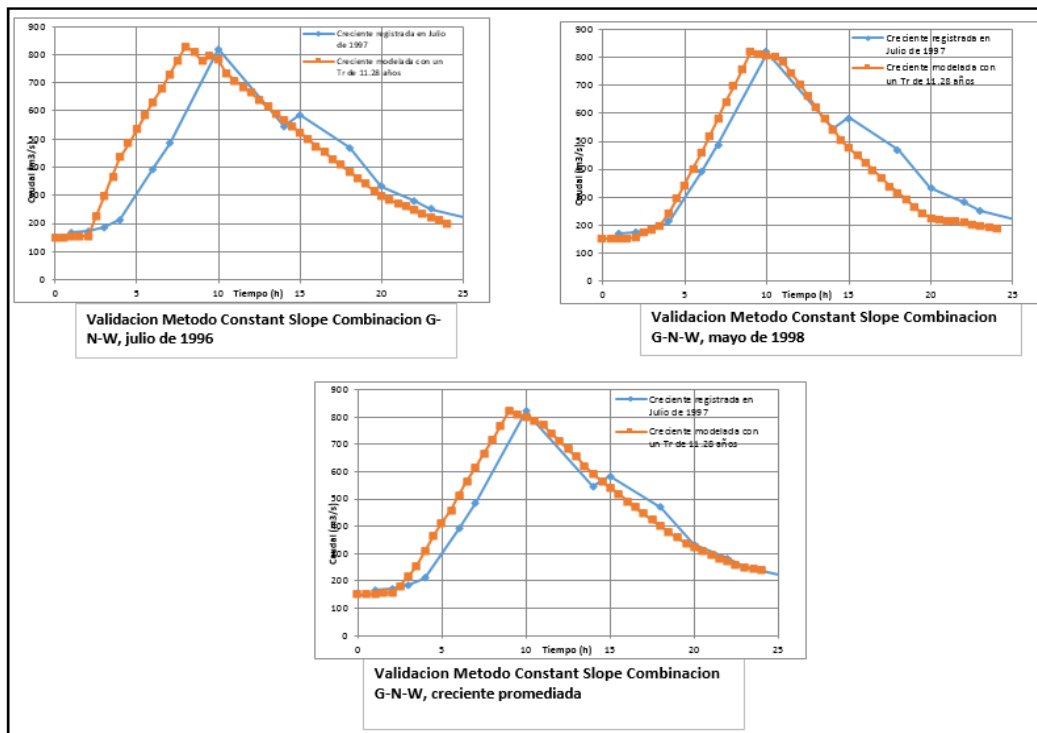


Figura 84 Validación del método con la creciete de 1997 Metodo Constant Slope Combinación Gumbel-Normal-Weibull

De acuerdo con los resultados anteriores, el procedimiento de estimación de hidrogramas de diseño representa de manera adecuada a las crecientes máximas registradas debido a que es consistente en la estimación del caudal máximo instantáneo, del volumen total y del tiempo al pico.

6.1.3.3 Envoltentes de las crecientes método flujo base Constant Slope

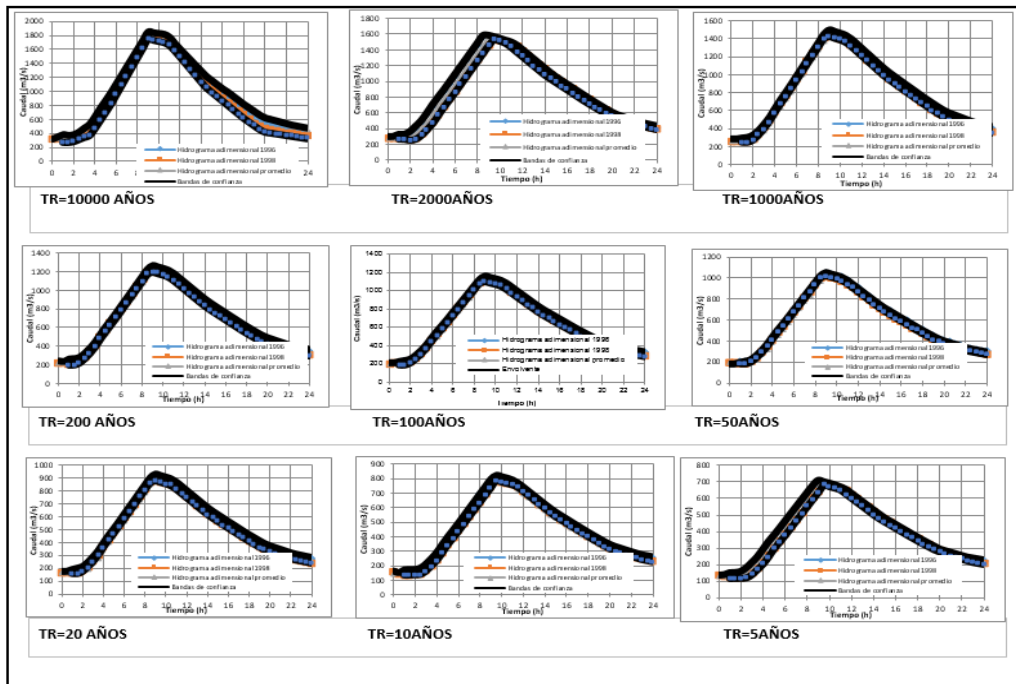


Figura 85 Envoltentes Método Constant Slope Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel

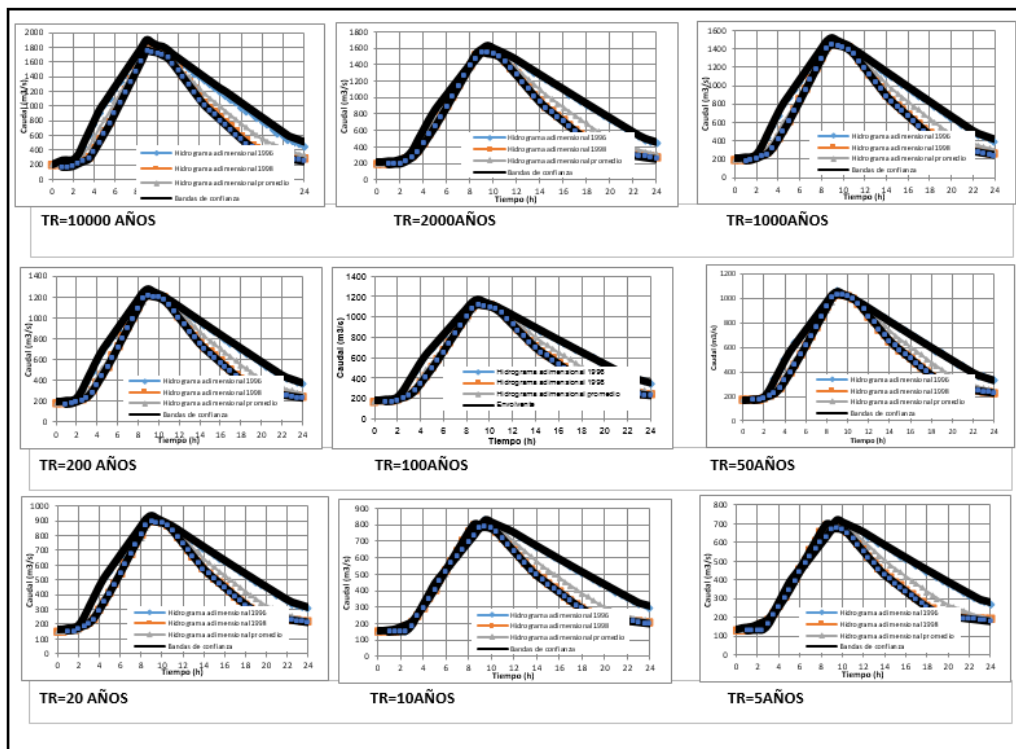


Figura 86 Envoltentes Constant Slope Combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.

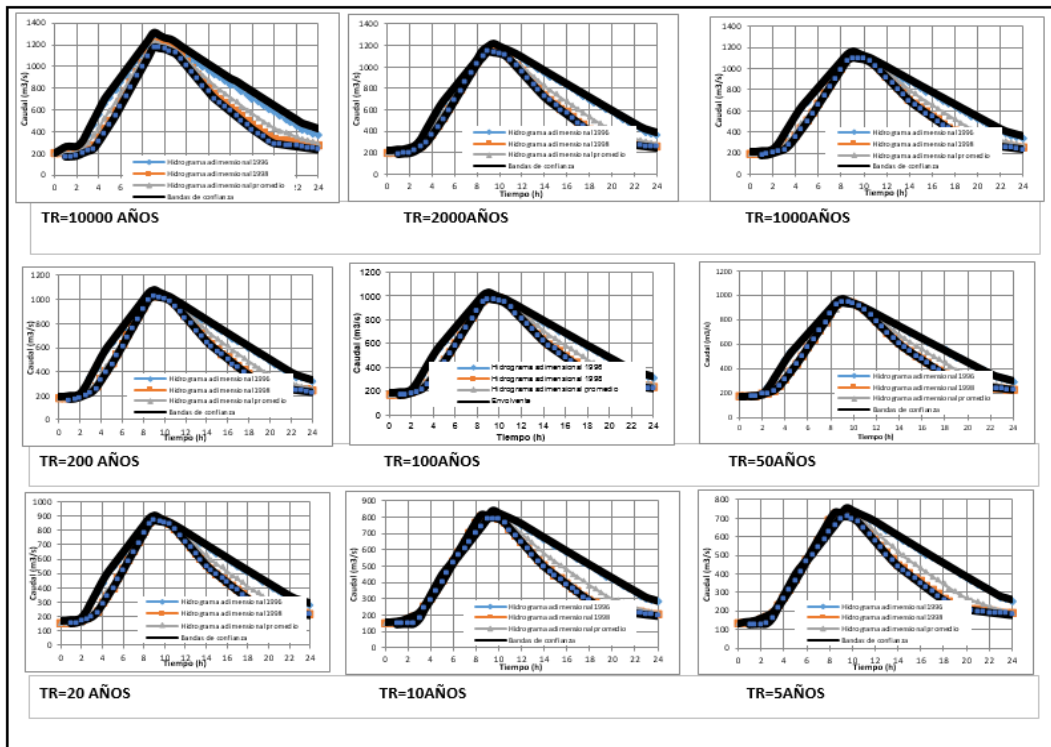


Figura 87 Envoltentes Método Constant Slope Combinación Weibull-Normal-Weibull.

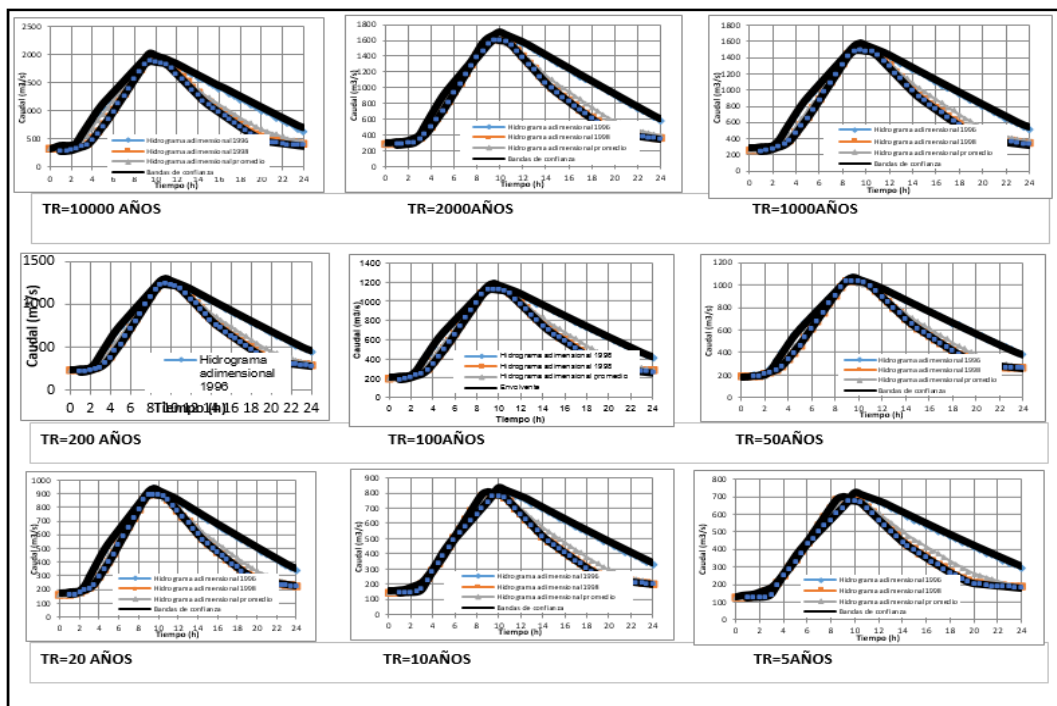


Figura 88 Envoltentes Método Constant Slope Combinación Logpearson-Logpearson-GeV

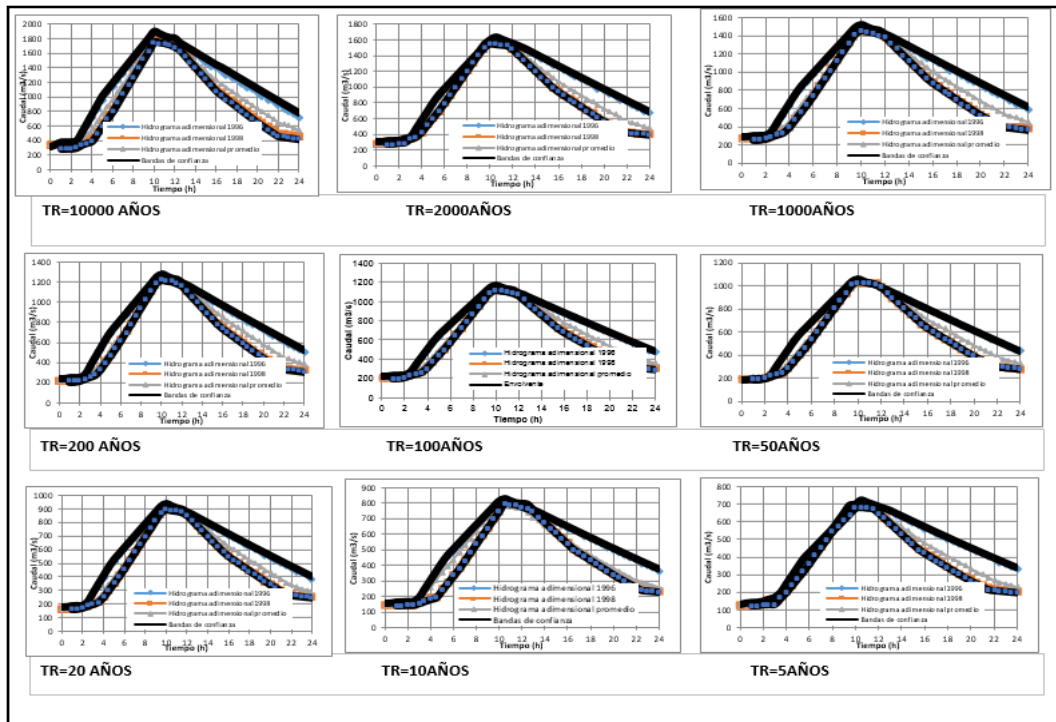


Figura 89 Envoltentes Método Constant Slope Combinación Gumbel-Logpearson-Gumbel

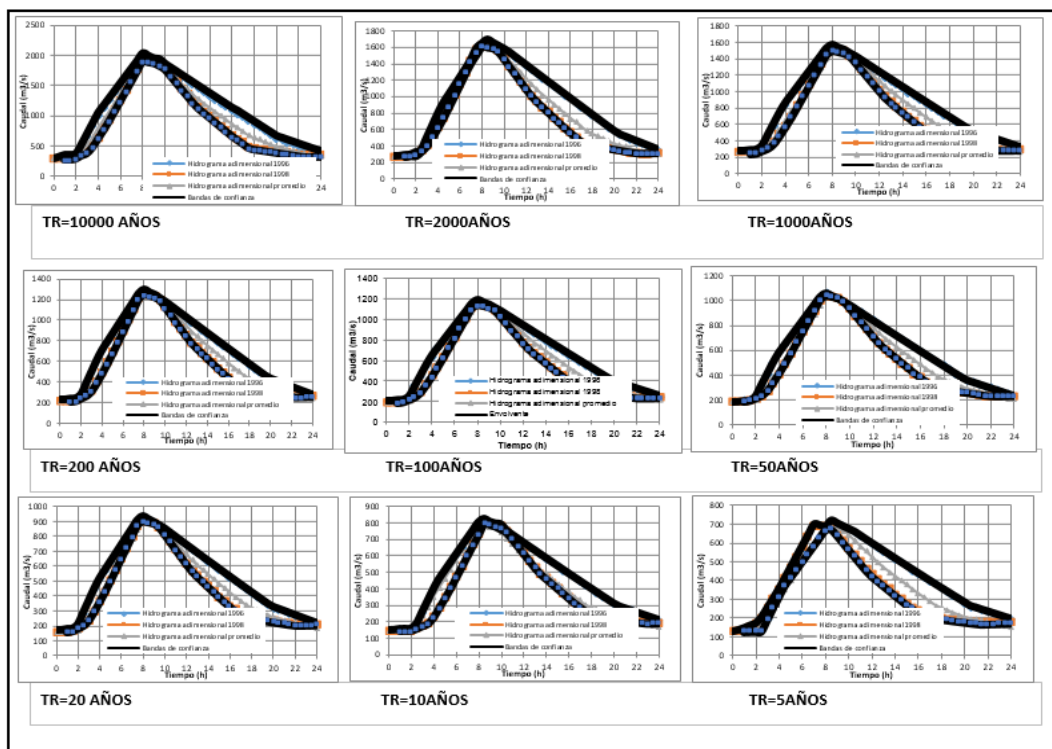


Figura 90 Envoltentes Método Constant Slope Combinación Logpearson-Logpearson-Logpearson

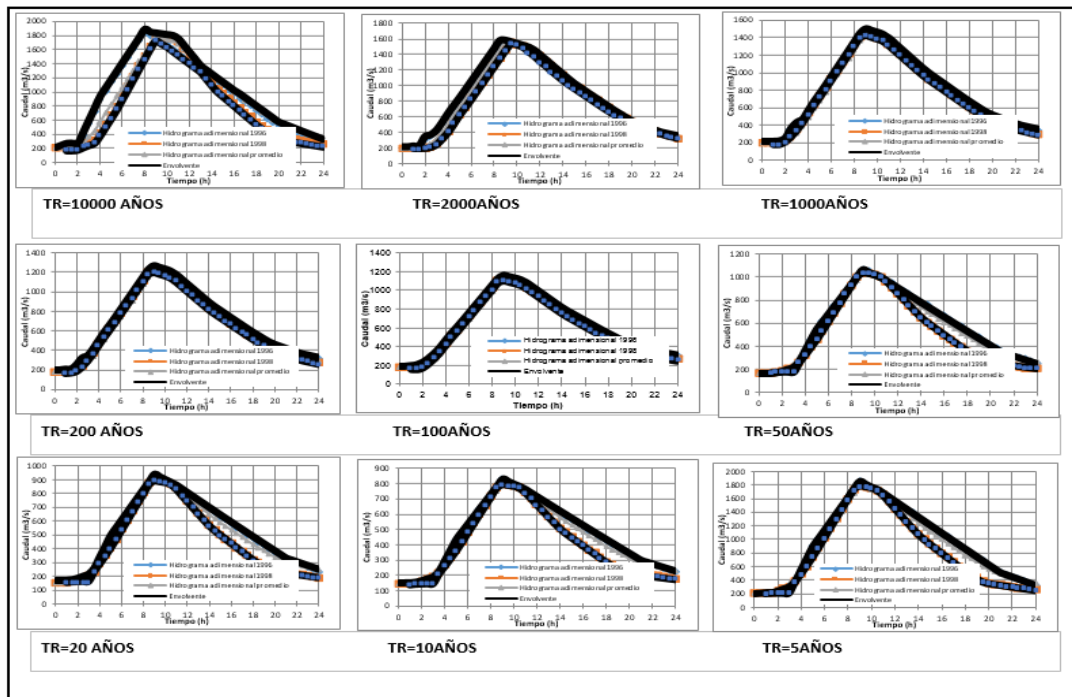


Figura 91 Envolventes Método Constant Slope Combinación Gumbel-Normal-Weibull.

En la Figuras anteriores se observa que no existe mayor incertidumbre al utilizar diferentes hidrogramas registrados en la estimación de los hidrogramas de diseño. Los envolventes obtenidas para otros períodos de retorno presentan formas similares, por tanto la incertidumbre es muy baja.

6.1.5 Cálculos método Concave Base Slope.

A continuación se presenta los cálculos obtenido utilizando el método de separación de flujo base Concave Base Slope, con combinaciones diferentes de ajustes estadísticos para el caudal máximo, caudal medio mes más húmedo y volumen máximo en un día, la siguiente tabla esta los resultados de los volúmenes asociados a diferentes periodos de retornos y el EMC, entre el volumen registrado proyectado por métodos estadísticos con el volumen simulado producto de la utilización del método.

Tabla 57 Calculo del EMC método flujo base Concave Base Slope Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel

METODO Concave Base-Slope COMBINACION GUMBEL-GUMBEL-GUMBEL				
Hidrograma Q1996 - Concave Base-Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	97.90	96.36	1.54	0.73
2000	84.98	84.17	0.81	
1000	79.38	78.91	0.47	
200	66.98	66.71	0.27	
100	61.69	61.44	0.25	
50	56.57	56.15	0.42	
20	49.83	49.09	0.74	
10	44.20	43.64	0.56	
5	38.58	37.95	0.63	
Hidrograma Q1998 - Concave Base-Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	91.28	96.36	-5.08	2.80
2000	80.95	84.17	-3.22	
1000	76.49	78.91	-2.42	
200	66.12	66.71	-0.59	
100	61.66	61.44	0.22	
50	57.15	56.15	1.00	
20	51.17	49.09	2.08	
10	46.55	43.64	2.91	
5	41.72	37.95	3.77	
Hidrograma Q PROMEDIO - Concave Base-Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	91.50	96.36	-4.86	2.61
2000	81.05	84.17	-3.12	
1000	76.53	78.91	-2.38	
200	66.03	66.71	-0.68	
100	61.51	61.44	0.07	
50	56.94	56.15	0.79	
20	50.89	49.09	1.80	
10	46.20	43.64	2.56	
5	41.32	37.95	3.37	

Tabla 58 Calculo del EMC método flujo base Concave Base Slope Combinación Gumbel-Log-pearson-Weibull

METODO Concave Base-Slope COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Hidrograma Q1996 - Concave Base-Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	91.31	96.20	-4.89	2.71
2000	84.54	83.20	1.34	
1000	74.20	77.80	-3.60	
200	62.56	65.60	-3.04	
100	58.33	60.50	-2.17	
50	52.69	55.40	-2.71	
20	50.26	48.70	1.56	
10	43.52	43.50	0.02	
5	39.91	38.00	1.91	
Hidrograma Q1998 - Concave Base-Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	86.25	96.20	-9.95	4.62
2000	78.26	83.20	-4.94	
1000	74.82	77.80	-2.98	
200	66.68	65.60	1.08	
100	56.81	60.50	-3.69	
50	53.58	55.40	-1.82	
20	43.21	48.70	-5.49	
10	40.21	43.50	-3.29	
5	37.01	38.00	-0.99	
Hidrograma Q PROMEDIO - Concave Base-Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.44	96.20	-0.76	2.74
2000	77.75	83.20	-5.45	
1000	74.23	77.80	-3.57	
200	65.96	65.60	0.36	
100	62.36	60.50	1.86	
50	58.72	55.40	3.32	
20	47.86	48.70	-0.84	
10	44.47	43.50	0.97	
5	40.86	38.00	2.86	

Tabla 59 Calculo del EMC método flujo base Concave Base Slope Combinación Weibull-Normal-Weibull

METODO Concave Base-Slope COMBINACION WEIBULL-NORMAL-WEIBULL				
Hidrograma Q1996 - Concave Base-Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	63.64	66.10	-2.46	2.36
2000	61.14	62.10	-0.96	
1000	59.52	60.20	-0.68	
200	56.18	55.30	0.88	
100	54.31	53.00	1.31	
50	52.32	50.40	1.92	
20	49.29	46.60	2.69	
10	46.56	43.10	3.46	
5	43.14	39.00	4.14	
Hidrograma Q1998 - Concave Base-Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	61.06	66.10	-5.04	3.08
2000	58.94	62.10	-3.16	
1000	57.61	60.20	-2.59	
200	54.79	55.30	-0.51	
100	53.21	53.00	0.21	
50	51.55	50.40	1.15	
20	49.00	46.60	2.40	
10	46.70	43.10	3.60	
5	43.82	39.00	4.82	
Hidrograma Q PROMEDIO - Concave Base-Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	71.52	66.10	5.42	3.49
2000	69.13	62.10	7.03	
1000	60.89	60.20	0.69	
200	58.04	55.30	2.74	
100	56.45	53.00	3.45	
50	51.73	50.40	1.33	
20	46.41	46.60	-0.19	
10	44.34	43.10	1.24	
5	41.76	39.00	2.76	

Tabla 60 Calculo del EMC método flujo base Concave Base Slope Combinación Log-Log-Gev

METODO CONSTANTE COMBINACION LOG-LOG-GEV				
Hidrograma Q1996 - Concave Base-Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	102.91	96.20	6.71	4.02
2000	92.12	83.20	8.92	
1000	80.15	77.80	2.35	
200	66.02	65.60	0.42	
100	60.90	60.50	0.40	
50	54.42	55.40	-0.98	
20	51.48	48.70	2.78	
10	44.27	43.50	0.77	
5	40.37	38.00	2.37	
Hidrograma Q1998 - Concave Base-Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	98.45	96.20	2.25	3.04
2000	86.33	83.20	3.13	
1000	81.75	77.80	3.95	
200	71.08	65.60	5.48	
100	59.88	60.50	-0.62	
50	55.83	55.40	0.43	
20	44.60	48.70	-4.10	
10	41.17	43.50	-2.33	
5	37.64	38.00	-0.36	
Hidrograma Q PROMEDIO - Concave Base-Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	102.38	96.20	6.18	2.60
2000	80.56	83.20	-2.64	
1000	76.21	77.80	-1.59	
200	66.06	65.60	0.46	
100	61.74	60.50	1.24	
50	57.45	55.40	2.05	
20	46.37	48.70	-2.33	
10	42.71	43.50	-0.79	
5	38.94	38.00	0.94	

Tabla 61 Calculo del EMC método flujo base Concave Base Slope Combinación Gumbel-Log-pearson-Gev.

METODO Concave Base-Slope COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-GEV				
Hidrograma Q1996 - Concave Base-Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	92.44	96.20	-3.76	1.97
2000	82.47	83.20	-0.73	
1000	78.17	77.80	0.37	
200	68.11	65.60	2.51	
100	63.76	60.50	3.26	
50	57.00	55.40	1.60	
20	49.24	48.70	0.54	
10	43.59	43.50	0.09	
5	37.57	38.00	-0.43	
Hidrograma Q1998 - Concave Base-Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	92.06	96.20	-4.14	2.26
2000	83.35	83.20	0.15	
1000	79.60	77.80	1.80	
200	64.32	65.60	-1.28	
100	60.81	60.50	0.31	
50	57.27	55.40	1.87	
20	52.52	48.70	3.82	
10	43.91	43.50	0.41	
5	40.35	38.00	2.35	
Hidrograma Q PROMEDIO - Concave Base-Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.61	96.20	-0.59	2.67
2000	87.01	83.20	3.81	
1000	74.98	77.80	-2.82	
200	67.09	65.60	1.49	
100	63.64	60.50	3.14	
50	56.81	55.40	1.41	
20	49.31	48.70	0.61	
10	46.03	43.50	2.53	
5	42.53	38.00	4.53	

Tabla 62 Calculo del EMC método flujo base Concave Base Slope Combinación Log-pearson-Logpearson-Logpearson

METODO Concave Base-Slope COMBINACION LOG-LOG-LOG.				
Hidrograma Q1996 - Concave Base-Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	100.05	96.20	3.85	1.92
2000	85.12	83.20	1.92	
1000	79.51	77.80	1.71	
200	66.88	65.60	1.28	
100	61.58	60.50	1.08	
50	56.50	55.40	1.10	
20	50.27	48.70	1.57	
10	45.00	43.50	1.50	
5	39.76	38.00	1.76	
Hidrograma Q1998 - Concave Base-Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	90.79	96.20	-5.41	4.24
2000	79.96	83.20	-3.24	
1000	75.89	77.80	-1.91	
200	66.32	65.60	0.72	
100	62.25	60.50	1.75	
50	58.23	55.40	2.83	
20	53.21	48.70	4.51	
10	49.33	43.50	5.83	
5	45.27	38.00	7.27	
Hidrograma Q PROMEDIO - Concave Base-Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000.00	94.83	96.20	-1.37	4.75
2000.00	83.23	83.20	0.03	
1000.00	78.89	77.80	1.09	
200.00	68.68	65.60	3.08	
100.00	64.34	60.50	3.84	
50.00	60.05	55.40	4.65	
20.00	54.71	48.70	6.01	
10.00	50.58	43.50	7.08	
5.00	46.27	38.00	8.27	

Tabla 63 Calculo del EMC método flujo base Concave Base Slope Combinación Gumbel-Normal-Logpearson

METODO Concave Base-Slope COMBINACION GUMBEL-NORMAL-LOG				
Hidrograma Q1996 - Concave Base-Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	93.10	66.10	27.00	13.30
2000	81.60	62.10	19.50	
1000	76.60	60.20	16.40	
200	65.52	55.30	10.22	
100	60.76	53.00	7.76	
50	56.17	50.40	5.77	
20	50.11	46.60	3.51	
10	44.96	43.10	1.86	
5	39.79	39.00	0.79	
Hidrograma Q1998 - Concave Base-Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	76.43	66.10	10.33	4.49
2000	68.62	62.10	6.52	
1000	65.25	60.20	5.05	
200	57.34	55.30	2.04	
100	53.91	53.00	0.91	
50	50.44	50.40	0.04	
20	45.81	46.60	-0.79	
10	42.20	43.10	-0.90	
5	38.37	39.00	-0.63	
Hidrograma Q PROMEDIO - Concave Base-Slope				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	82.23	66.10	16.13	7.51
2000	73.22	62.10	11.12	
1000	69.33	60.20	9.13	
200	60.25	55.30	4.95	
100	56.32	53.00	3.32	
50	52.36	50.40	1.96	
20	47.08	46.60	0.48	
10	42.98	43.10	-0.12	
5	38.68	39.00	-0.32	

6.1.5.2 Generación de hidrogramas método Concave Base Slope:

En las siguientes graficas se obtienen las crecientes a diferentes periodos de retorno, teniendo en cuenta las combinaciones para el ajuste estadístico.

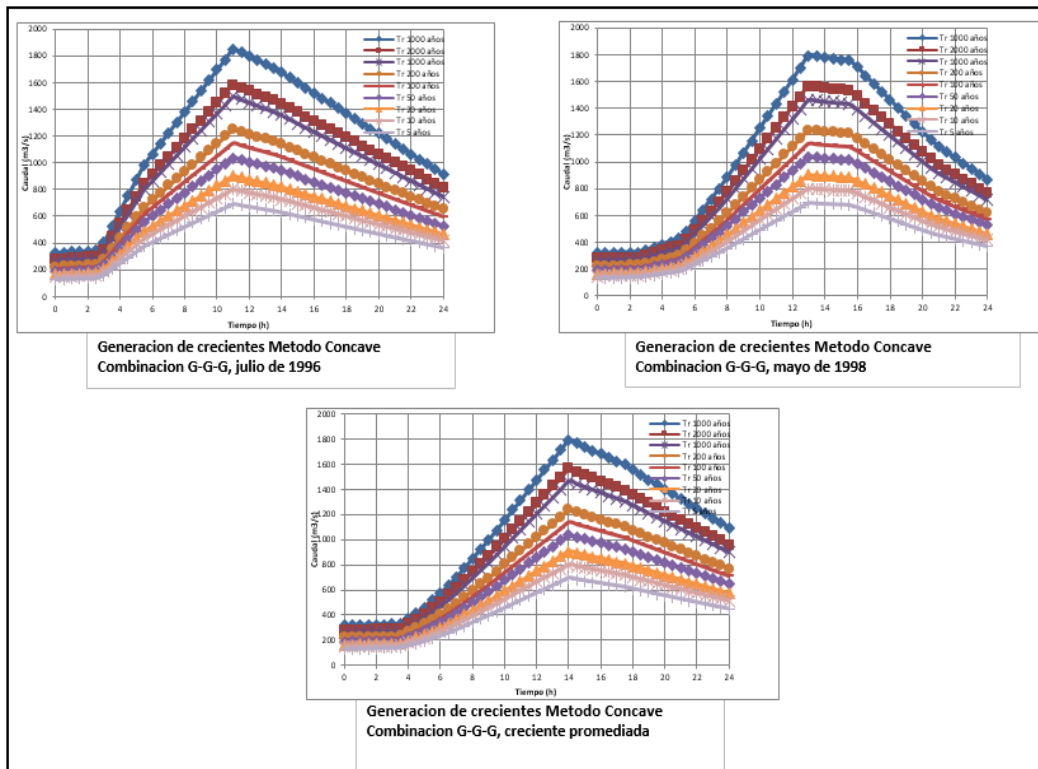


Figura 92 Generación de crecientes método Concave Base Slope, combinación G-G-G

De esta grafica se aprecia que los hidrogramas con la creciente de 1996 tienen un tiempo al pico de 11 horas, la creciente de 1998 tiene un tiempo al pico de 12 horas y la creciente combinada tiene un tiempo al pico de 12 horas.

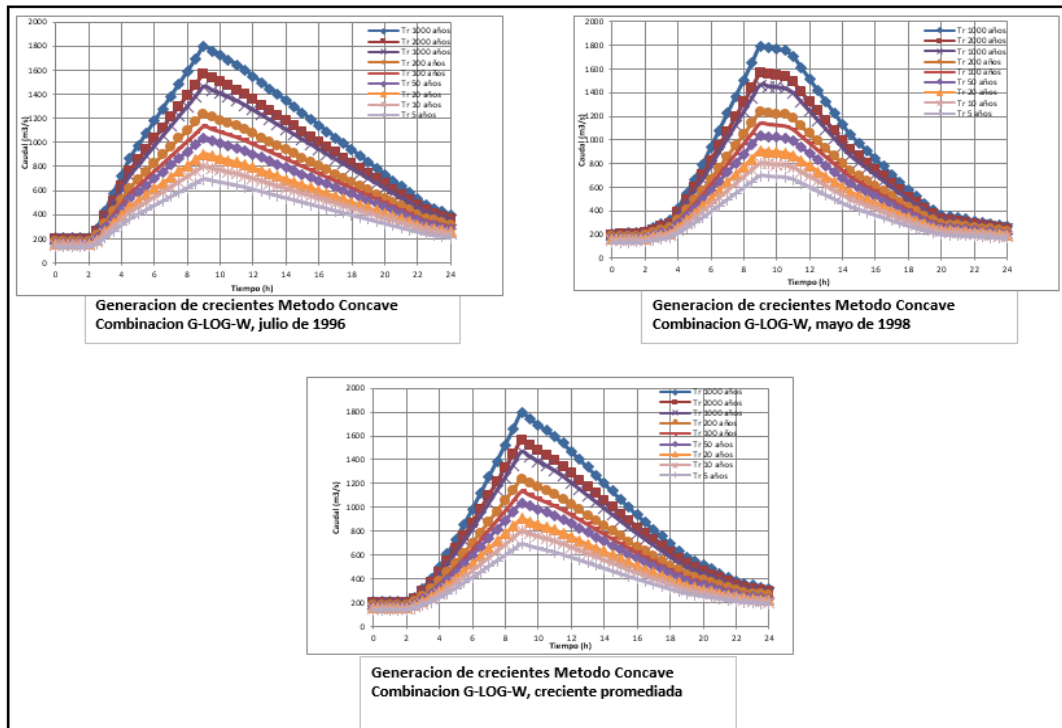


Figura 93 Generación de crecientes método Concave Base Slope, combinación Gumbel-Logpearson-Weibull

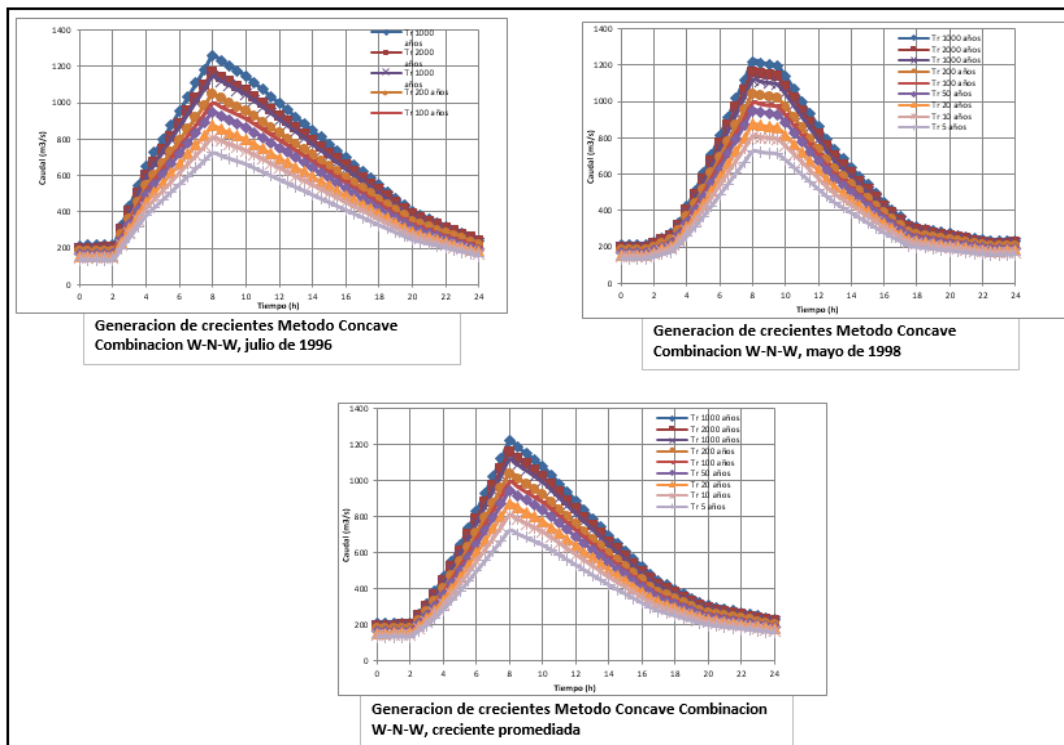


Figura 94 Generación de crecientes método Concave Base Slope, combinación Weibull-Normal-Weibull

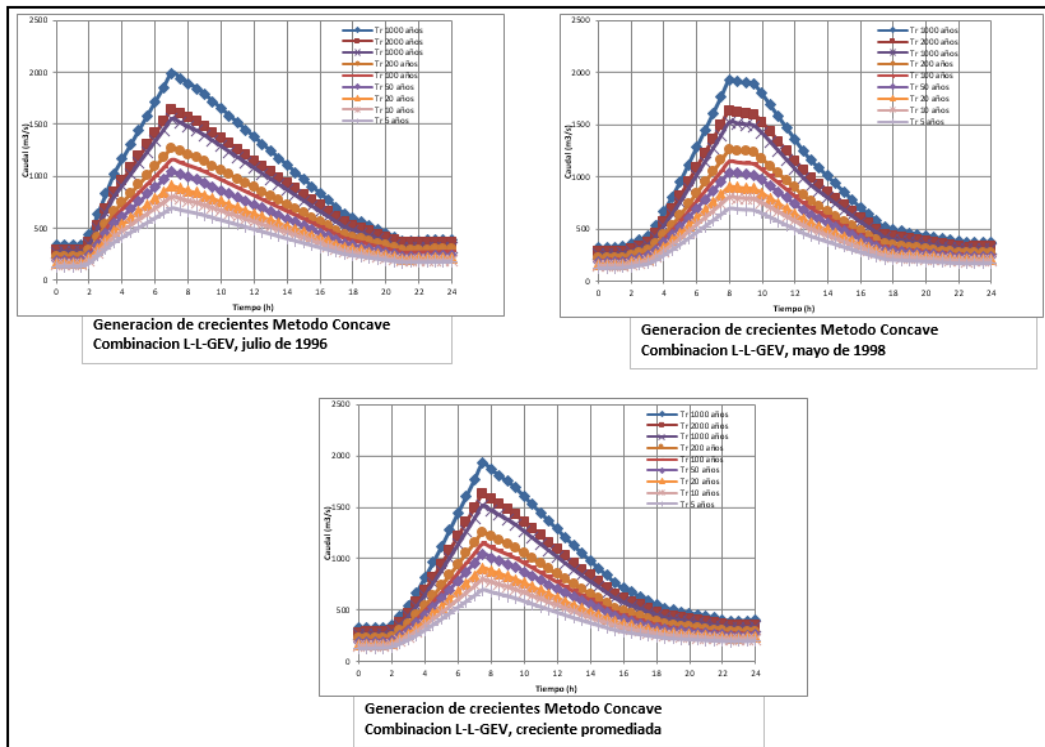


Figura 95 Generación de crecientes método Concave Base Slope, combinación Logpearson-Lorpearson-Gev.

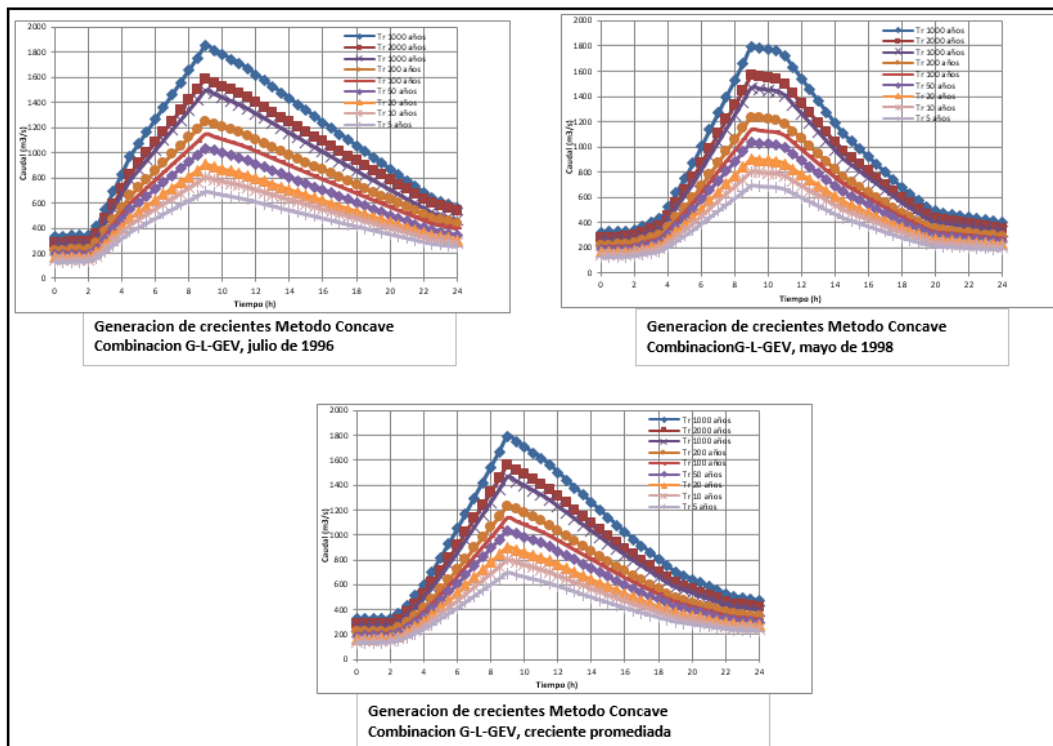


Figura 96 Generación de crecientes método Concave Base Slope, combinación Gumbel-Logpearson-Gev..

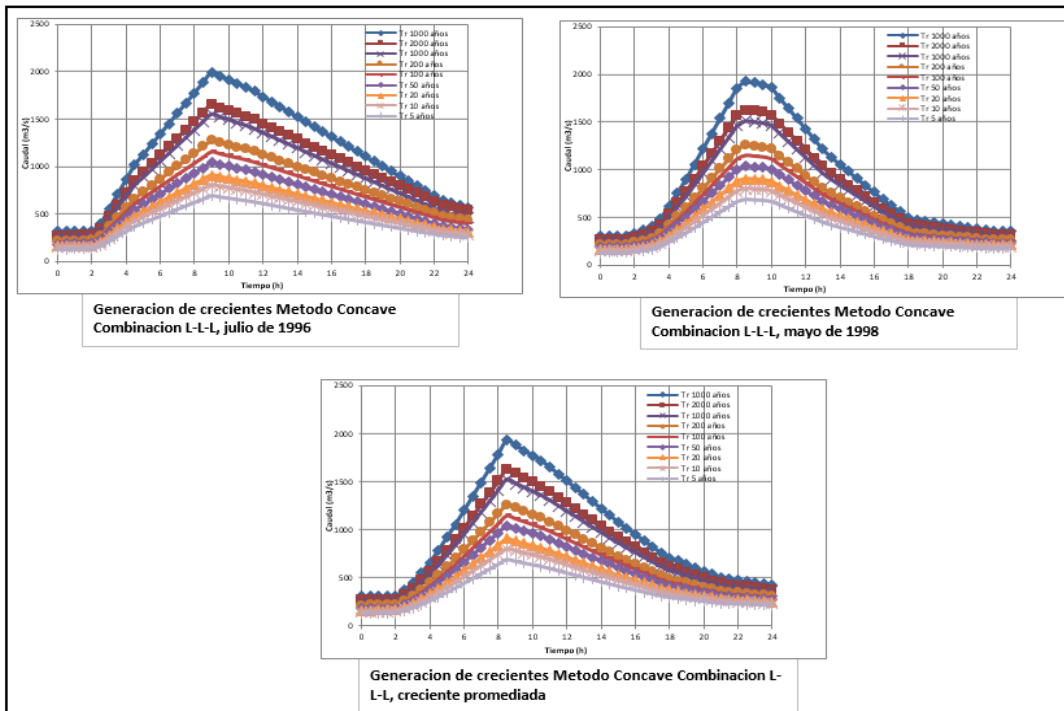


Figura 97 Generación de crecientes método Concave Base Slope, combinación Logpearson - Logpearson- Logpearson.

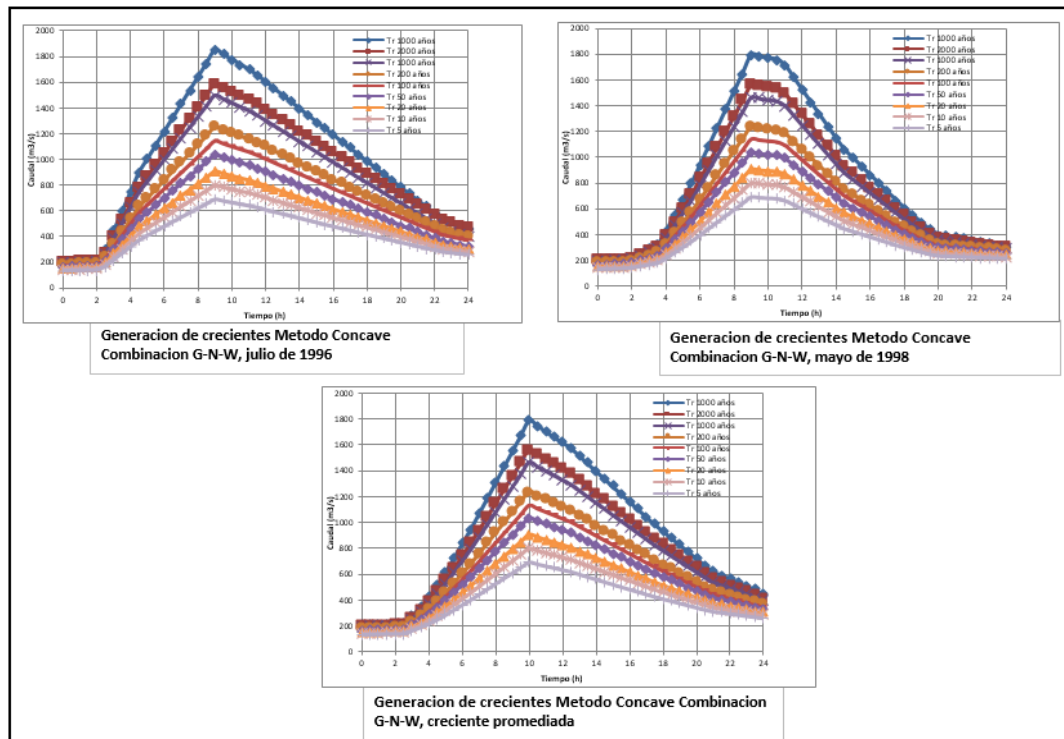


Figura 98 Generación de crecientes método Concave Base Slope, combinación Gumbel-Normal-Weibull

6.1.5.2 Validación del método flujo base Concave Base Slope:

La validación del método se realiza con la creciente registrada en julio de 1997, con una creciente modelada con un periodo de retorno de 11,28 Años. En la figura 15, Podemos observar que el comportamiento de la curva modelada se ajusta a la curva de la creciente registrada.

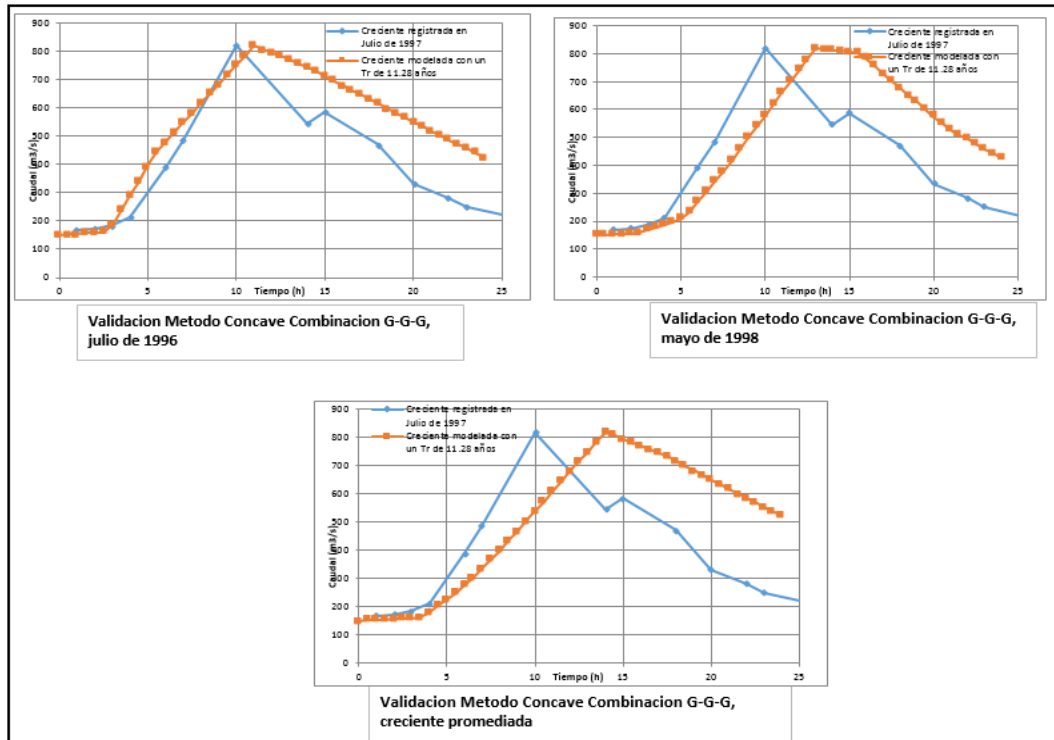


Figura 99 Validación del método con la creciente de 1997Metodo Concave Base Slope Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel..

A observar esta grafica se deduce que la validación de la creciente promediada con la creciente de 1997 no se ajusta y tiene un nivel de incertidumbre alto, debido al tiempo al pico.

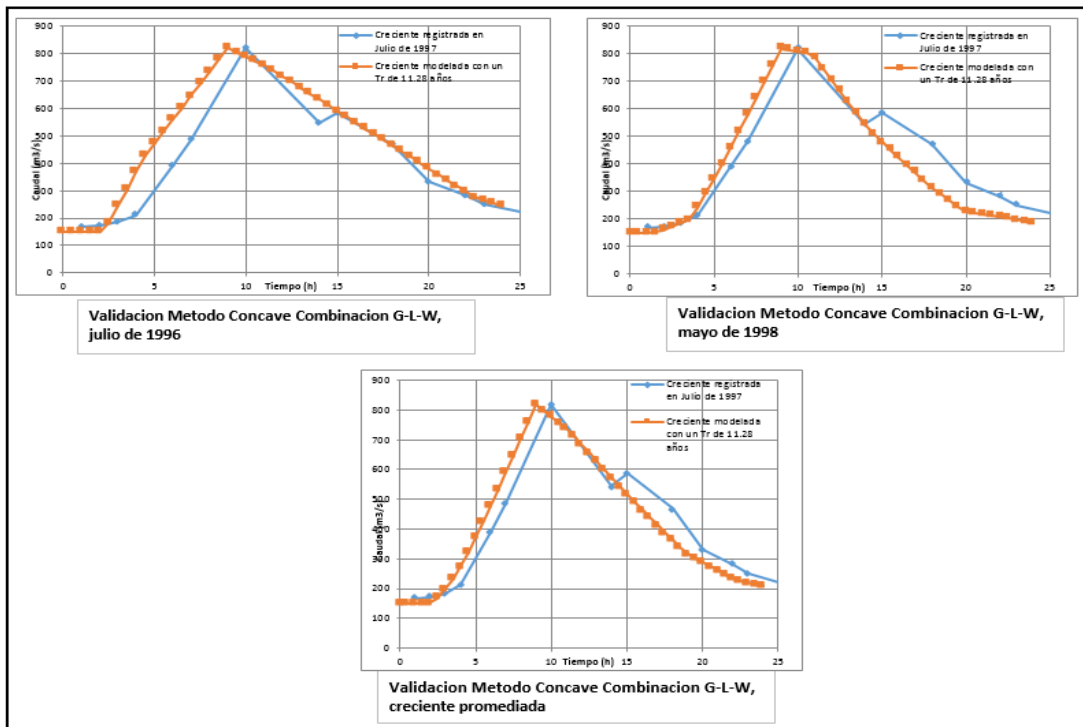


Figura 100 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Concave Base Slope Combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.

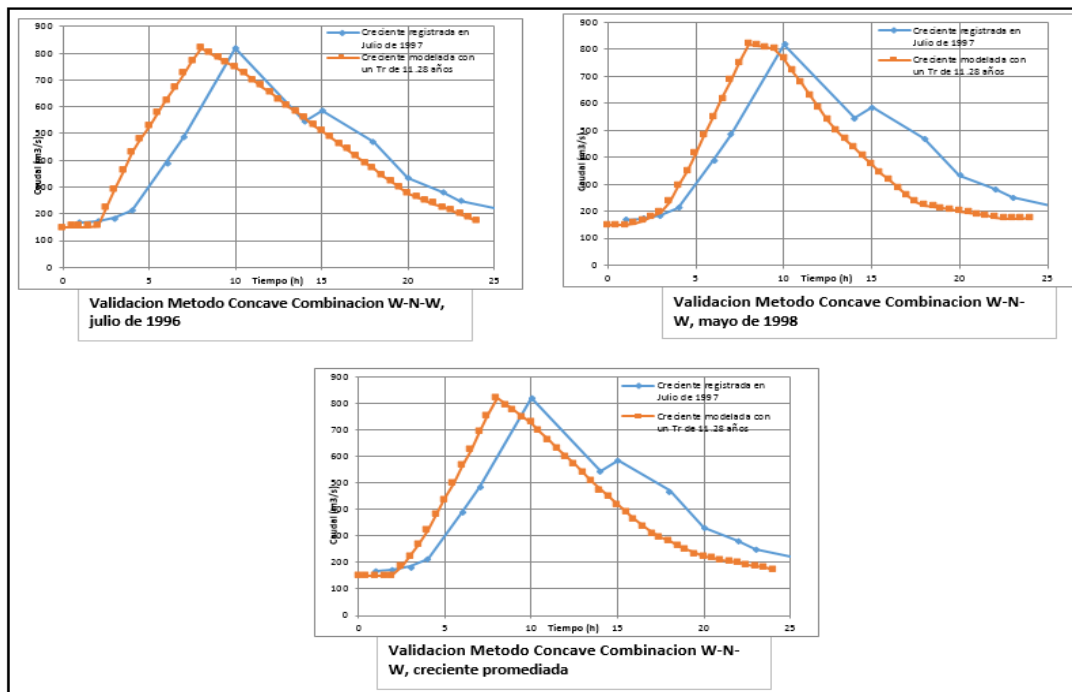


Figura 101 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Concave Base Slope Combinación Weibull-Normal-Weibull.

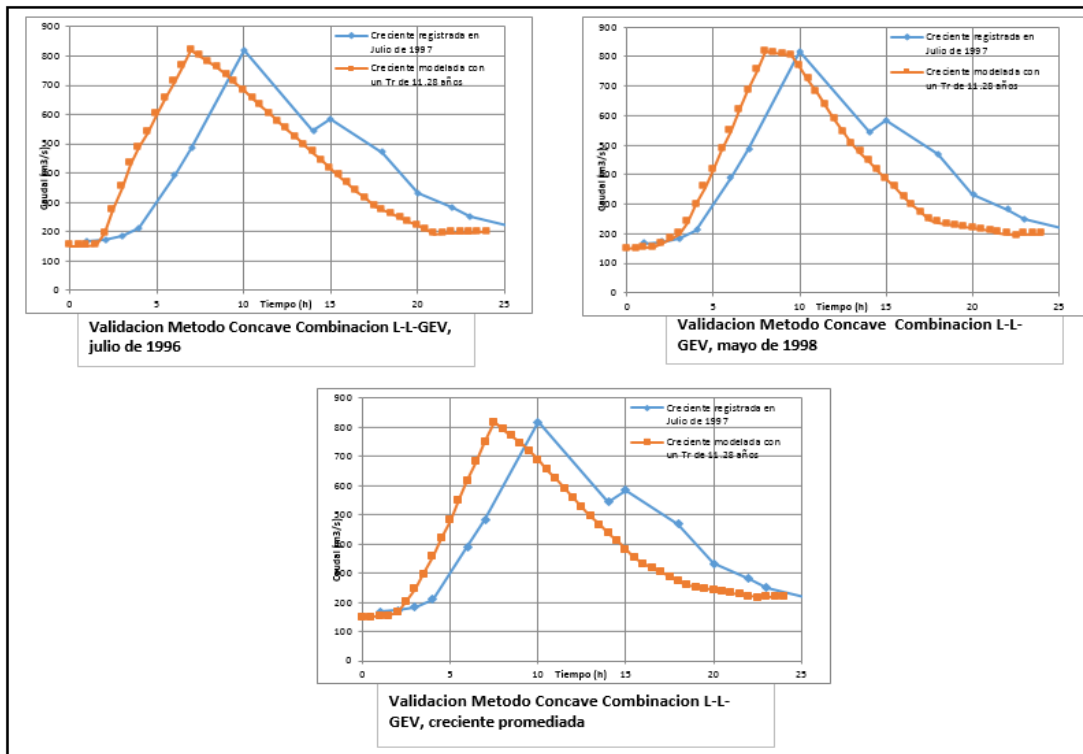


Figura 102 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Concave Base Slope Combinación Logpearson-Logpearson-Gev.

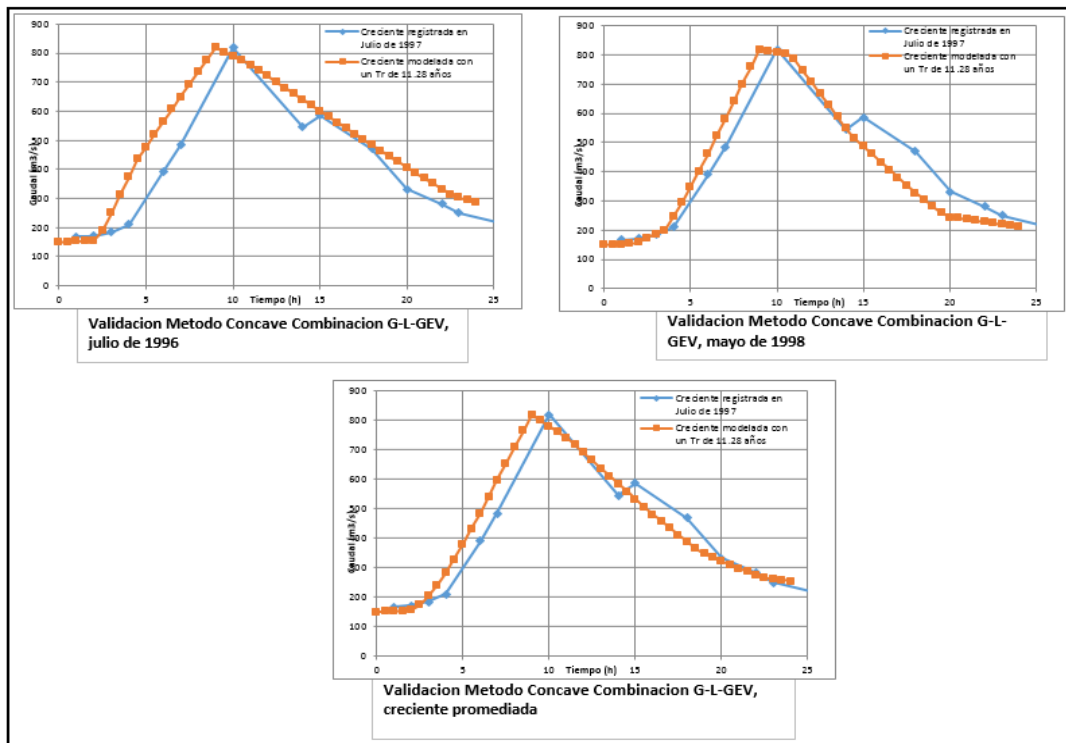


Figura 103 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Concave Base Slope Combinación Gumbel-Logpearson-Gev

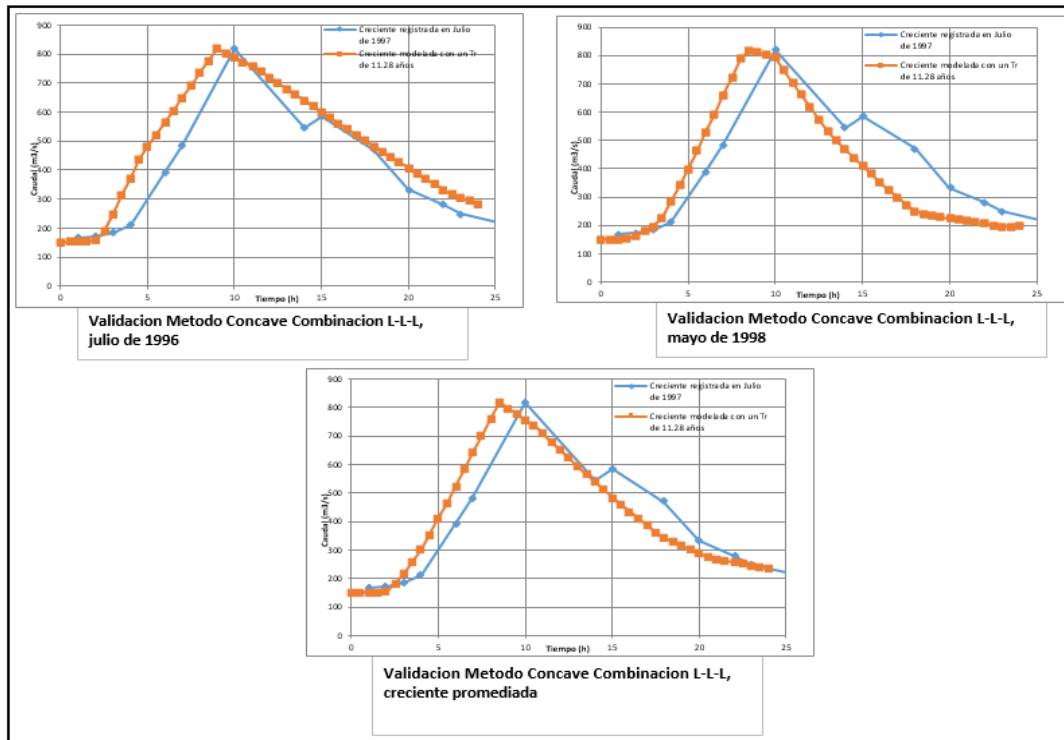


Figura 104 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Concave Base Slope Combinación Logpearson-Logpearson-Logpearson

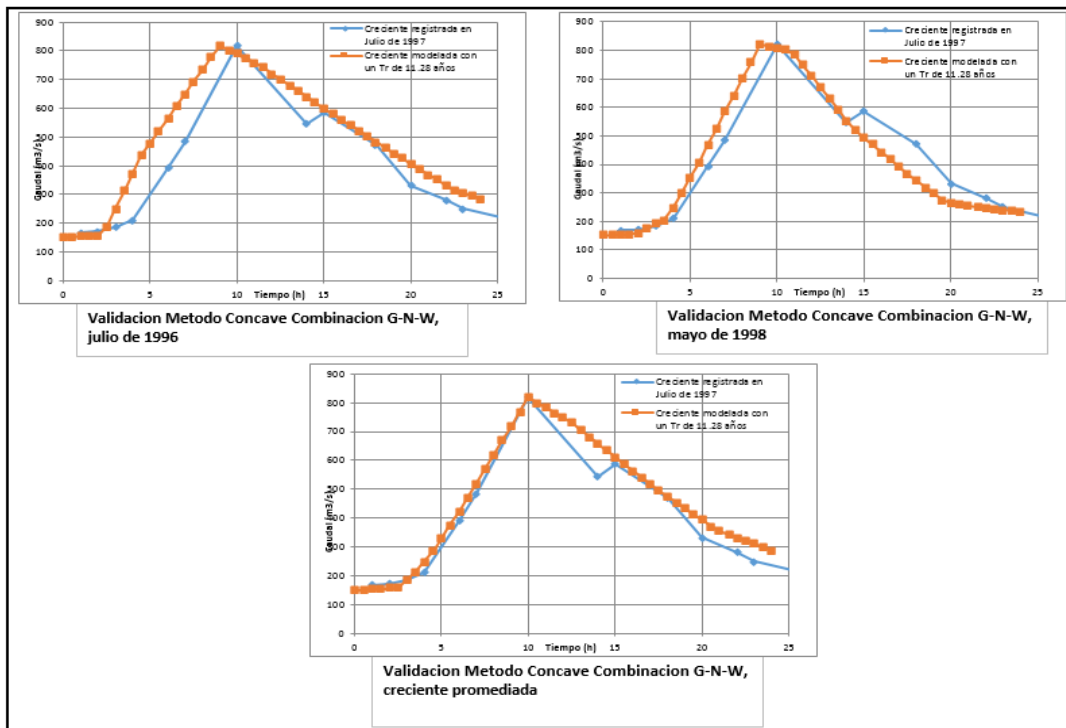


Figura 105 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Concave Base Slope Combinación Gumbel-Normal-Weibull

En la gráfica 104, se dan los mejores ajustes con cada una de las crecientes.

6.1.5.3 Envoltentes de las crecientes método flujo base Concave Base Slope:

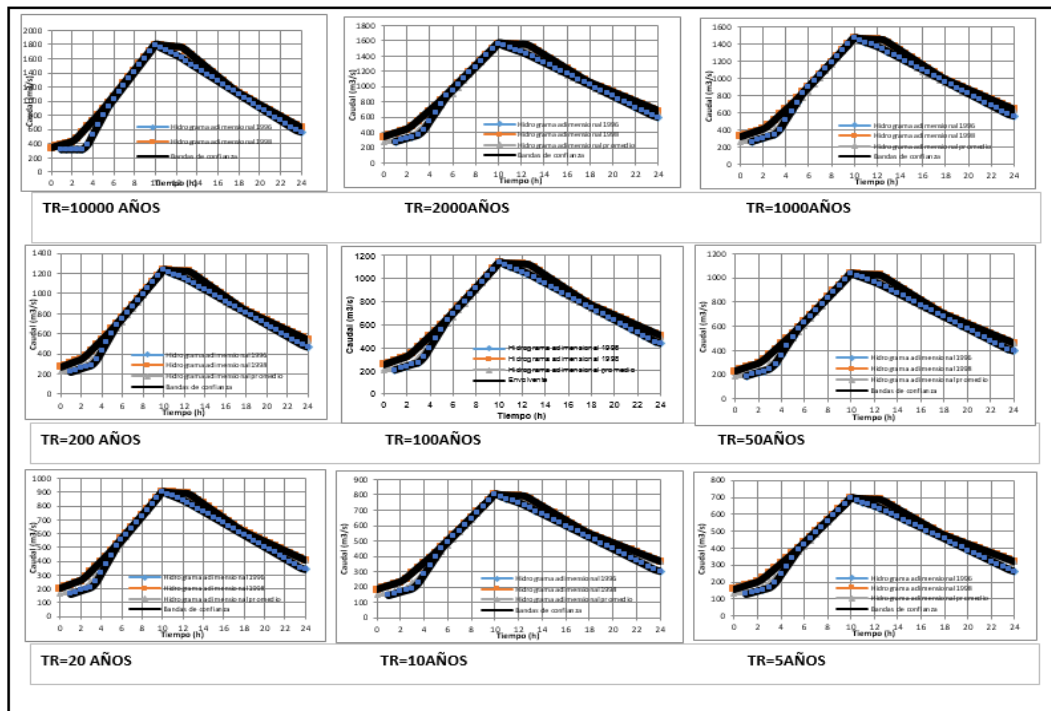


Figura 106 Envoltentes Método Concave Base Slope Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel

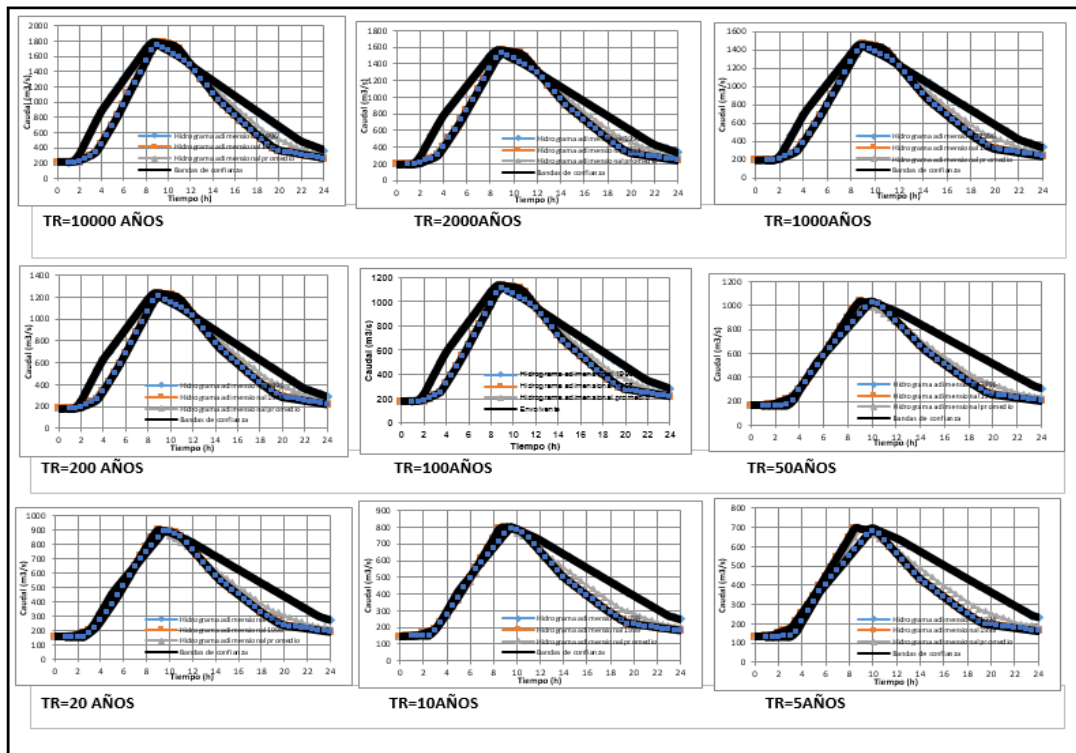


Figura 107 Envoltentes Concave Base Slope Combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.

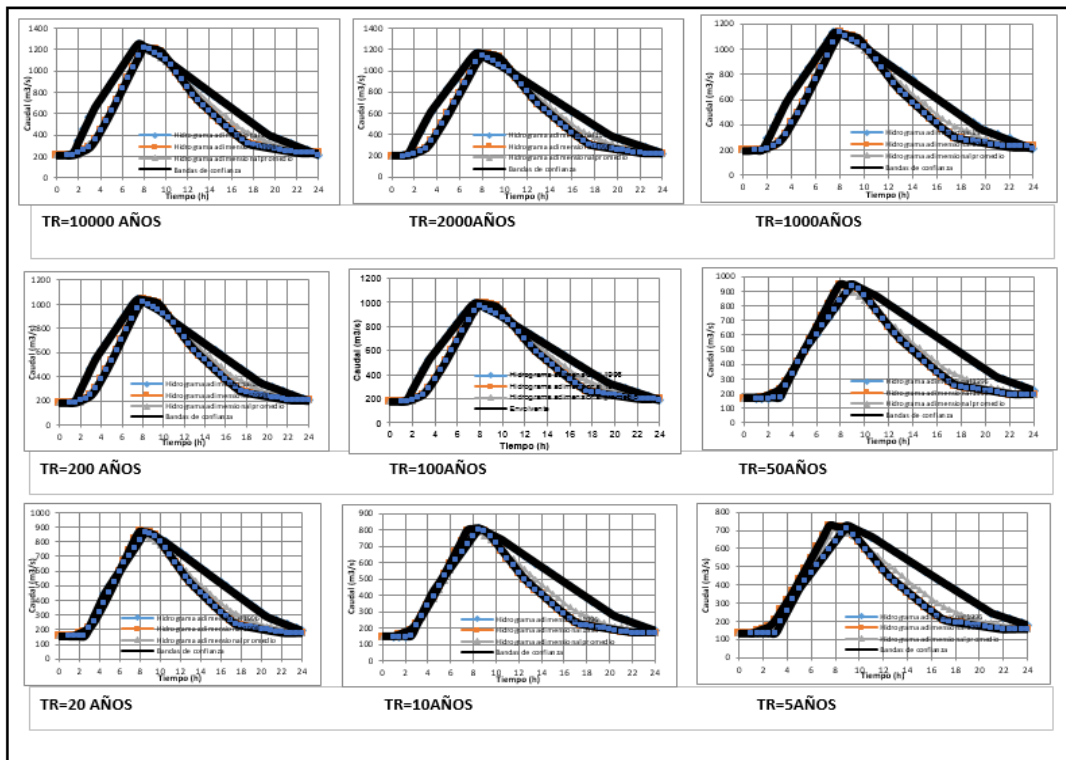


Figura 108 Envoltentes Método Concave Base Slope Combinación Weibull-Normal-Weibull.

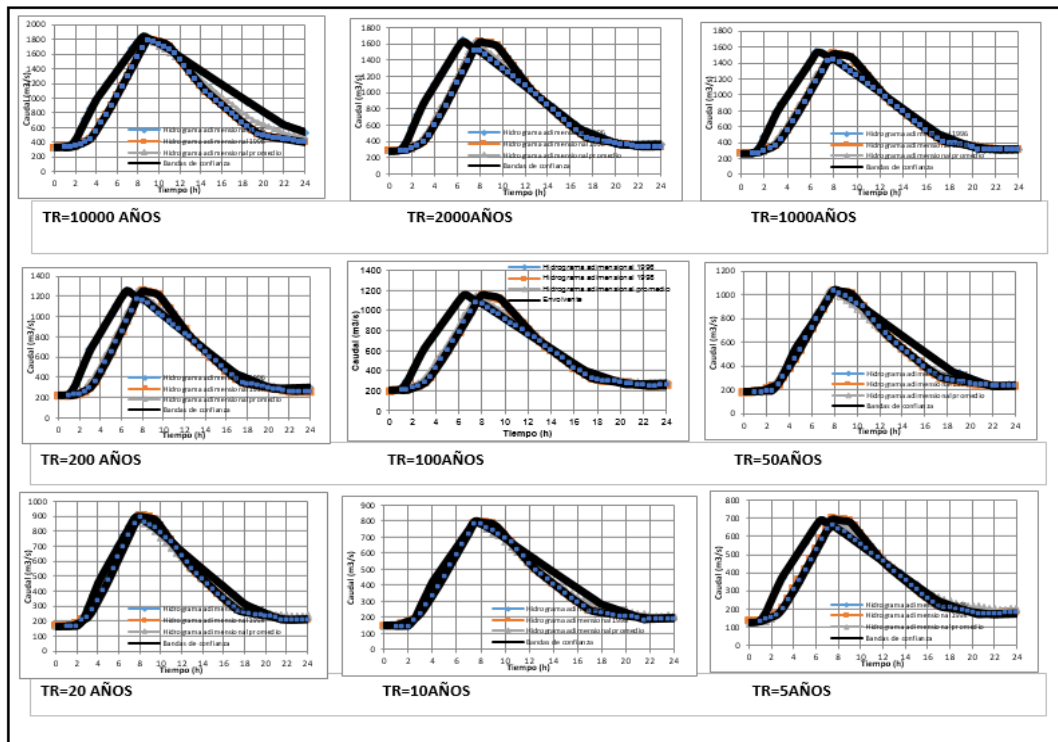


Figura 109 Envoltentes Método Concave Base Slope Combinación Logpearson-Logpearson-GeV

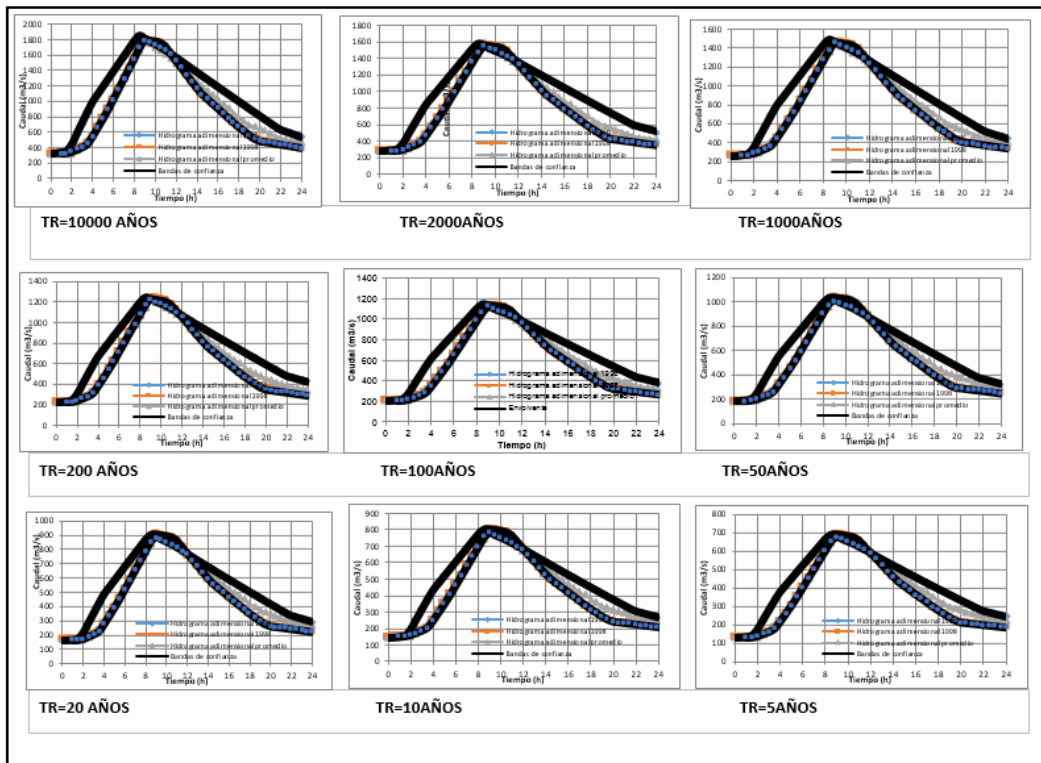


Figura 110 Envoltentes Método Concave Base Slope Combinación Gumbel-Logpearson-Gumbel

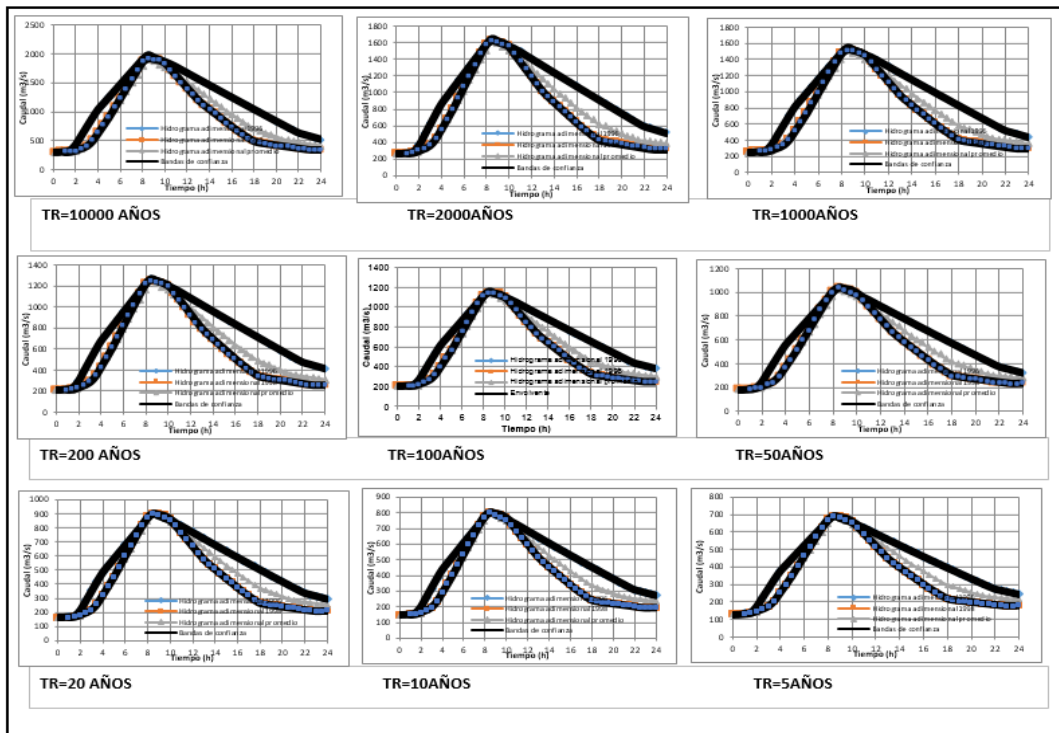


Figura 111 Envoltentes Método Concave Base Slope Combinación Logpearson-Logpearson-Logpearson

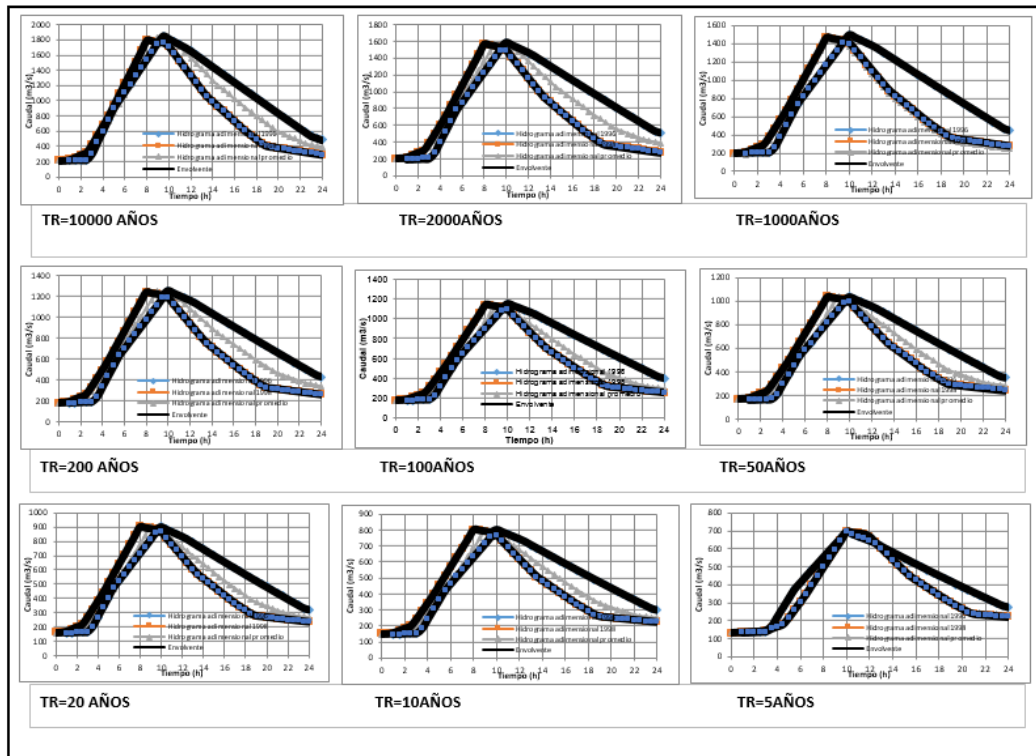


Figura 112 Envolventes Método Concave Base Slope Combinación Gumbel-Normal-Weibull.

En la Figuras anteriores se observa que no existe mayor incertidumbre al utilizar diferentes hidrogramas registrados en la estimación de los hidrogramas de diseño. Los envolventes obtenidas para otros períodos de retorno presentan formas similares, por tanto la incertidumbre es muy baja.

6.1.6 Cálculos método Master Depletion:

A continuación se presenta los cálculos obtenido utilizando el método de separación de flujo base Master Depletion, con combinaciones diferentes de ajustes estadísticos para el caudal máximo, caudal medio mes más húmedo y volumen máximo en un día, la siguiente tabla esta los resultados de los volúmenes asociados a diferentes periodos de retornos y el EMC, entre el volumen registrado proyectado por métodos estadísticos con el volumen simulado producto de la utilización del método.

Tabla 64 Calculo del EMC método flujo base Master Depletion Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel

METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-GUMBEL-GUMBEL				
Hidrograma Q1996 - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	101.11	97.60	3.51	2.63
2000	88.60	85.30	3.30	
1000	79.38	77.67	1.71	
200	66.64	63.43	3.21	
100	62.08	59.12	2.96	
50	56.74	55.45	1.29	
20	46.67	45.90	0.77	
10	43.07	40.10	2.97	
5	38.24	35.78	2.46	
Hidrograma Q1998 - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	97.68	96.36	1.32	0.77
2000	85.26	84.17	1.09	
1000	79.90	78.91	0.99	
200	67.43	66.71	0.72	
100	62.06	61.44	0.62	
50	56.65	56.15	0.50	
20	49.46	49.09	0.37	
10	43.89	43.64	0.25	
5	38.09	37.95	0.14	
Hidrograma Q PROMEDIO - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	97.95	96.36	1.59	0.89
2000	85.46	84.17	1.29	
1000	80.06	78.91	1.15	
200	67.52	66.71	0.81	
100	62.12	61.44	0.68	
50	56.67	56.15	0.52	
20	49.44	49.09	0.35	
10	43.84	43.64	0.20	
5	38.01	37.95	0.06	

Tabla 65 Calculo del EMC método flujo base Master Depletion Combinación Gumbel-Log-pearson-Weibull

METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Hidrograma Q1996 - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	91.98	96.20	-4.22	3.01
2000	80.57	83.20	-2.63	
1000	75.66	77.80	-2.14	
200	64.09	65.60	-1.51	
100	61.04	60.50	0.54	
50	59.99	55.40	4.59	
20	52.45	48.70	3.75	
10	46.55	43.50	3.05	
5	40.29	38.00	2.29	
Hidrograma Q1998 - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	90.33	96.20	-5.87	2.98
2000	79.34	83.20	-3.86	
1000	74.60	77.80	-3.20	
200	63.42	65.60	-2.18	
100	58.55	60.50	-1.95	
50	53.62	55.40	-1.78	
20	47.01	48.70	-1.69	
10	41.82	43.50	-1.68	
5	36.29	38.00	-1.71	
Hidrograma Q PROMEDIO - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	94.77	96.20	-1.43	0.58
2000	83.01	83.20	-0.19	
1000	77.94	77.80	0.14	
200	66.02	65.60	0.42	
100	60.83	60.50	0.33	
50	55.60	55.40	0.20	
20	48.60	48.70	-0.10	
10	43.13	43.50	-0.37	
5	37.33	38.00	-0.67	

Tabla 66 Calculo del EMC método flujo base Master Depletion Combinación Weibull-Normal-Weibull

METODO CONSTANTE COMBINACION WEIBULL-NORMAL-WEIBULL				
Hidrograma Q1996 - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	62.61	66.10	-3.49	2.69
2000	59.46	62.10	-2.64	
1000	57.50	60.20	-2.70	
200	53.32	55.30	-1.98	
100	52.68	53.00	-0.32	
50	53.91	50.40	3.51	
20	49.72	46.60	3.12	
10	45.93	43.10	2.83	
5	41.19	39.00	2.19	
Hidrograma Q1998 - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	60.97	66.10	-5.13	3.55
2000	57.92	62.10	-4.18	
1000	56.06	60.20	-4.14	
200	52.01	55.30	-3.29	
100	49.76	53.00	-3.24	
50	47.38	50.40	-3.02	
20	43.75	46.60	-2.85	
10	40.46	43.10	-2.64	
5	36.33	39.00	-2.67	
Hidrograma Q PROMEDIO - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	65.45	66.10	-0.65	0.35
2000	62.17	62.10	0.07	
1000	60.15	60.20	-0.05	
200	55.79	55.30	0.49	
100	53.36	53.00	0.36	
50	50.80	50.40	0.40	
20	46.87	46.60	0.27	
10	43.32	43.10	0.22	
5	38.88	39.00	-0.12	

Tabla 67 Calculo del EMC método flujo base Master Depletion Combinación Log-Log-Gev

METODO CONSTANTE COMBINACION LOG-LOG-GEV				
Hidrograma Q1996 - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.00	96.20	-1.20	2.07
2000	80.31	83.20	-2.89	
1000	74.82	77.80	-2.98	
200	61.97	65.60	-3.63	
100	58.39	60.50	-2.11	
50	56.76	55.40	1.36	
20	49.33	48.70	0.63	
10	43.56	43.50	0.06	
5	37.59	38.00	-0.41	
Hidrograma Q 1998 - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	97.16	96.20	0.96	2.43
2000	82.32	83.20	-0.88	
1000	76.67	77.80	-1.13	
200	63.56	65.60	-2.04	
100	57.98	60.50	-2.52	
50	52.46	55.40	-2.94	
20	45.58	48.70	-3.12	
10	40.24	43.50	-3.26	
5	34.73	38.00	-3.27	
Hidrograma Q PROMEDIO - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	97.38	96.20	1.18	2.66
2000	82.28	83.20	-0.92	
1000	76.62	77.80	-1.18	
200	63.39	65.60	-2.21	
100	57.76	60.50	-2.74	
50	52.18	55.40	-3.22	
20	45.29	48.70	-3.41	
10	39.93	43.50	-3.57	
5	34.40	38.00	-3.60	

Tabla 68 Calculo del EMC método flujo base Master Depletion Combinación Gumbel-Log-pearson-Gev.

METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				
Hidrograma Q1996 - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.00	96.20	-1.20	2.07
2000	80.31	83.20	-2.89	
1000	74.82	77.80	-2.98	
200	61.97	65.60	-3.63	
100	58.39	60.50	-2.11	
50	56.76	55.40	1.36	
20	49.33	48.70	0.63	
10	43.56	43.50	0.06	
5	37.59	38.00	-0.41	
Hidrograma Q1998 - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	97.16	96.20	0.96	2.43
2000	82.32	83.20	-0.88	
1000	76.67	77.80	-1.13	
200	63.56	65.60	-2.04	
100	57.98	60.50	-2.52	
50	52.46	55.40	-2.94	
20	45.58	48.70	-3.12	
10	40.24	43.50	-3.26	
5	34.73	38.00	-3.27	
Hidrograma Q PROMEDIO - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	97.38	96.20	1.18	2.66
2000	82.28	83.20	-0.92	
1000	76.62	77.80	-1.18	
200	63.39	65.60	-2.21	
100	57.76	60.50	-2.74	
50	52.18	55.40	-3.22	
20	45.29	48.70	-3.41	
10	39.93	43.50	-3.57	
5	34.40	38.00	-3.60	

Tabla 69 Calculo del EMC método flujo base Master Depletion Combinación Log-pearson-Logpearson-Logpearson

METODO CONSTANTE COMBINACION LOG-LOG-LOG.				
Hidrograma Q1996 - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	99.15	96.20	2.95	1.93
2000	83.73	83.20	0.53	
1000	78.01	77.80	0.21	
200	64.52	65.60	-1.08	
100	60.76	60.50	0.26	
50	59.02	55.40	3.62	
20	51.23	48.70	2.53	
10	45.19	43.50	1.69	
5	38.91	38.00	0.91	
Hidrograma Q1998 - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	97.87	96.20	1.67	1.74
2000	82.98	83.20	-0.22	
1000	77.43	77.80	-0.37	
200	64.35	65.60	-1.25	
100	58.81	60.50	-1.69	
50	53.30	55.40	-2.10	
20	46.48	48.70	-2.22	
10	41.20	43.50	-2.30	
5	35.69	38.00	-2.31	
Hidrograma Q PROMEDIO - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	102.29	96.20	6.09	2.64
2000	86.41	83.20	3.21	
1000	80.52	77.80	2.72	
200	66.62	65.60	1.02	
100	60.73	60.50	0.23	
50	54.87	55.40	-0.53	
20	47.64	48.70	-1.06	
10	42.04	43.50	-1.46	
5	36.21	38.00	-1.79	

Tabla 70 Calculo del EMC método flujo base Master Depletion Combinación Gumbel-Normal-Logpearson

METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-NORMAL-LOG				
Hidrograma Q1996 - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	67.48	66.10	1.38	1.57
2000	62.57	62.10	0.47	
1000	61.43	60.20	1.23	
200	58.26	55.30	2.96	
100	53.43	53.00	0.43	
50	51.11	50.40	0.71	
20	48.74	46.60	2.14	
10	42.95	43.10	-0.15	
5	36.92	39.00	-2.08	
Hidrograma Q1998 - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	70.82	66.10	4.72	1.98
2000	62.85	62.10	0.75	
1000	59.43	60.20	-0.77	
200	57.63	55.30	2.33	
100	53.56	53.00	0.56	
50	49.44	50.40	-0.96	
20	48.73	46.60	2.13	
10	43.80	43.10	0.70	
5	38.45	39.00	-0.55	
Hidrograma Q PROMEDIO - Master Depletion				
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	67.06	66.10	0.96	2.35
2000	63.44	62.10	1.34	
1000	66.04	60.20	5.84	
200	55.65	55.30	0.35	
100	53.72	53.00	0.72	
50	48.96	50.40	-1.44	
20	44.66	46.60	-1.94	
10	41.29	43.10	-1.81	
5	37.18	39.00	-1.82	

Los resultados obtenidos con este método son muy confiables ya que el EMC promedio de todas las combinaciones de ajustes estadísticos es muy bajo, además por literatura y experiencia se sabe que este método junto con el método lineal son los que mejor describen el comportamiento matemático del flujo base.

6.1.6.2 Generación de hidrogramas método Master Depletion:

En las siguientes graficas se obtienen las crecientes a diferentes periodos de retorno, teniendo en cuenta las combinaciones para el ajuste estadístico.

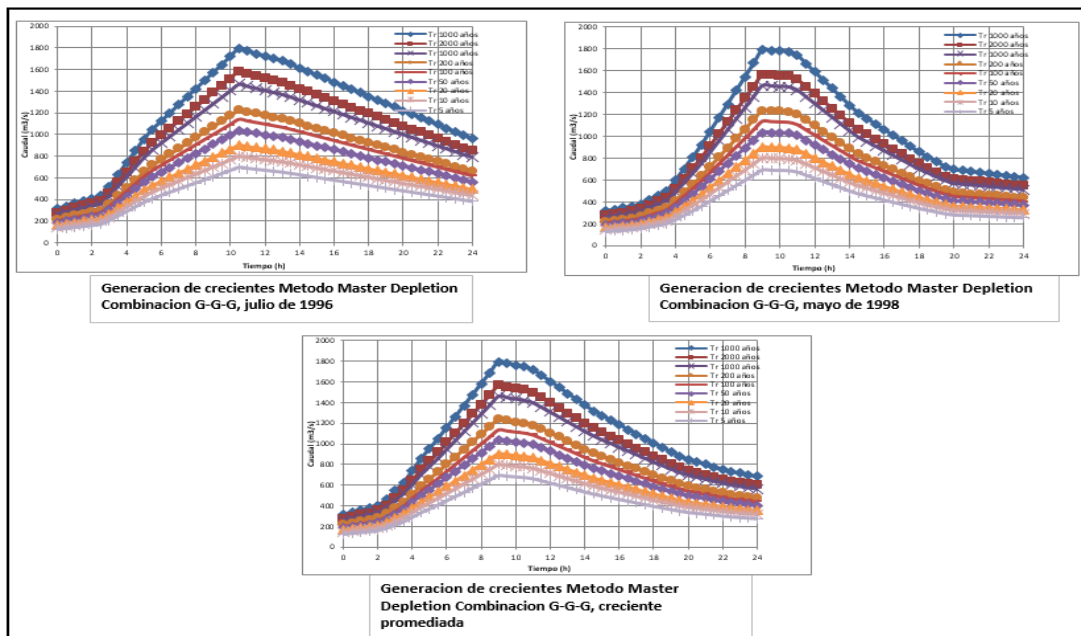


Figura 113 Generación de crecientes método Master Depletion, combinación G-G

De esta grafica se aprecia que mantienen la misma forma del hidrograma con tiempo al pico de 10 horas, esta tendencia se observa en todos los métodos antes descritos.

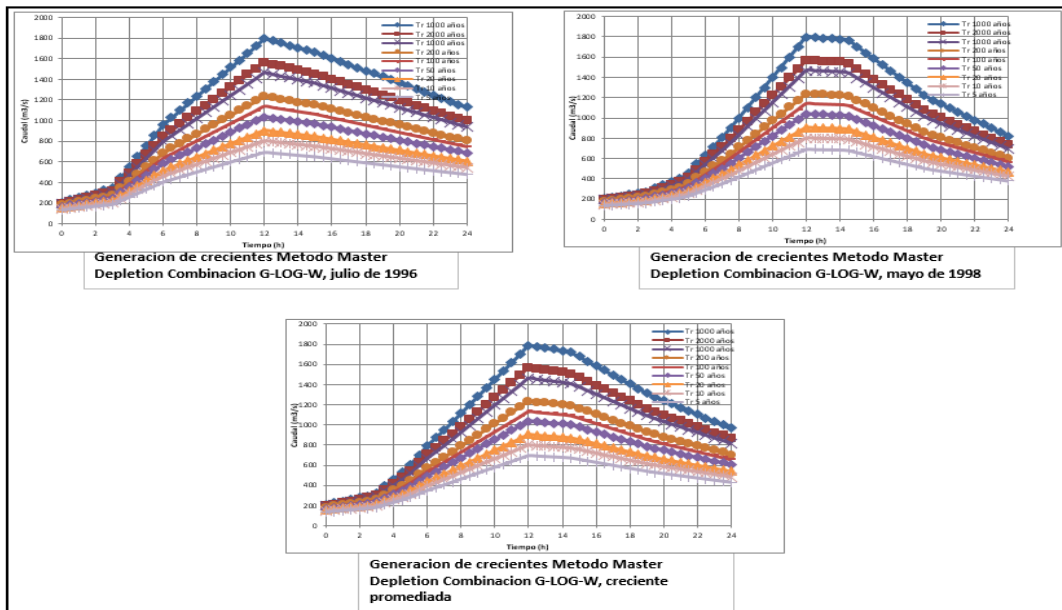


Figura 114 Generación de crecientes método Master Depletion, combinación Gumbel-Logpearson-Weibull

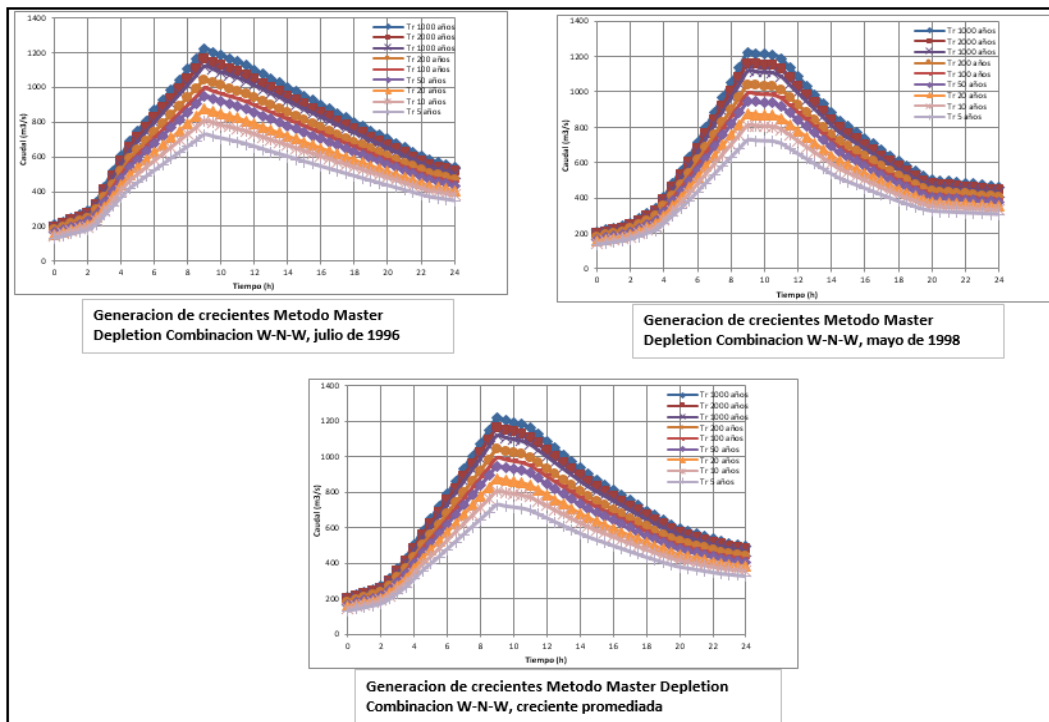


Figura 115 Generación de crecientes método Master Depletion, combinación Weibull-Normal-Weibull

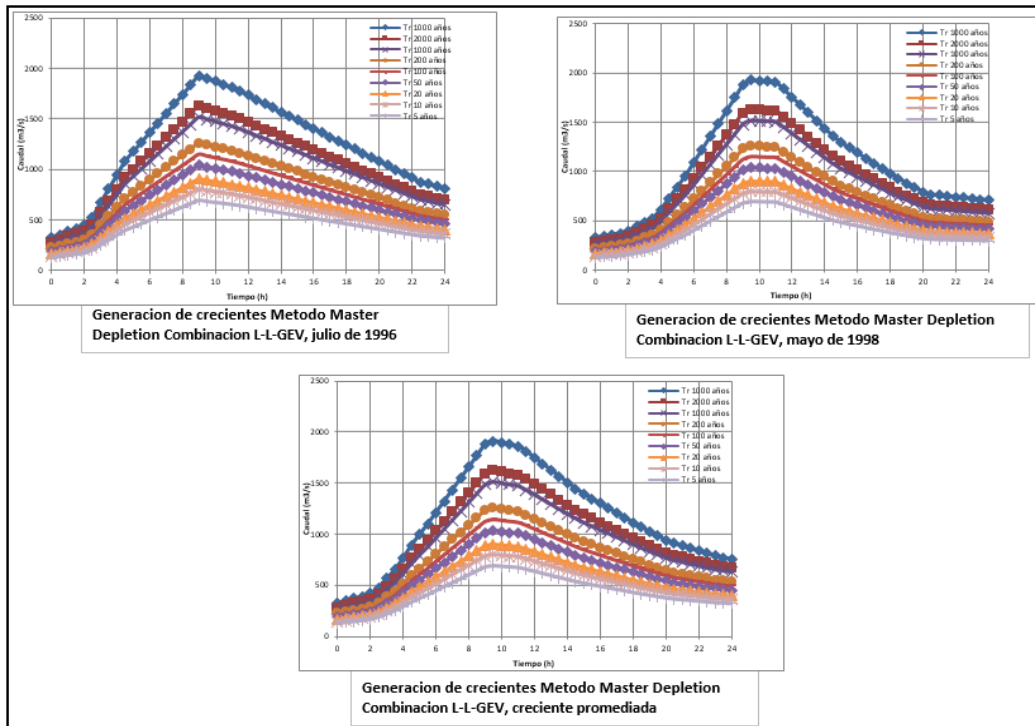


Figura 116 Generación de crecientes método Master Depletion, combinación Logpearson-Lorpearson-Gev.

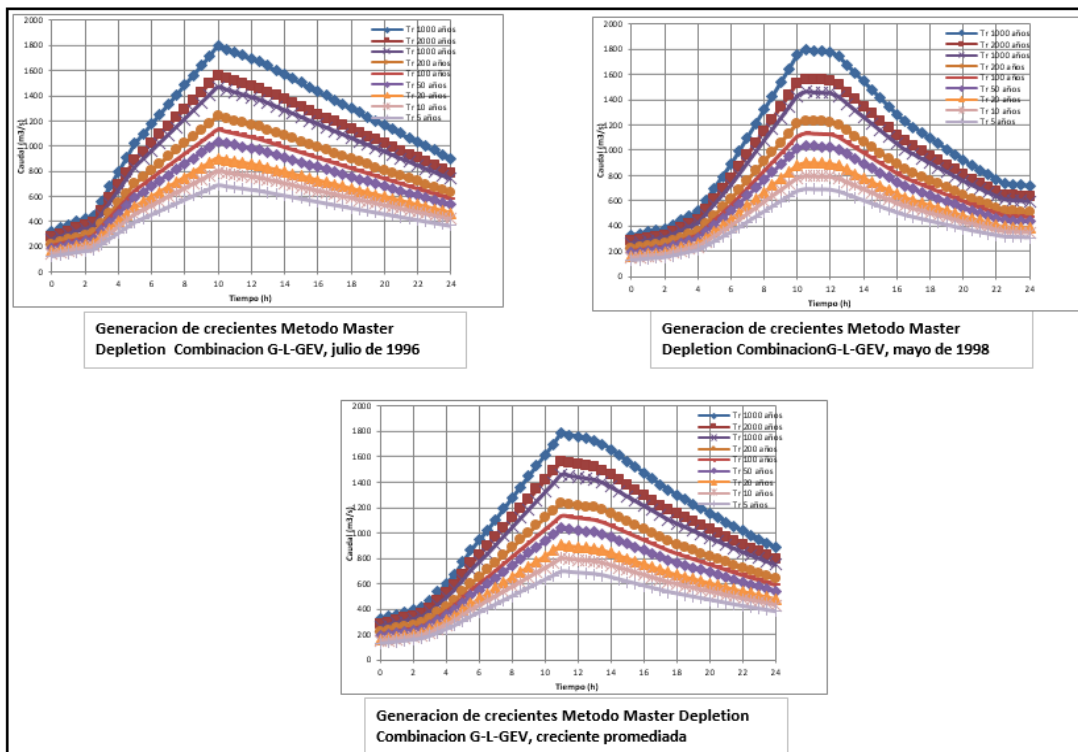


Figura 117 Generación de crecientes método Master Depletion, combinación Gumbel-Logpearson-Gev..

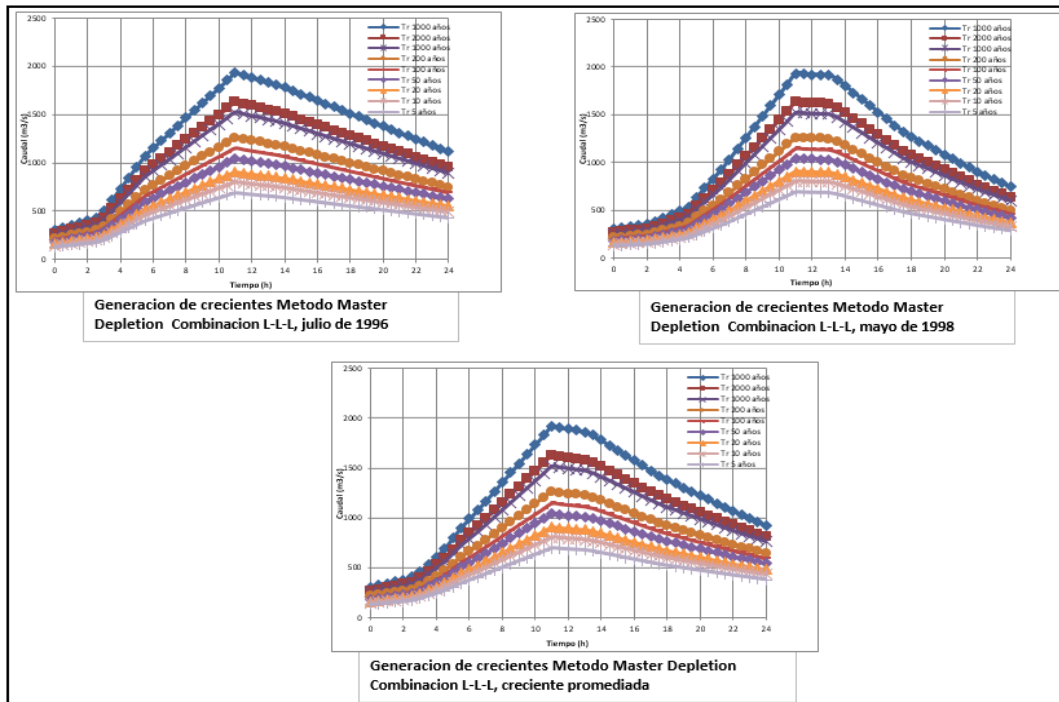


Figura 118 Generación de crecientes método Master Depletion, combinación Logpearson - Logpearson- Logpearson.

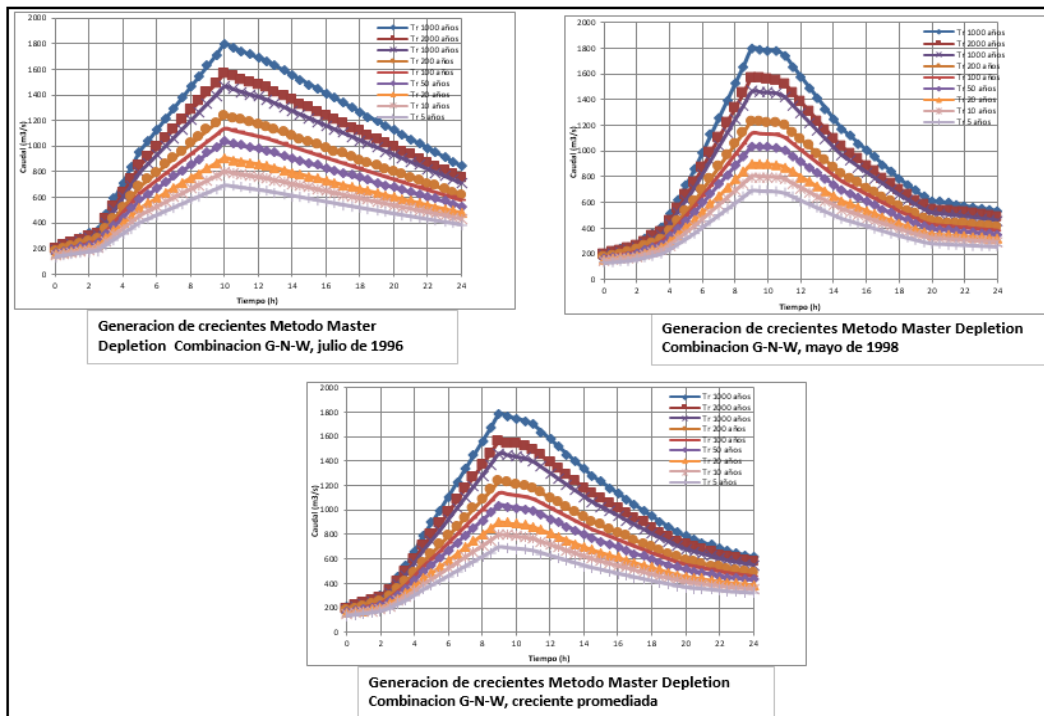


Figura 119 Generación de crecientes método Master Depletion, combinación Gumbel-Normal-Weibull

6.1.6.2 Validación del método flujo base Master Depletion.

La validación del método se realiza con la creciente registrada en julio de 1997, con una creciente modelada con un periodo de retorno de 11,28 Años. En la figura 15, Podemos observar que el comportamiento de la curva modelada se ajusta a la curva de la creciente registrada.

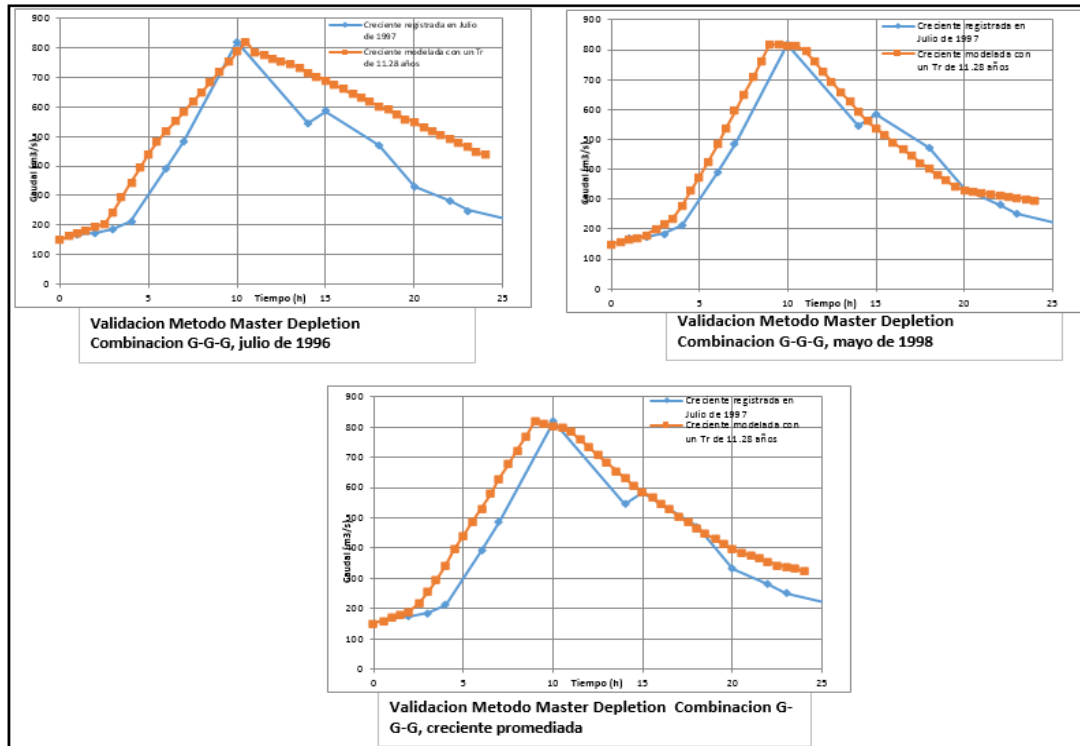


Figura 120 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Master Depletion Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel..

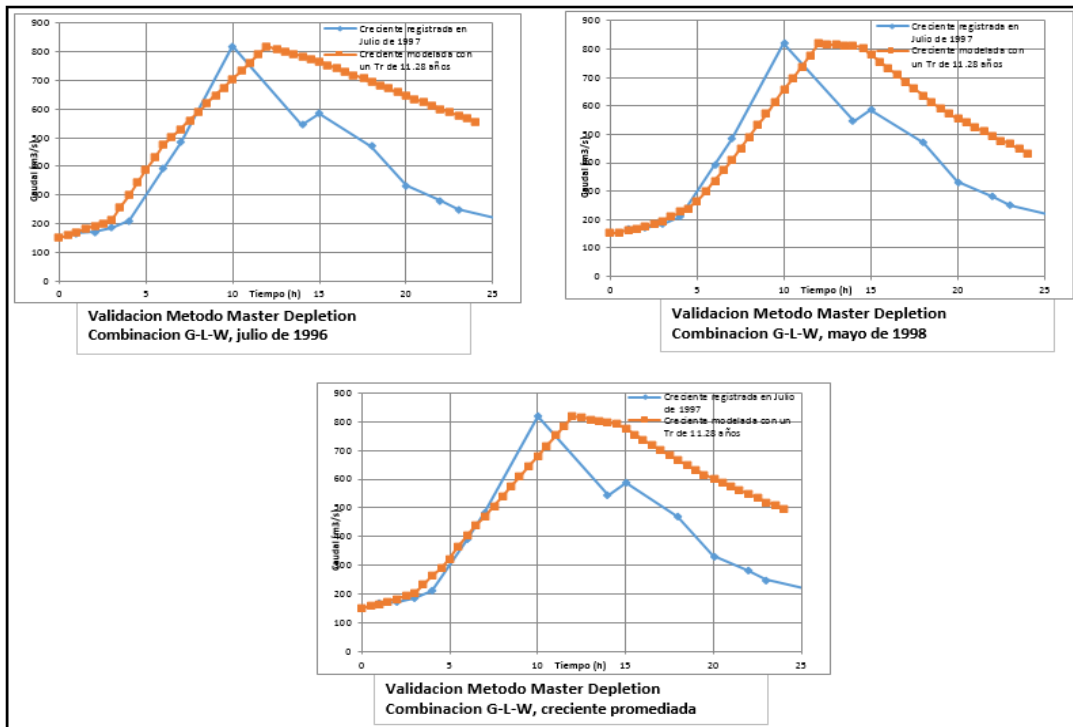


Figura 121 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Master Depletion Combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.

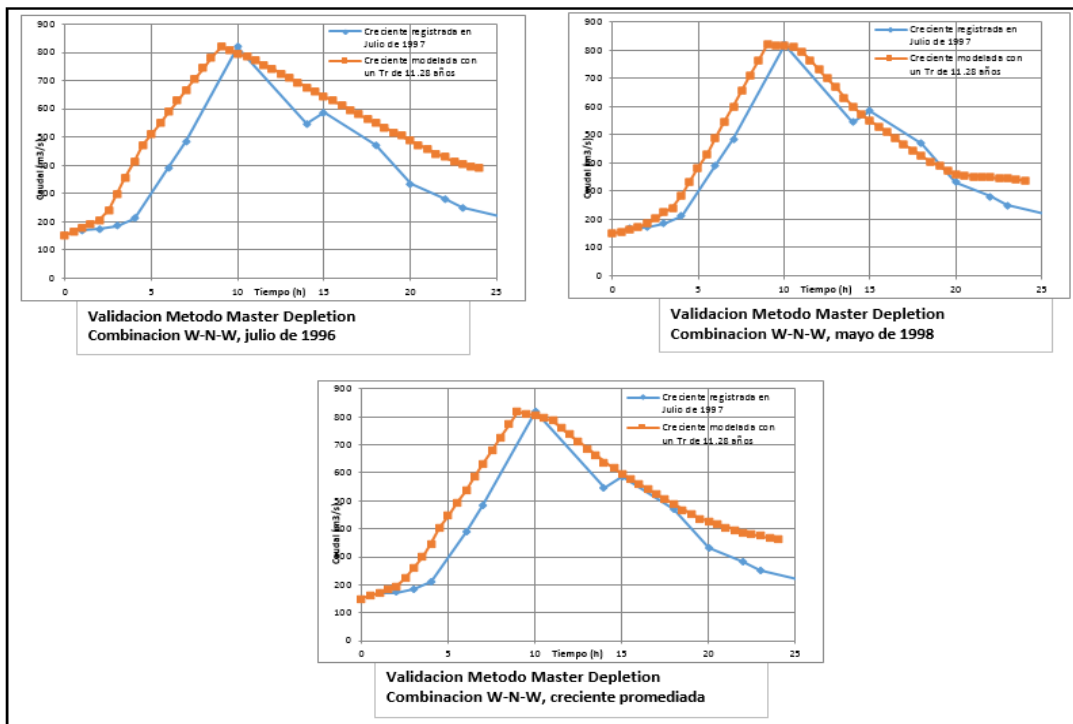


Figura 122 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Master Depletion Combinación Weibull-Normal-Weibull.

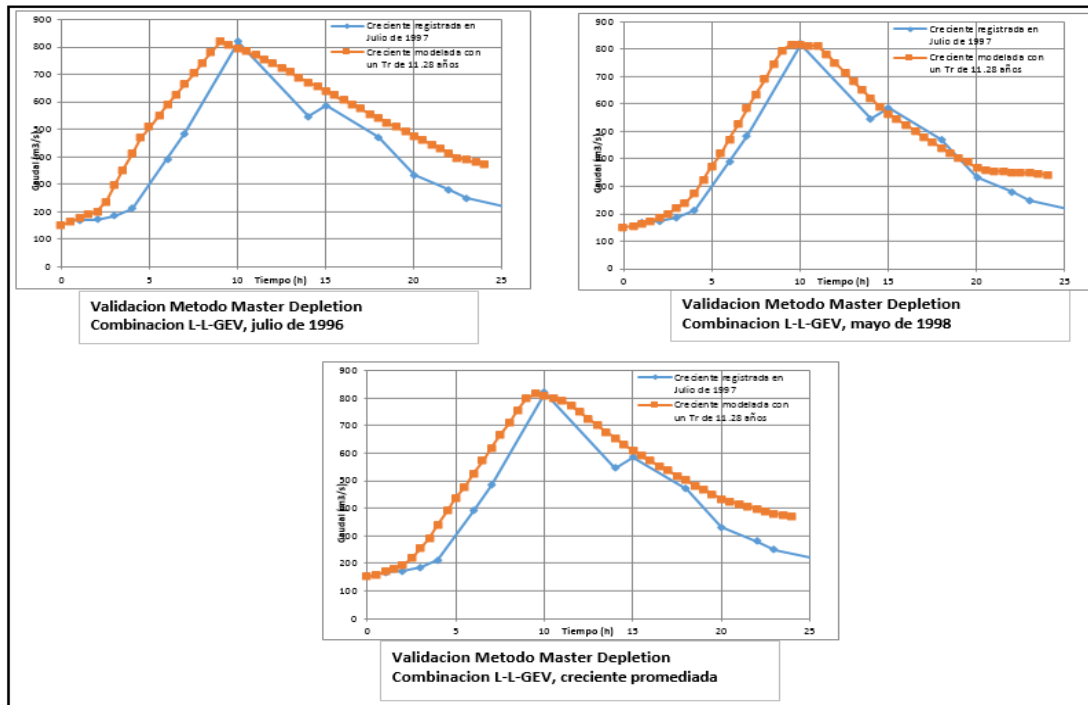


Figura 123 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Master Depletion Combinación Logpearson-Logpearson-Gev.

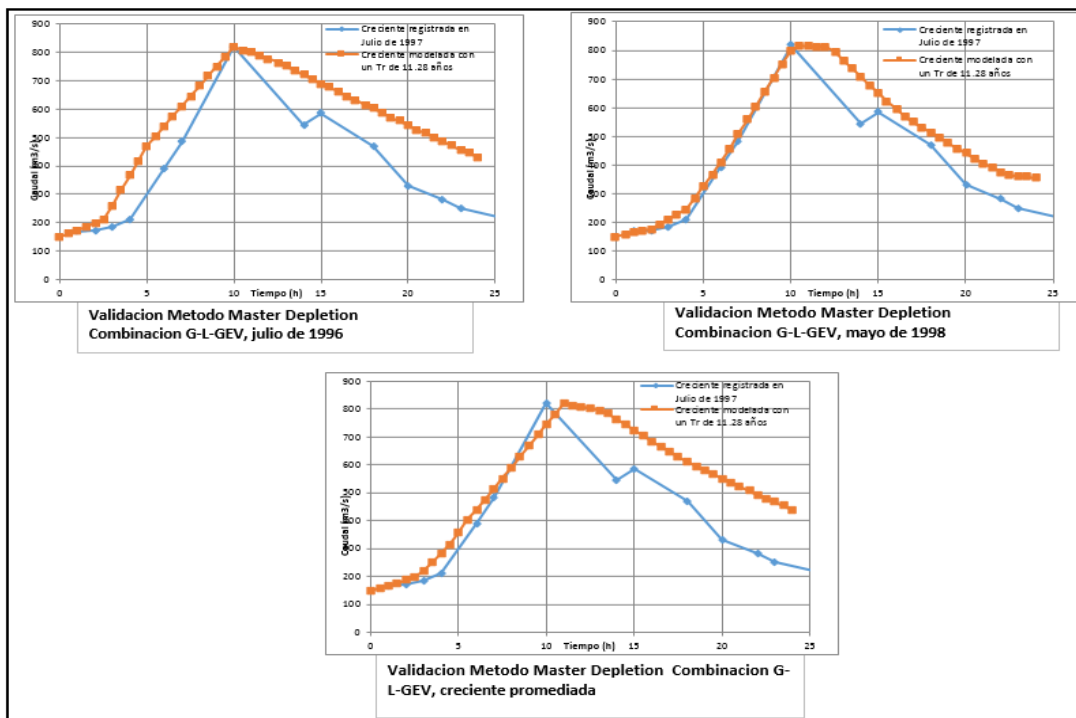


Figura 124 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Master Depletion Combinación Gumbel-Logpearson-Gev

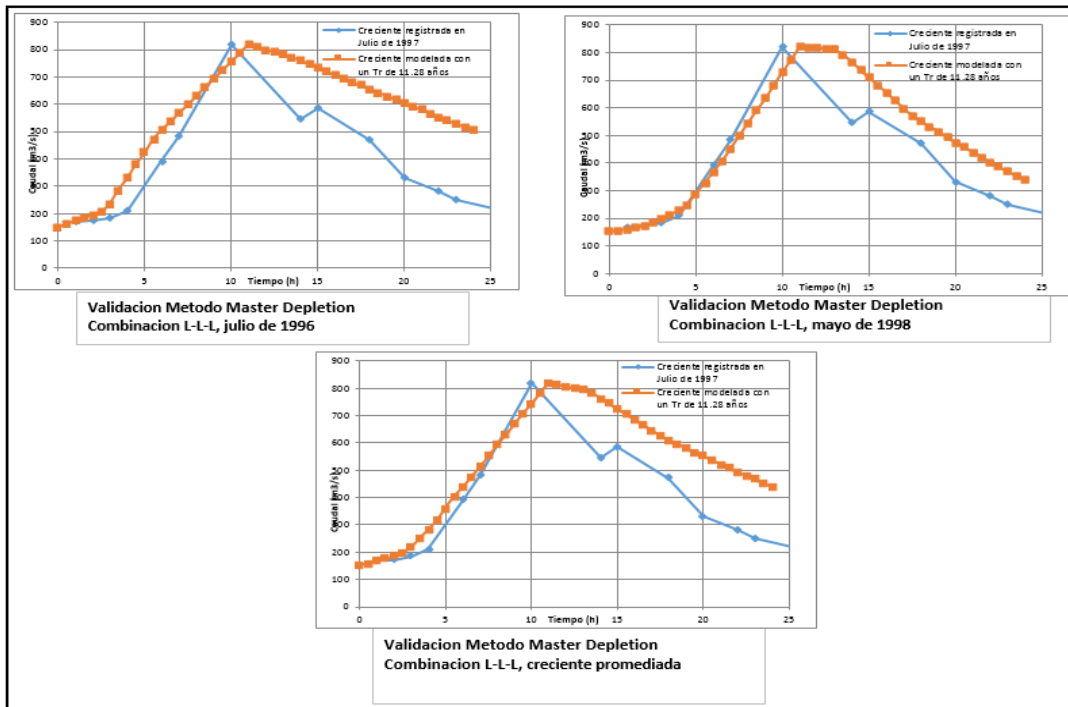


Figura 125 Validación del método con la creciete de 1997 Metodo Master Depletion Combinación Logpearson-Logpearson-Logpearson

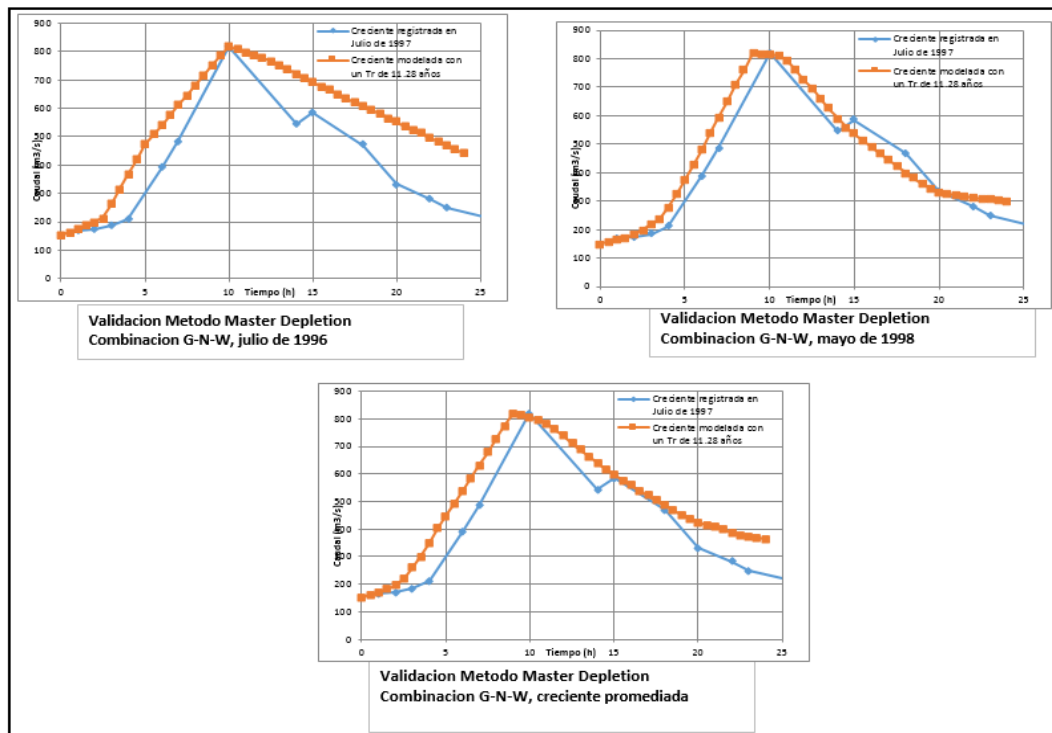


Figura 126 Validación del método con la creciete de 1997 Metodo Master Depletion Combinación Gumbel-Normal-Weibull

6.1.6.3 Envoltentes de las crecientes método flujo base Master Depletion:

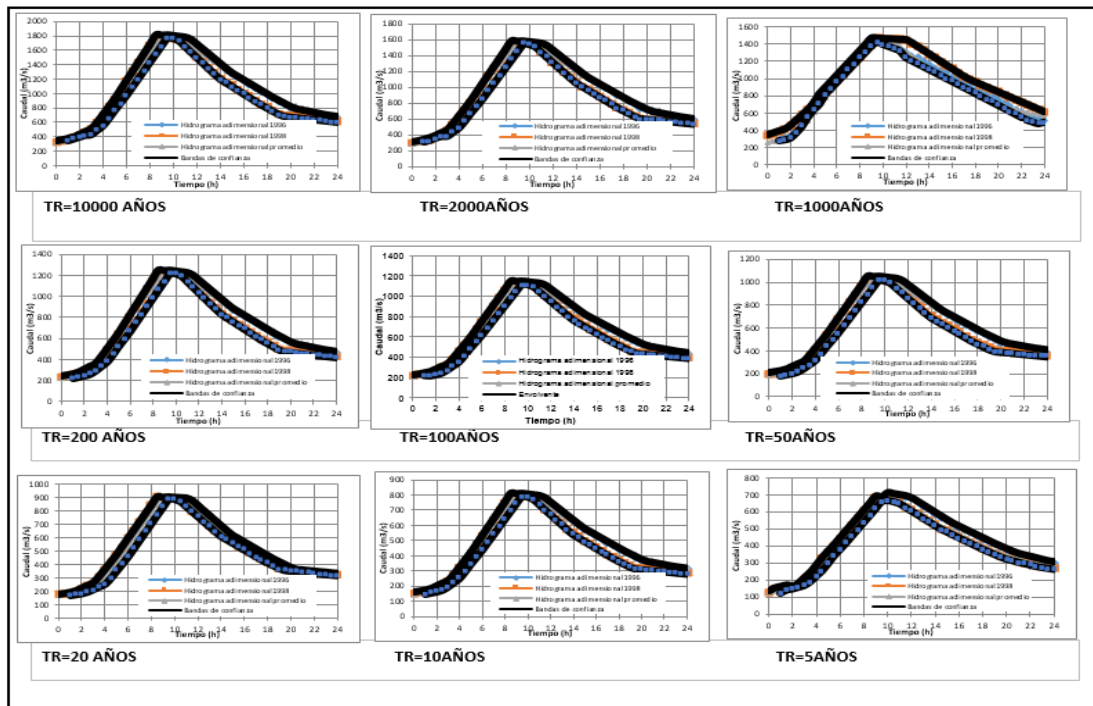


Figura 127 Envoltentes Método Master Depletion Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel

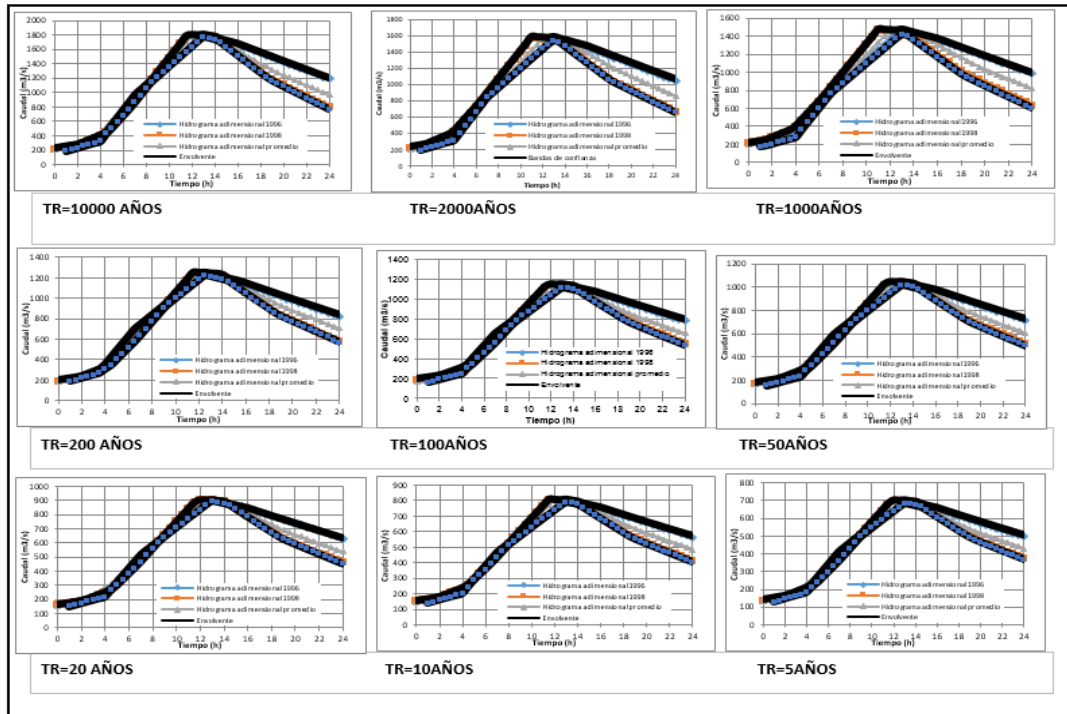


Figura 128 Envoltentes Master Depletion Combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.

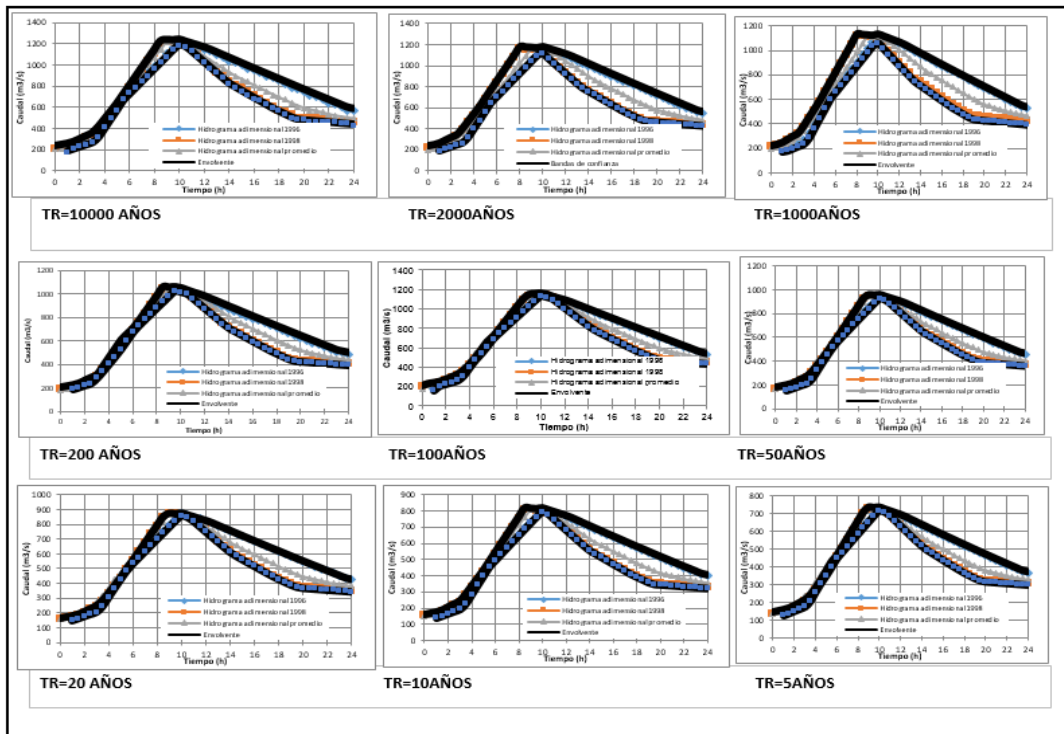


Figura 129 Envolventes Método Master Depletion Combinación Weibull-Normal-Weibull.

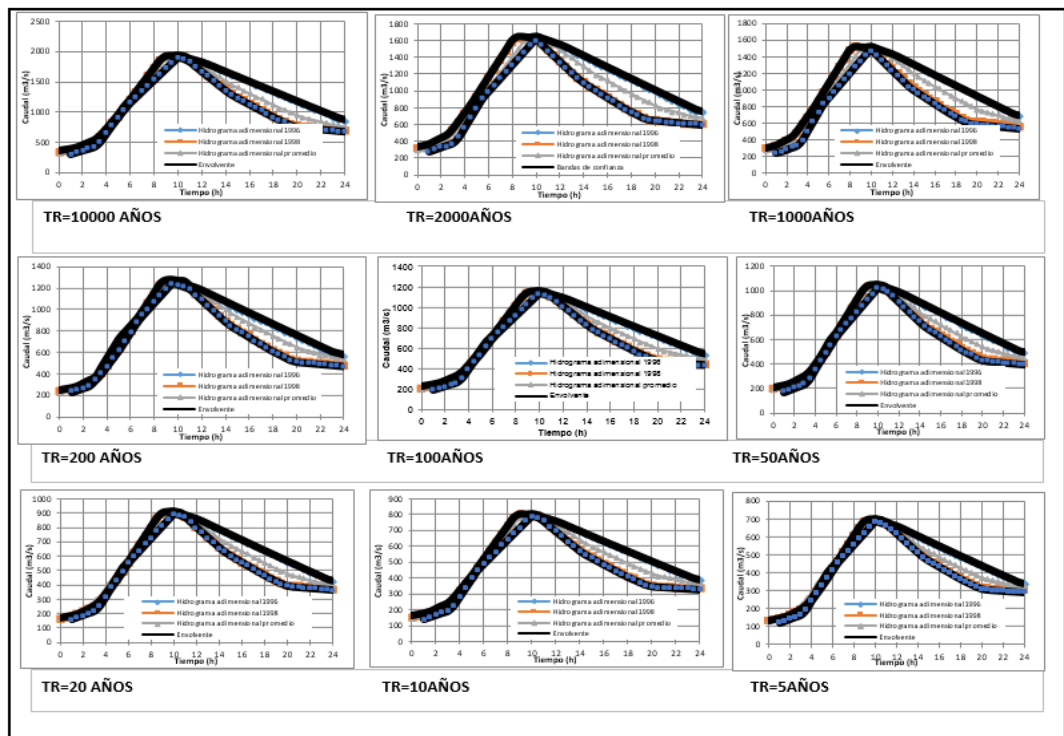


Figura 130 Envolventes Método Master Depletion Combinación Logpearson-Logpearson-Gev

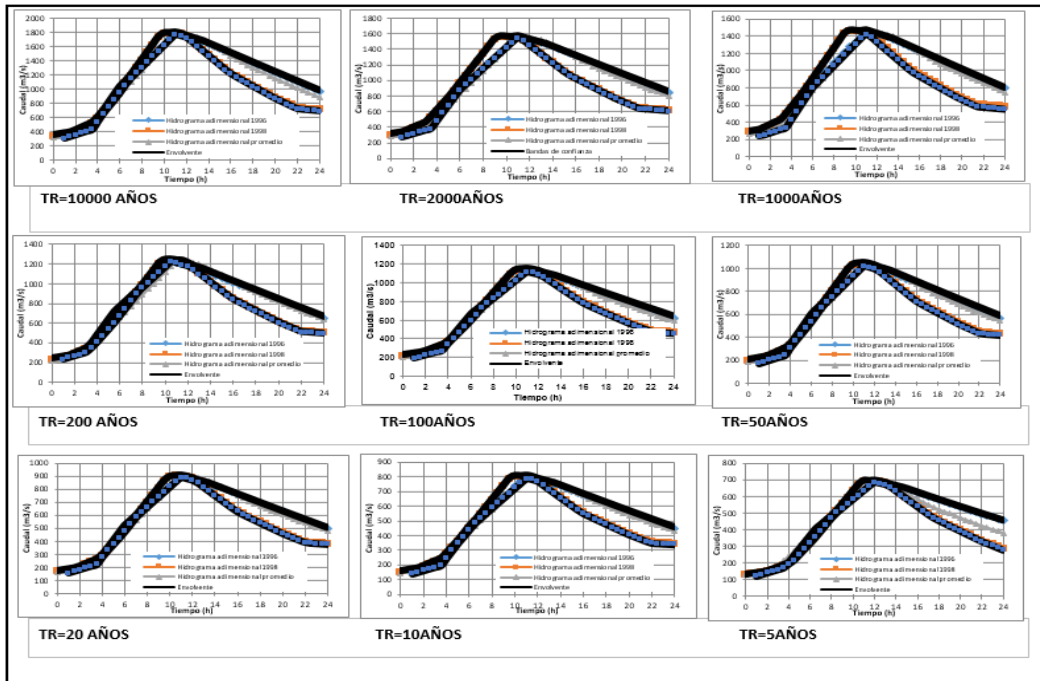


Figura 131 Envoltentes Método Master Depletion Combinación Gumbel-Logpearson-Gumbel

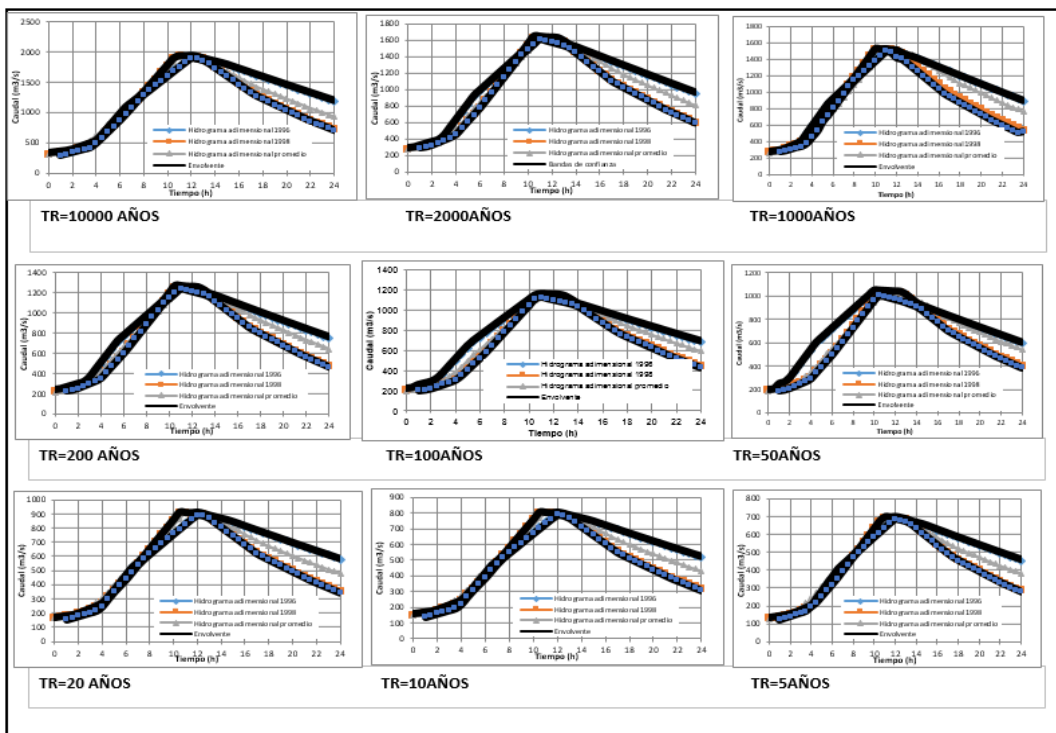


Figura 132 Envoltentes Método Master Depletion Combinación Logpearson-Logpearson-Logpearson

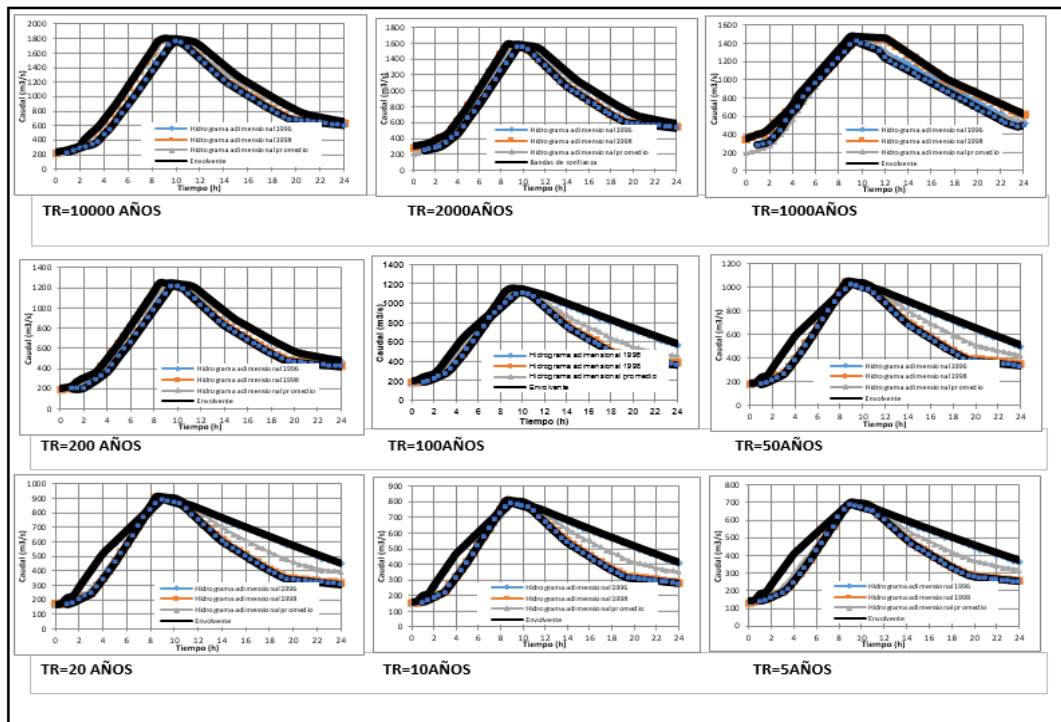


Figura 133 Envolturas Método Master Depletion Combinación Gumbel-Normal-Weibull.

En la Figuras anteriores se observa que no existe mayor incertidumbre al utilizar diferentes hidrogramas registrados en la estimación de los hidrogramas de diseño. Los envolturas obtenidas para otros períodos de retorno presentan formas similares, por tanto la incertidumbre es muy baja.

6.2 ANALISIS DE RESULTADOS

6.2.1 Análisis de resultados EMC: En la siguiente tabla se muestran los resultados de los seis métodos propuestos en esta investigación, teniendo en cuenta las crecientes de junio de 1996, Julio de 1998 y la combinación de estas crecientes, utilizando las combinaciones de ajustes antes mencionadas (Weibul, Normal, Logpearson, Gumbel, Gev). Con el siguiente resumen, observamos cuales son los métodos que presenta un menor Error Medio Cuadrático (EMC) y por tanto los métodos de separación de flujo base que tiene mejor ajuste.

Tabla 71 Resumen de los resultados EMC.

METODO LINEAL COMBINACION GUMBEL-GUMBEL-GUMBEL				METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-GUMBEL-GUMBEL				METODO CUENCAS PEQUEÑAS COMBINACION GUMBEL-GUMBEL-GUMBEL				METODO CONSTANT SLOPE COMBINACION GUMBEL-GUMBEL-GUMBEL				METODO Concave Base-Slope COMBINACION GUMBEL-GUMBEL-GUMBEL				METODO MASTER DEPLETION COMBINACION GUMBEL-GUMBEL-GUMBEL				
Hidrograma Q1996 - Método lineal				Hidrograma Q1996 - Método Constante				Hidrograma Q1996 - Método Cuencas Pequeñas				Hidrograma Q1996 - Constant Slope				Hidrograma Q1996 - Concave Base-Slope				Hidrograma Q1996 - Master Depletion				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	97.11	96.36	0.75	0.38	99.05	96.36	2.69	1.67	100.60	96.36	4.24	2.76	96.83	96.36	0.47	1.20	97.90	96.36	1.54	0.73	101.11	97.60	3.51	2.63
2000	84.72	84.17	0.55		86.44	84.17	2.27		87.84	84.17	3.67		85.80	84.17	1.63		84.98	84.17	0.81		88.60	85.30	3.30	
1000	79.37	78.91	0.46		81.00	78.91	2.09		82.28	78.91	3.37		77.32	78.91	-1.59		79.38	78.91	0.47		79.38	77.67	1.71	
200	66.93	66.71	0.22		68.34	66.71	1.63		69.46	66.71	2.75		65.47	66.71	-1.24		66.98	66.71	0.27		66.64	63.43	3.21	
100	61.57	61.44	0.13		62.90	61.44	1.46		63.89	61.44	2.45		59.81	61.44	-1.63		61.69	61.44	0.25		62.08	59.12	2.96	
50	56.17	56.15	0.02		57.40	56.15	1.25		58.34	56.15	2.19		55.39	56.15	-0.76		56.57	56.15	0.42		56.74	55.45	1.29	
20	48.99	49.09	-0.10		50.10	49.09	1.01		50.93	49.09	1.84		48.55	49.09	-0.54		49.83	49.09	0.74		46.67	45.90	0.77	
10	43.44	43.64	-0.20		44.45	43.64	0.81		45.19	43.64	1.55		44.10	43.64	0.46		44.20	43.64	0.56		43.07	40.10	2.97	
5	37.65	37.95	-0.30		38.57	37.95	0.62		39.18	37.95	1.23		39.47	37.95	1.52		38.58	37.95	0.63		38.24	35.78	2.46	
Hidrograma Q1998 - Método lineal				Hidrograma Q1998 - Método Constante				Hidrograma Q1998 - Método Cuencas Pequeñas				Hidrograma Q1998 - Constant Slope				Hidrograma Q1998 - Concave Base-Slope				Hidrograma Q1998 - Master Depletion				

MICA 2012 -I-1

Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	96.43	96.36	-10.62	3.54	96.49	96.36	0.13	0.22	95.84	96.36	-0.52	0.52	84.53	96.36	-11.83	5.89	91.28	96.36	-5.08	2.80	97.68	96.36	1.32	0.77
2000	84.23	84.17	0.06		84.21	84.17	0.04		83.70	84.17	-0.47		75.97	84.17	-8.20		80.95	84.17	-3.22		85.26	84.17	1.09	
1000	78.96	78.91	0.05		78.91	78.91	0.00		78.40	78.91	-0.51		72.27	78.91	-6.64		76.49	78.91	-2.42		79.90	78.91	0.99	
200	66.71	66.71	0.00		66.59	66.71	-0.12		66.20	66.71	-0.51		63.67	66.71	-3.04		66.12	66.71	-0.59		67.43	66.71	0.72	
100	61.44	61.44	0.00		61.28	61.44	-0.16		60.90	61.44	-0.54		59.98	61.44	-1.46		61.66	61.44	0.22		62.06	61.44	0.62	
50	56.12	56.15	-0.03		55.93	56.15	-0.22		55.62	56.15	-0.53		56.24	56.15	0.09		57.15	56.15	1.00		56.65	56.15	0.50	
20	49.05	49.09	-0.04		48.82	49.09	-0.27		48.57	49.09	-0.52		51.28	49.09	2.19		51.17	49.09	2.08		49.46	49.09	0.37	
10	43.58	43.64	-0.06		43.32	43.64	-0.32		43.11	43.64	-0.53		47.45	43.64	3.81		46.55	43.64	2.91		43.89	43.64	0.25	
5	37.89	37.95	-0.06		37.59	37.95	-0.36		37.39	37.95	-0.56		43.45	37.95	5.50		41.72	37.95	3.77		38.09	37.95	0.14	

Hidrograma Q PROMEDIO - Método lineal					Hidrograma Q PROMEDIO - Método Constante					Hidrograma Q PROMEDIO - Método Pequeñas					Hidrograma Q PROMEDIO - Constant Slope					Hidrograma Q PROMEDIO - Concave Base-Slope					Hidrograma Q PROMEDIO - Master Depletion				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC					
10000	96.11	96.36	-0.25	0.13	96.02	96.36	-0.34	0.46	95.08	96.36	-1.28	1.03	89.76	96.36	-6.60	4.20	91.50	96.36	-4.86	2.61	97.95	96.36	1.59	0.89					
2000	84.03	84.17	-0.14		83.80	84.17	-0.37		83.03	84.17	-1.14		80.33	84.17	-3.84		81.05	84.17	-3.12		85.46	84.17	1.29						
1000	78.81	78.91	-0.10		78.53	78.91	-0.38		77.78	78.91	-1.13		76.25	78.91	-2.66		76.53	78.91	-2.38		80.06	78.91	1.15						
200	66.68	66.71	-0.03		66.26	66.71	-0.45		65.68	66.71	-1.03		66.77	66.71	0.06		66.03	66.71	-0.68		67.52	66.71	0.81						
100	61.46	61.44	0.02		60.98	61.44	-0.46		60.43	61.44	-1.01		62.70	61.44	1.26		61.51	61.44	0.07		62.12	61.44	0.68						
50	56.19	56.15	0.04		55.66	56.15	-0.49		55.19	56.15	-0.96		58.58	56.15	2.43		56.94	56.15	0.79		56.67	56.15	0.52						
20	49.20	49.09	0.11		48.58	49.09	-0.51		48.19	49.09	-0.90		53.11	49.09	4.02		50.89	49.09	1.80		49.44	49.09	0.35						
10	43.78	43.64	0.14		43.11	43.64	-0.53		42.77	43.64	-0.87		48.88	43.64	5.24		46.20	43.64	2.56		43.84	43.64	0.20						
5	38.14	37.95	0.19		37.41	37.95	-0.54		37.10	37.95	-0.85		44.48	37.95	6.53		41.32	37.95	3.37		38.01	37.95	0.06						

METODO LINEAL COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL	METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL	METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL	METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL	METODO Concave Base-Slope COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL	METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL
---	--	--	--	---	--

MICA 2012 -I-1

Hidrograma Q1996 - Método lineal					Hidrograma Q1996 - Método Constante				Hidrograma Q1996 - Método Cuencas Pequeñas				Hidrograma Q1996 - Constant Slope				Hidrograma Q1996 - Concave Base-Slope				Hidrograma Q1996 - Master Depletion			
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	101.07	96.20	4.87	4.76	94.19	96.20	-2.01	0.80	96.75	96.20	0.55	1.23	92.44	96.20	-3.76	1.97	91.31	96.20	-4.89	2.71	91.98	96.20	-4.22	3.01
2000	88.77	83.20	5.57		82.73	83.20	-0.47		84.70	83.20	1.50		82.47	83.20	-0.73		84.54	83.20	1.34		80.57	83.20	-2.63	
1000	83.46	77.80	5.66		77.79	77.80	-0.01		79.45	77.80	1.65		78.17	77.80	0.37		74.20	77.80	-3.60		75.66	77.80	-2.14	
200	71.00	65.60	5.40		66.17	65.60	0.57		67.30	65.60	1.70		68.11	65.60	2.51		62.56	65.60	-3.04		64.09	65.60	-1.51	
100	65.59	60.50	5.09		61.12	60.50	0.62		62.00	60.50	1.50		63.76	60.50	3.26		58.33	60.50	-2.17		61.04	60.50	0.54	
50	60.13	55.40	4.73		56.03	55.40	0.63		56.72	55.40	1.32		57.00	55.40	1.60		52.69	55.40	-2.71		59.99	55.40	4.59	
20	52.83	48.70	4.13		49.21	48.70	0.51		49.64	48.70	0.94		49.24	48.70	0.54		50.26	48.70	1.56		52.45	48.70	3.75	
10	47.13	43.50	3.63		43.89	43.50	0.39		44.14	43.50	0.64		43.59	43.50	0.09		43.52	43.50	0.02		46.55	43.50	3.05	
5	41.10	38.00	3.10		38.25	38.00	0.25		38.31	38.00	0.31		37.57	38.00	-0.43		39.91	38.00	1.91		40.29	38.00	2.29	

Hidrograma Q1998 - Método lineal					Hidrograma Q1998 - Método Constante				Hidrograma Q1998 - Método Cuencas Pequeñas				Hidrograma Q1998 - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				Hidrograma Q1998 - Concave Base-Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				Hidrograma Q1998 - Master Depletion			
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	89.44	96.20	-6.76	3.11	88.21	96.20	-7.99	3.44	91.73	96.20	-4.47	1.80	92.06	96.20	-4.14	2.26	86.25	96.20	-9.95	4.62	90.33	96.20	-5.87	2.98
2000	78.86	83.20	-4.34		78.31	83.20	-4.89		81.13	83.20	-2.07		83.35	83.20	0.15		78.26	83.20	-4.94		79.34	83.20	-3.86	
1000	74.29	77.80	-3.51		74.06	77.80	-3.74		76.53	77.80	-1.27		79.60	77.80	1.80		74.82	77.80	-2.98		74.60	77.80	-3.20	
200	63.54	65.60	-2.06		63.88	65.60	-1.72		65.69	65.60	0.09		64.32	65.60	-1.28		66.68	65.60	1.08		63.42	65.60	-2.18	
100	58.86	60.50	-1.64		59.38	60.50	-1.12		60.89	60.50	0.39		60.81	60.50	0.31		56.81	60.50	-3.69		58.55	60.50	-1.95	
50	54.12	55.40	-1.28		54.84	55.40	-0.56		56.11	55.40	0.71		57.27	55.40	1.87		53.58	55.40	-1.82		53.62	55.40	-1.78	
20	47.78	48.70	-0.92		48.68	48.70	-0.02		49.62	48.70	0.92		52.52	48.70	3.82		43.21	48.70	-5.49		47.01	48.70	-1.69	
10	42.81	43.50	-0.69		43.79	43.50	0.29		44.50	43.50	1.00		43.91	43.50	0.41		40.21	43.50	-3.29		41.82	43.50	-1.68	
5	37.51	38.00	-0.49		38.48	38.00	0.48		38.97	38.00	0.97		40.35	38.00	2.35		37.01	38.00	-0.99		36.29	38.00	-1.71	

Hidrograma Q PROMEDIO - Método lineal					Hidrograma Q PROMEDIO - Método Constante				Hidrograma Q PROMEDIO - Método Pequeñas				Hidrograma Q PROMEDIO - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				Hidrograma Q PROMEDIO - Concave Base-Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				Hidrograma Q PROMEDIO - Master Depletion			
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	94.31	96.20	-1.89	0.84	90.83	96.20	-5.37	2.22	94.61	96.20	-1.59	1.11	95.61	96.20	-0.59	2.67	95.44	96.20	-0.76	2.74	94.77	96.20	-1.43	0.58
2000	82.87	83.20	-0.33		80.17	83.20	-3.03		83.27	83.20	0.07		87.01	83.20	3.81		77.75	83.20	-5.45		83.01	83.20	-0.19	
1000	77.93	77.80	0.13		75.58	77.80	-2.22		78.34	77.80	0.54		74.98	77.80	-2.82		74.23	77.80	-3.57		77.94	77.80	0.14	
200	66.33	65.60	0.73		64.70	65.60	-0.90		66.82	65.60	1.22		67.09	65.60	1.49		65.96	65.60	0.36		66.02	65.60	0.42	
100	61.28	60.50	0.78		59.94	60.50	-0.56		61.76	60.50	1.26		63.64	60.50	3.14		62.36	60.50	1.86		60.83	60.50	0.33	
50	56.18	55.40	0.78		55.14	55.40	-0.26		56.72	55.40	1.32		56.81	55.40	1.41		58.72	55.40	3.32		55.60	55.40	0.20	
20	49.36	48.70	0.66		48.67	48.70	-0.03		49.91	48.70	1.21		49.31	48.70	0.61		47.86	48.70	-0.84		48.60	48.70	-0.10	
10	44.02	43.50	0.52		43.58	43.50	0.08		44.58	43.50	1.08		46.03	43.50	2.53		44.47	43.50	0.97		43.13	43.50	-0.37	
5	38.36	38.00	0.36		38.12	38.00	0.12		38.88	38.00	0.88		42.53	38.00	4.53		40.86	38.00	2.86		37.33	38.00	-0.67	
<p>METODO LINEAL COMBINACION WEIBULL-NORMAL-WEIBULL</p> <p>METODO CONSTANTE COMBINACION WEIBULL-NORMAL-WEIBULL</p> <p>METODO CONSTANTE COMBINACION WEIBULL-NORMAL-WEIBULL</p> <p>METODO Constant Slope COMBINACION WEIBULL-NORMAL-WEIBULL</p> <p>METODO Concave Base-Slope COMBINACION WEIBULL-NORMAL-WEIBULL</p> <p>METODO CONSTANTE COMBINACION WEIBULL-NORMAL-WEIBULL</p>																								
Hidrograma Q1996 - Método lineal					Hidrograma Q1996 - Método Constante				Hidrograma Q1996 - Método Cuencas Pequeñas				Hidrograma Q1996 - Constant Slope				Hidrograma Q1996 - Concave Base-Slope				Hidrograma Q1996 - Master Depletion			
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	65.22	66.10	-0.88	0.52	66.37	66.10	0.27	1.08	66.33	66.10	0.23	1.11	102.91	96.20	6.71	4.02	63.64	66.10	-2.46	2.36	62.61	66.10	-3.49	2.69
2000	62.06	62.10	-0.04		63.11	62.10	1.01		63.11	62.10	1.01		92.12	83.20	8.92		61.14	62.10	-0.96		59.46	62.10	-2.64	
1000	60.03	60.20	-0.17		61.03	60.20	0.83		61.02	60.20	0.82		80.15	77.80	2.35		59.52	60.20	-0.68		57.50	60.20	-2.70	
200	55.82	55.30	0.52		56.70	55.30	1.40		56.73	55.30	1.43		66.02	65.60	0.42		56.18	55.30	0.88		53.32	55.30	-1.98	
100	53.47	53.00	0.47		54.28	53.00	1.28		54.28	53.00	1.28		60.90	60.50	0.40		54.31	53.00	1.31		52.68	53.00	-0.32	
50	50.97	50.40	0.57		51.71	50.40	1.31		51.75	50.40	1.35		54.42	55.40	-0.98		52.32	50.40	1.92		53.91	50.40	3.51	
20	47.16	46.60	0.56		47.78	46.60	1.18		47.84	46.60	1.24		51.48	48.70	2.78		49.29	46.60	2.69		49.72	46.60	3.12	
10	43.71	43.10	0.61		44.24	43.10	1.14		44.31	43.10	1.21		44.27	43.50	0.77		46.56	43.10	3.46		45.93	43.10	2.83	

MICA 2012 -I-1

5	39.40	39.00	0.40		39.81	39.00	0.81		39.86	39.00	0.86		40.37	38.00	2.37		43.14	39.00	4.14		41.19	39.00	2.19	
Hidrograma Q1998 - Método lineal				Hidrograma Q1998 - Método Constante				Hidrograma Q1998 - Método Cuencas Pequeñas				Hidrograma Q1998 - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				Hidrograma Q1998 - Concave Base-Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				Hidrograma Q1998 - Master Depletion				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	62.79	66.10	-3.31	1.64	62.53	66.10	-3.57	2.08	61.82	66.10	-4.28	2.61	65.29	66.10	-0.81	2.89	61.06	66.10	-5.04	3.08	60.97	66.10	-5.13	3.55
2000	59.84	62.10	-2.26		59.47	62.10	-2.63		58.83	62.10	-3.27		62.91	62.10	0.81		58.94	62.10	-3.16		57.92	62.10	-4.18	
1000	58.03	60.20	-2.17		57.61	60.20	-2.59		56.98	60.20	-3.22		61.42	60.20	1.22		57.61	60.20	-2.59		56.06	60.20	-4.14	
200	54.11	55.30	-1.19		53.56	55.30	-1.74		53.00	55.30	-2.30		58.26	55.30	2.96		54.79	55.30	-0.51		52.01	55.30	-3.29	
100	51.93	53.00	-1.07		51.29	53.00	-1.71		50.75	53.00	-2.25		50.85	53.00	-2.15		53.21	53.00	0.21		49.76	53.00	-3.24	
50	49.62	50.40	-0.78		48.92	50.40	-1.48		48.43	50.40	-1.97		49.17	50.40	-1.23		51.55	50.40	1.15		47.38	50.40	-3.02	
20	46.10	46.60	-0.50		45.27	46.60	-1.33		44.84	46.60	-1.76		40.91	46.60	-5.69		49.00	46.60	2.40		43.75	46.60	-2.85	
10	42.91	43.10	-0.19		41.98	43.10	-1.12		41.59	43.10	-1.51		38.87	43.10	-4.23		46.70	43.10	3.60		40.46	43.10	-2.64	
5	38.91	39.00	-0.09		37.84	39.00	-1.16		37.49	39.00	-1.51		36.32	39.00	-2.68		43.82	39.00	4.82		36.33	39.00	-2.67	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método lineal				Hidrograma Q PROMEDIO - Método Constante				Hidrograma Q PROMEDIO - Método Pequeñas				Hidrograma Q PROMEDIO - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				Hidrograma Q PROMEDIO - Concave Base-Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				Hidrograma Q PROMEDIO - Master Depletion				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	63.05	66.10	-3.05	1.58	64.07	66.10	-2.03	0.94	64.83	66.10	-1.27	0.52	72.31	66.10	6.21	2.97	71.52	66.10	5.42	3.49	65.45	66.10	-0.65	0.35
2000	60.03	62.10	-2.07		60.93	62.10	-1.17		61.69	62.10	-0.41		62.72	62.10	0.62		69.13	62.10	7.03		62.17	62.10	0.07	
1000	58.13	60.20	-2.07		58.97	60.20	-1.23		59.70	60.20	-0.50		61.23	60.20	1.03		60.89	60.20	0.69		60.15	60.20	-0.05	
200	54.11	55.30	-1.19		54.80	55.30	-0.50		55.53	55.30	0.23		58.09	55.30	2.79		58.04	55.30	2.74		55.79	55.30	0.49	
100	51.87	53.00	-1.13		52.47	53.00	-0.53		53.15	53.00	0.15		56.34	53.00	3.34		56.45	53.00	3.45		53.36	53.00	0.36	
50	49.49	50.40	-0.91		50.01	50.40	-0.39		50.70	50.40	0.30		54.48	50.40	4.08		51.73	50.40	1.33		50.80	50.40	0.40	
20	45.86	46.60	-0.74		46.25	46.60	-0.35		46.91	46.60	0.31		45.91	46.60	-0.69		46.41	46.60	-0.19		46.87	46.60	0.27	
10	42.58	43.10	-0.52		42.84	43.10	-0.26		43.48	43.10	0.38		43.63	43.10	0.53		44.34	43.10	1.24		43.32	43.10	0.22	

MICA 2012 -I-1

5	38.48	39.00	-0.52		38.59	39.00	-0.41		39.16	39.00	0.16		40.78	39.00	1.78		41.76	39.00	2.76		38.88	39.00	-0.12	
<p>METODO LINEAL COMBINACION LOG-LOG-GEV</p> <p>METODO CONSTANTE COMBINACION LOG-LOG-GEV</p> <p>METODO CONSTANTE COMBINACION LOG-LOG-GEV</p> <p>METODO Constant Slope COMBINACION LOG-LOG-GEV</p> <p>METODO CONSTANTE COMBINACION LOG-LOG-GEV</p> <p>METODO CONSTANTE COMBINACION LOG-LOG-GEV</p>																								
Hidrograma Q1996 - Método lineal				Hidrograma Q1996 - Método Constante				Hidrograma Q1996 - Método Cuencas Pequeñas				Hidrograma Q1996 - Constant Slope				Hidrograma Q1996 - Concave Base-Slope				Hidrograma Q1996 - Master Depletion				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000.00	102.65	96.20	6.45	2.88	100.12	96.20	3.92	1.78	100.01	96.20	3.81	1.75	91.59	96.20	-4.61	2.20	102.91	96.20	6.71	4.02	95.00	96.20	-1.20	2.07
2000.00	87.06	83.20	3.86		84.74	83.20	1.54		84.69	83.20	1.49		80.13	83.20	-3.07		92.12	83.20	8.92		80.31	83.20	-2.89	
1000.00	81.23	77.80	3.43		79.02	77.80	1.22		78.95	77.80	1.15		75.82	77.80	-1.98		80.15	77.80	2.35		74.82	77.80	-2.98	
200.00	67.60	65.60	2.00		65.60	65.60	0.00		65.58	65.60	-0.02		65.77	65.60	0.17		66.02	65.60	0.42		61.97	65.60	-3.63	
100.00	61.81	60.50	1.31		59.91	60.50	-0.59		59.86	60.50	-0.64		61.50	60.50	1.00		60.90	60.50	0.40		58.39	60.50	-2.11	
50.00	56.05	55.40	0.65		54.24	55.40	-1.16		54.23	55.40	-1.17		53.82	55.40	-1.58		54.42	55.40	-0.98		56.76	55.40	1.36	
20.00	48.96	48.70	0.26		47.28	48.70	-1.42		47.28	48.70	-1.42		46.81	48.70	-1.89		51.48	48.70	2.78		49.33	48.70	0.63	
10.00	43.46	43.50	-0.04		41.87	43.50	-1.63		41.89	43.50	-1.61		43.15	43.50	-0.35		44.27	43.50	0.77		43.56	43.50	0.06	
5.00	37.77	38.00	-0.23		36.27	38.00	-1.73		36.26	38.00	-1.74		39.36	38.00	1.36		40.37	38.00	2.37		37.59	38.00	-0.41	
<p>Hidrograma Q1998 - Método lineal</p> <p>Hidrograma Q1998 - Método Constante</p> <p>Hidrograma Q1998 - Método Cuencas Pequeñas</p> <p>Hidrograma Q1998 - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL</p> <p>Hidrograma Q1998 - Concave Base-Slope</p> <p>Hidrograma Q1998 - Master Depletion</p>																								
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	101.70	96.20	5.50	2.39	96.30	96.20	0.10	2.25	95.92	96.20	-0.28	2.38	93.33	96.20	-2.87	3.96	98.45	96.20	2.25	3.04	97.16	96.20	0.96	2.43
2000	86.36	83.20	3.16		81.79	83.20	-1.41		81.52	83.20	-1.68		82.02	83.20	-1.18		86.33	83.20	3.13		82.32	83.20	-0.88	
1000	80.60	77.80	2.80		76.27	77.80	-1.53		76.00	77.80	-1.80		77.69	77.80	-0.11		81.75	77.80	3.95		76.67	77.80	-1.13	
200	67.15	65.60	1.55		63.47	65.60	-2.13		63.30	65.60	-2.30		67.67	65.60	2.07		71.08	65.60	5.48		63.56	65.60	-2.04	
100	61.43	60.50	0.93		58.01	60.50	-2.49		57.84	60.50	-2.66		57.06	60.50	-3.44		59.88	60.50	-0.62		57.98	60.50	-2.52	
50	55.75	55.40	0.35		52.62	55.40	-2.78		52.50	55.40	-2.90		47.34	55.40	-8.06		55.83	55.40	0.43		52.46	55.40	-2.94	
20	48.74	48.70	0.04		45.91	48.70	-2.79		45.82	48.70	-2.88		48.52	48.70	-0.18		44.60	48.70	-4.10		45.58	48.70	-3.12	

MICA 2012 -I-1

10	43.30	43.50	-0.20		40.69	43.50	-2.81		40.63	43.50	-2.87		39.85	43.50	-3.65		41.17	43.50	-2.33		40.24	43.50	-3.26																																																																																																																																																																																																																																		
5	37.67	38.00	-0.33		35.31	38.00	-2.69		35.26	38.00	-2.74		31.92	38.00	-6.08		37.64	38.00	-0.36		34.73	38.00	-3.27																																																																																																																																																																																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Hidrograma Q PROMEDIO - Método lineal</th> <th colspan="4">Hidrograma Q PROMEDIO - Método Constante</th> <th colspan="4">Hidrograma Q PROMEDIO - Método Pequeñas</th> <th colspan="4">Hidrograma Q PROMEDIO - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL</th> <th colspan="4">Hidrograma Q PROMEDIO - Concave Base-Slope</th> <th colspan="4">Hidrograma Q PROMEDIO - Master Depletion</th> </tr> <tr> <th>Periodo de retorno</th><th>Volumen simulado (hm3)</th><th>Volumen registrado (hm3)</th><th>Error medio</th> <th>EMC</th><th>Volumen simulado (hm3)</th><th>Volumen registrado (hm3)</th><th>Error medio</th> <th>EMC</th><th>Volumen simulado (hm3)</th><th>Volumen registrado (hm3)</th><th>Error medio</th> <th>EMC</th><th>Volumen simulado (hm3)</th><th>Volumen registrado (hm3)</th><th>Error medio</th> <th>EMC</th><th>Volumen simulado (hm3)</th><th>Volumen registrado (hm3)</th><th>Error medio</th> <th>EMC</th><th>Volumen simulado (hm3)</th><th>Volumen registrado (hm3)</th><th>Error medio</th> <th>EMC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10000</td><td>101.70</td><td>96.20</td><td>5.50</td><td rowspan="9">2.39</td><td>101.16</td><td>96.20</td><td>4.96</td><td rowspan="9">2.10</td><td>99.55</td><td>96.20</td><td>3.35</td><td rowspan="9">1.62</td><td>95.96</td><td>96.20</td><td>-0.24</td><td rowspan="9">2.76</td><td>102.38</td><td>96.20</td><td>6.18</td><td rowspan="9">2.60</td><td>97.38</td><td>96.20</td><td>1.18</td><td rowspan="9">2.66</td> </tr> <tr> <td>2000</td><td>86.36</td><td>83.20</td><td>3.16</td><td>85.81</td><td>83.20</td><td>2.61</td><td>84.40</td><td>83.20</td><td>1.20</td><td>84.55</td><td>83.20</td><td>1.35</td><td>80.56</td><td>83.20</td><td>-2.64</td><td>82.28</td><td>83.20</td><td>-0.92</td> </tr> <tr> <td>1000</td><td>80.60</td><td>77.80</td><td>2.80</td><td>80.02</td><td>77.80</td><td>2.22</td><td>78.68</td><td>77.80</td><td>0.88</td><td>72.17</td><td>77.80</td><td>-5.63</td><td>76.21</td><td>77.80</td><td>-1.59</td><td>76.62</td><td>77.80</td><td>-1.18</td> </tr> <tr> <td>200</td><td>67.15</td><td>65.60</td><td>1.55</td><td>66.53</td><td>65.60</td><td>0.93</td><td>65.42</td><td>65.60</td><td>-0.18</td><td>63.08</td><td>65.60</td><td>-2.52</td><td>66.06</td><td>65.60</td><td>0.46</td><td>63.39</td><td>65.60</td><td>-2.21</td> </tr> <tr> <td>100</td><td>61.43</td><td>60.50</td><td>0.93</td><td>60.79</td><td>60.50</td><td>0.29</td><td>59.74</td><td>60.50</td><td>-0.76</td><td>59.20</td><td>60.50</td><td>-1.30</td><td>61.74</td><td>60.50</td><td>1.24</td><td>57.76</td><td>60.50</td><td>-2.74</td> </tr> <tr> <td>50</td><td>55.75</td><td>55.40</td><td>0.35</td><td>55.10</td><td>55.40</td><td>-0.30</td><td>54.16</td><td>55.40</td><td>-1.24</td><td>52.29</td><td>55.40</td><td>-3.11</td><td>57.45</td><td>55.40</td><td>2.05</td><td>52.18</td><td>55.40</td><td>-3.22</td> </tr> <tr> <td>20</td><td>48.74</td><td>48.70</td><td>0.04</td><td>48.05</td><td>48.70</td><td>-0.65</td><td>47.23</td><td>48.70</td><td>-1.47</td><td>44.97</td><td>48.70</td><td>-3.73</td><td>46.37</td><td>48.70</td><td>-2.33</td><td>45.29</td><td>48.70</td><td>-3.41</td> </tr> <tr> <td>10</td><td>43.30</td><td>43.50</td><td>-0.20</td><td>42.58</td><td>43.50</td><td>-0.92</td><td>41.85</td><td>43.50</td><td>-1.65</td><td>41.66</td><td>43.50</td><td>-1.84</td><td>42.71</td><td>43.50</td><td>-0.79</td><td>39.93</td><td>43.50</td><td>-3.57</td> </tr> <tr> <td>5</td><td>37.67</td><td>38.00</td><td>-0.33</td><td>36.93</td><td>38.00</td><td>-1.07</td><td>36.26</td><td>38.00</td><td>-1.74</td><td>38.26</td><td>38.00</td><td>0.26</td><td>38.94</td><td>38.00</td><td>0.94</td><td>34.40</td><td>38.00</td><td>-3.60</td> </tr> </tbody> </table>																								Hidrograma Q PROMEDIO - Método lineal				Hidrograma Q PROMEDIO - Método Constante				Hidrograma Q PROMEDIO - Método Pequeñas				Hidrograma Q PROMEDIO - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				Hidrograma Q PROMEDIO - Concave Base-Slope				Hidrograma Q PROMEDIO - Master Depletion				Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	10000	101.70	96.20	5.50	2.39	101.16	96.20	4.96	2.10	99.55	96.20	3.35	1.62	95.96	96.20	-0.24	2.76	102.38	96.20	6.18	2.60	97.38	96.20	1.18	2.66	2000	86.36	83.20	3.16	85.81	83.20	2.61	84.40	83.20	1.20	84.55	83.20	1.35	80.56	83.20	-2.64	82.28	83.20	-0.92	1000	80.60	77.80	2.80	80.02	77.80	2.22	78.68	77.80	0.88	72.17	77.80	-5.63	76.21	77.80	-1.59	76.62	77.80	-1.18	200	67.15	65.60	1.55	66.53	65.60	0.93	65.42	65.60	-0.18	63.08	65.60	-2.52	66.06	65.60	0.46	63.39	65.60	-2.21	100	61.43	60.50	0.93	60.79	60.50	0.29	59.74	60.50	-0.76	59.20	60.50	-1.30	61.74	60.50	1.24	57.76	60.50	-2.74	50	55.75	55.40	0.35	55.10	55.40	-0.30	54.16	55.40	-1.24	52.29	55.40	-3.11	57.45	55.40	2.05	52.18	55.40	-3.22	20	48.74	48.70	0.04	48.05	48.70	-0.65	47.23	48.70	-1.47	44.97	48.70	-3.73	46.37	48.70	-2.33	45.29	48.70	-3.41	10	43.30	43.50	-0.20	42.58	43.50	-0.92	41.85	43.50	-1.65	41.66	43.50	-1.84	42.71	43.50	-0.79	39.93	43.50	-3.57	5	37.67	38.00	-0.33	36.93	38.00	-1.07	36.26	38.00	-1.74	38.26	38.00	0.26	38.94	38.00	0.94	34.40	38.00	-3.60
Hidrograma Q PROMEDIO - Método lineal				Hidrograma Q PROMEDIO - Método Constante				Hidrograma Q PROMEDIO - Método Pequeñas				Hidrograma Q PROMEDIO - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				Hidrograma Q PROMEDIO - Concave Base-Slope				Hidrograma Q PROMEDIO - Master Depletion																																																																																																																																																																																																																																					
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC																																																																																																																																																																																																																																	
10000	101.70	96.20	5.50	2.39	101.16	96.20	4.96	2.10	99.55	96.20	3.35	1.62	95.96	96.20	-0.24	2.76	102.38	96.20	6.18	2.60	97.38	96.20	1.18	2.66																																																																																																																																																																																																																																	
2000	86.36	83.20	3.16		85.81	83.20	2.61		84.40	83.20	1.20		84.55	83.20	1.35		80.56	83.20	-2.64		82.28	83.20	-0.92																																																																																																																																																																																																																																		
1000	80.60	77.80	2.80		80.02	77.80	2.22		78.68	77.80	0.88		72.17	77.80	-5.63		76.21	77.80	-1.59		76.62	77.80	-1.18																																																																																																																																																																																																																																		
200	67.15	65.60	1.55		66.53	65.60	0.93		65.42	65.60	-0.18		63.08	65.60	-2.52		66.06	65.60	0.46		63.39	65.60	-2.21																																																																																																																																																																																																																																		
100	61.43	60.50	0.93		60.79	60.50	0.29		59.74	60.50	-0.76		59.20	60.50	-1.30		61.74	60.50	1.24		57.76	60.50	-2.74																																																																																																																																																																																																																																		
50	55.75	55.40	0.35		55.10	55.40	-0.30		54.16	55.40	-1.24		52.29	55.40	-3.11		57.45	55.40	2.05		52.18	55.40	-3.22																																																																																																																																																																																																																																		
20	48.74	48.70	0.04		48.05	48.70	-0.65		47.23	48.70	-1.47		44.97	48.70	-3.73		46.37	48.70	-2.33		45.29	48.70	-3.41																																																																																																																																																																																																																																		
10	43.30	43.50	-0.20		42.58	43.50	-0.92		41.85	43.50	-1.65		41.66	43.50	-1.84		42.71	43.50	-0.79		39.93	43.50	-3.57																																																																																																																																																																																																																																		
5	37.67	38.00	-0.33		36.93	38.00	-1.07		36.26	38.00	-1.74		38.26	38.00	0.26		38.94	38.00	0.94		34.40	38.00	-3.60																																																																																																																																																																																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">METODO LINEAL COMBINACION GUMBEL-LOG-GEV.</th> <th colspan="4">METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-LOG-GEV.</th> <th colspan="4">METODO Método Cuencas Pequeñas COMBINACION LOG-LOG-GEV</th> <th colspan="4">METODO Constant Slope COMBINACION LOG-LOG-GEV</th> <th colspan="4">METODO Concave Base-Slope COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL</th> <th colspan="4">METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL</th> </tr> <tr> <th colspan="4">Hidrograma Q1996 - Método lineal</th> <th colspan="4">Hidrograma Q1996 - Método Constante</th> <th colspan="4">Hidrograma Q1996 - Método Cuencas Pequeñas</th> <th colspan="4">Hidrograma Q1996 - Constant Slope</th> <th colspan="4">Hidrograma Q1996 - Concave Base-Slope</th> <th colspan="4">Hidrograma Q1996 - Master Depletion</th> </tr> <tr> <th>Periodo de retorno</th><th>Volumen simulado (hm3)</th><th>Volumen registrado (hm3)</th><th>Error medio</th> <th>EMC</th><th>Volumen simulado (hm3)</th><th>Volumen registrado (hm3)</th><th>Error medio</th> <th>EMC</th><th>Volumen simulado (hm3)</th><th>Volumen registrado (hm3)</th><th>Error medio</th> <th>EMC</th><th>Volumen simulado (hm3)</th><th>Volumen registrado (hm3)</th><th>Error medio</th> <th>EMC</th><th>Volumen simulado (hm3)</th><th>Volumen registrado (hm3)</th><th>Error medio</th> <th>EMC</th><th>Volumen simulado (hm3)</th><th>Volumen registrado (hm3)</th><th>Error medio</th> <th>EMC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10000</td><td>95.57</td><td>96.20</td><td>-0.63</td><td rowspan="5">0.36</td><td>93.59</td><td>96.20</td><td>-2.61</td><td rowspan="5">1.64</td><td>100.01</td><td>96.20</td><td>3.81</td><td rowspan="5">1.75</td><td>91.59</td><td>96.20</td><td>-4.61</td><td rowspan="5">2.20</td><td>92.44</td><td>96.20</td><td>-3.76</td><td rowspan="5">1.97</td><td>95.00</td><td>96.20</td><td>-1.20</td><td rowspan="5">2.07</td> </tr> <tr> <td>2000</td><td>83.42</td><td>83.20</td><td>0.22</td><td>81.59</td><td>83.20</td><td>-1.61</td><td>84.69</td><td>83.20</td><td>1.49</td><td>80.13</td><td>83.20</td><td>-3.07</td><td>82.47</td><td>83.20</td><td>-0.73</td><td>80.31</td><td>83.20</td><td>-2.89</td> </tr> <tr> <td>1000</td><td>78.15</td><td>77.80</td><td>0.35</td><td>76.40</td><td>77.80</td><td>-1.40</td><td>78.95</td><td>77.80</td><td>1.15</td><td>75.82</td><td>77.80</td><td>-1.98</td><td>78.17</td><td>77.80</td><td>0.37</td><td>74.82</td><td>77.80</td><td>-2.98</td> </tr> <tr> <td>200</td><td>66.02</td><td>65.60</td><td>0.42</td><td>64.41</td><td>65.60</td><td>-1.19</td><td>65.58</td><td>65.60</td><td>-0.02</td><td>65.77</td><td>65.60</td><td>0.17</td><td>68.11</td><td>65.60</td><td>2.51</td><td>61.97</td><td>65.60</td><td>-3.63</td> </tr> <tr> <td>100</td><td>60.78</td><td>60.50</td><td>0.28</td><td>59.24</td><td>60.50</td><td>-1.26</td><td>59.86</td><td>60.50</td><td>-0.64</td><td>61.50</td><td>60.50</td><td>1.00</td><td>63.76</td><td>60.50</td><td>3.26</td><td>58.39</td><td>60.50</td><td>-2.11</td> </tr> </tbody> </table>																								METODO LINEAL COMBINACION GUMBEL-LOG-GEV.				METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-LOG-GEV.				METODO Método Cuencas Pequeñas COMBINACION LOG-LOG-GEV				METODO Constant Slope COMBINACION LOG-LOG-GEV				METODO Concave Base-Slope COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				Hidrograma Q1996 - Método lineal				Hidrograma Q1996 - Método Constante				Hidrograma Q1996 - Método Cuencas Pequeñas				Hidrograma Q1996 - Constant Slope				Hidrograma Q1996 - Concave Base-Slope				Hidrograma Q1996 - Master Depletion				Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	10000	95.57	96.20	-0.63	0.36	93.59	96.20	-2.61	1.64	100.01	96.20	3.81	1.75	91.59	96.20	-4.61	2.20	92.44	96.20	-3.76	1.97	95.00	96.20	-1.20	2.07	2000	83.42	83.20	0.22	81.59	83.20	-1.61	84.69	83.20	1.49	80.13	83.20	-3.07	82.47	83.20	-0.73	80.31	83.20	-2.89	1000	78.15	77.80	0.35	76.40	77.80	-1.40	78.95	77.80	1.15	75.82	77.80	-1.98	78.17	77.80	0.37	74.82	77.80	-2.98	200	66.02	65.60	0.42	64.41	65.60	-1.19	65.58	65.60	-0.02	65.77	65.60	0.17	68.11	65.60	2.51	61.97	65.60	-3.63	100	60.78	60.50	0.28	59.24	60.50	-1.26	59.86	60.50	-0.64	61.50	60.50	1.00	63.76	60.50	3.26	58.39	60.50	-2.11																																																				
METODO LINEAL COMBINACION GUMBEL-LOG-GEV.				METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-LOG-GEV.				METODO Método Cuencas Pequeñas COMBINACION LOG-LOG-GEV				METODO Constant Slope COMBINACION LOG-LOG-GEV				METODO Concave Base-Slope COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL																																																																																																																																																																																																																																					
Hidrograma Q1996 - Método lineal				Hidrograma Q1996 - Método Constante				Hidrograma Q1996 - Método Cuencas Pequeñas				Hidrograma Q1996 - Constant Slope				Hidrograma Q1996 - Concave Base-Slope				Hidrograma Q1996 - Master Depletion																																																																																																																																																																																																																																					
Periodo de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC																																																																																																																																																																																																																																	
10000	95.57	96.20	-0.63	0.36	93.59	96.20	-2.61	1.64	100.01	96.20	3.81	1.75	91.59	96.20	-4.61	2.20	92.44	96.20	-3.76	1.97	95.00	96.20	-1.20	2.07																																																																																																																																																																																																																																	
2000	83.42	83.20	0.22		81.59	83.20	-1.61		84.69	83.20	1.49		80.13	83.20	-3.07		82.47	83.20	-0.73		80.31	83.20	-2.89																																																																																																																																																																																																																																		
1000	78.15	77.80	0.35		76.40	77.80	-1.40		78.95	77.80	1.15		75.82	77.80	-1.98		78.17	77.80	0.37		74.82	77.80	-2.98																																																																																																																																																																																																																																		
200	66.02	65.60	0.42		64.41	65.60	-1.19		65.58	65.60	-0.02		65.77	65.60	0.17		68.11	65.60	2.51		61.97	65.60	-3.63																																																																																																																																																																																																																																		
100	60.78	60.50	0.28		59.24	60.50	-1.26		59.86	60.50	-0.64		61.50	60.50	1.00		63.76	60.50	3.26		58.39	60.50	-2.11																																																																																																																																																																																																																																		

MICA 2012 -I-1

50	55.53	55.40	0.13		54.05	55.40	-1.35		54.23	55.40	-1.17		53.82	55.40	-1.58		57.00	55.40	1.60		56.76	55.40	1.36	
20	48.56	48.70	-0.14		47.16	48.70	-1.54		47.28	48.70	-1.42		46.81	48.70	-1.89		49.24	48.70	0.54		49.33	48.70	0.63	
10	43.16	43.50	-0.34		41.82	43.50	-1.68		41.89	43.50	-1.61		43.15	43.50	-0.35		43.59	43.50	0.09		43.56	43.50	0.06	
5	37.55	38.00	-0.45		36.28	38.00	-1.72		36.26	38.00	-1.74		39.36	38.00	1.36		37.57	38.00	-0.43		37.59	38.00	-0.41	
Hidrograma Q1998 - Método lineal																								
Hidrograma Q1998 - Método lineal				Hidrograma Q1998 - Método Constante				Hidrograma Q1998 - Método Cuencas Pequeñas				Hidrograma Q1998 - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				Hidrograma Q1998 - Concave Base-Slope				Hidrograma Q1998 - Master Depletion				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.50	96.20	-0.70	0.35	95.56	96.20	-0.64	0.48	95.92	96.20	-0.28	2.38	93.33	96.20	-2.87	3.96	92.06	96.20	-4.14	2.26	97.16	96.20	0.96	2.43
2000	83.37	83.20	0.17		83.24	83.20	0.04		81.52	83.20	-1.68		82.02	83.20	-1.18		83.35	83.20	0.15		82.32	83.20	-0.88	
1000	78.11	77.80	0.31		77.88	77.80	0.08		76.00	77.80	-1.80		77.69	77.80	-0.11		79.60	77.80	1.80		76.67	77.80	-1.13	
200	66.02	65.60	0.42		65.68	65.60	0.08		63.30	65.60	-2.30		67.67	65.60	2.07		64.32	65.60	-1.28		63.56	65.60	-2.04	
100	60.80	60.50	0.30		60.40	60.50	-0.10		57.84	60.50	-2.66		57.06	60.50	-3.44		60.81	60.50	0.31		57.98	60.50	-2.52	
50	55.57	55.40	0.17		55.15	55.40	-0.25		52.50	55.40	-2.90		47.34	55.40	-8.06		57.27	55.40	1.87		52.46	55.40	-2.94	
20	48.63	48.70	-0.07		48.17	48.70	-0.53		45.82	48.70	-2.88		48.52	48.70	-0.18		52.52	48.70	3.82		45.58	48.70	-3.12	
10	43.24	43.50	-0.26		42.74	43.50	-0.76		40.63	43.50	-2.87		39.85	43.50	-3.65		43.91	43.50	0.41		40.24	43.50	-3.26	
5	37.66	38.00	-0.34		37.15	38.00	-0.85		35.26	38.00	-2.74		31.92	38.00	-6.08		40.35	38.00	2.35		34.73	38.00	-3.27	
Hidrograma Q PROMEDIO - Método lineal																								
Hidrograma Q PROMEDIO - Método lineal				Hidrograma Q PROMEDIO - Método Constante				Hidrograma Q PROMEDIO - Método Cuencas Pequeñas				Hidrograma Q PROMEDIO - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				Hidrograma Q PROMEDIO - Concave Base-Slope				Hidrograma Q PROMEDIO - Master Depletion				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	95.50	96.20	-0.70	0.35	95.88	96.20	-0.32	0.44	99.55	96.20	3.35	1.62	95.96	96.20	-0.24	2.76	95.61	96.20	-0.59	2.67	97.38	96.20	1.18	2.66
2000	83.37	83.20	0.17		83.57	83.20	0.37		84.40	83.20	1.20		84.55	83.20	1.35		87.01	83.20	3.81		82.28	83.20	-0.92	
1000	78.11	77.80	0.31		78.22	77.80	0.42		78.68	77.80	0.88		72.17	77.80	-5.63		74.98	77.80	-2.82		76.62	77.80	-1.18	
200	66.02	65.60	0.42		65.95	65.60	0.35		65.42	65.60	-0.18		63.08	65.60	-2.52		67.09	65.60	1.49		63.39	65.60	-2.21	
100	61.80	60.50	0.30		60.66	60.50	0.16		59.74	60.50	-0.76		59.20	60.50	-1.30		63.64	60.50	3.14		57.76	60.50	-2.74	

MICA 2012 -I-1

50	55.70	55.40	0.17		55.36	55.40	-0.04		54.16	55.40	-1.24		52.29	55.40	-3.11		56.81	55.40	1.41		52.18	55.40	-3.22	
20	48.63	48.70	-0.07		48.32	48.70	-0.38		47.23	48.70	-1.47		44.97	48.70	-3.73		49.31	48.70	0.61		45.29	48.70	-3.41	
10	43.52	43.50	-0.26		42.87	43.50	-0.63		41.85	43.50	-1.65		41.66	43.50	-1.84		46.03	43.50	2.53		39.93	43.50	-3.57	
5	37.36	38.00	-0.34		37.21	38.00	-0.79		36.26	38.00	-1.74		38.26	38.00	0.26		42.53	38.00	4.53		34.40	38.00	-3.60	
METODO LINEAL COMBINACION LOG-LOG-LOG.				METODO CONSTANTE COMBINACION LOG-LOG-LOG.				METODO Método Cuencas Pequeñas COMBINACION LOG-LOG-LOG.				METODO Constant Slope COMBINACION LOG-LOG-LOG.				METODO Concave Base-Slope COMBINACION LOG-LOG-LOG.				METODO CONSTANTE COMBINACION LOG-LOG-LOG.				
Hidrograma Q1996 - Método lineal				Hidrograma Q1996 - Método Constante				Hidrograma Q1996 - Método Cuencas Pequeñas				Hidrograma Q1996 - Constant Slope				Hidrograma Q1996 - Concave Base-Slope				Hidrograma Q1996 - Master Depletion				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	108.28	96.20	12.08	6.38	99.46	96.20	3.26	1.58	99.53	96.20	3.33	1.60	98.06	96.20	1.86	1.42	100.05	96.20	3.85	1.92	99.15	96.20	2.95	1.93
2000	91.78	83.20	8.58		84.27	83.20	1.07		84.32	83.20	1.12		84.94	83.20	1.74		85.12	83.20	1.92		83.73	83.20	0.53	
1000	85.68	77.80	7.88		78.64	77.80	0.84		78.66	77.80	0.86		76.43	77.80	-1.37		79.51	77.80	1.71		78.01	77.80	0.21	
200	71.27	65.60	5.67		65.36	65.60	-0.24		65.39	65.60	-0.21		64.28	65.60	-1.32		66.88	65.60	1.28		64.52	65.60	-1.08	
100	65.16	60.50	4.66		59.73	60.50	-0.77		59.72	60.50	-0.78		58.58	60.50	-1.92		61.58	60.50	1.08		60.76	60.50	0.26	
50	59.08	55.40	3.68		54.13	55.40	-1.27		54.14	55.40	-1.26		54.15	55.40	-1.25		56.50	55.40	1.10		59.02	55.40	3.62	
20	51.60	48.70	2.90		47.23	48.70	-1.47		47.23	48.70	-1.47		47.76	48.70	-0.94		50.27	48.70	1.57		51.23	48.70	2.53	
10	45.81	43.50	2.31		41.88	43.50	-1.62		41.89	43.50	-1.61		43.63	43.50	0.13		45.00	43.50	1.50		45.19	43.50	1.69	
5	39.78	38.00	1.78		36.32	38.00	-1.68		36.29	38.00	-1.71		39.35	38.00	1.35		39.76	38.00	1.76		38.91	38.00	0.91	
Hidrograma Q1998 - Método lineal				Hidrograma Q1998 - Método Constante				Hidrograma Q1998 - Método Cuencas Pequeñas				Hidrograma Q1998 - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				Hidrograma Q1998 - Concave Base-Slope				Hidrograma Q1998 - Master Depletion				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	98.22	96.20	2.02	1.06	97.31	96.20	1.11	1.22	96.04	96.20	-0.16	1.83	91.19	96.20	-5.01	4.86	90.79	96.20	-5.41	4.24	97.87	96.20	1.67	1.74
2000	83.55	83.20	0.35		82.91	83.20	-0.29		81.81	83.20	-1.39		80.57	83.20	-2.63		79.96	83.20	-3.24		82.98	83.20	-0.22	
1000	78.08	77.80	0.28		77.47	77.80	-0.33		76.42	77.80	-1.38		76.58	77.80	-1.22		75.89	77.80	-1.91		77.43	77.80	-0.37	
200	65.18	65.60	-0.42		64.67	65.60	-0.93		63.81	65.60	-1.79		67.19	65.60	1.59		66.32	65.60	0.72		64.35	65.60	-1.25	

100	59.71	60.50	-0.79		59.23	60.50	-1.27		58.41	60.50	-2.09		63.20	60.50	2.70		62.25	60.50	1.75		58.81	60.50	-1.69	
50	54.29	55.40	-1.11		53.87	55.40	-1.53		53.14	55.40	-2.26		59.26	55.40	3.86		58.23	55.40	2.83		53.30	55.40	-2.10	
20	47.56	48.70	-1.14		47.13	48.70	-1.57		46.49	48.70	-2.21		54.33	48.70	5.63		53.21	48.70	4.51		46.48	48.70	-2.22	
10	42.35	43.50	-1.15		41.92	43.50	-1.58		41.36	43.50	-2.14		50.52	43.50	7.02		49.33	43.50	5.83		41.20	43.50	-2.30	
5	36.92	38.00	-1.08		36.48	38.00	-1.52		35.97	38.00	-2.03		46.55	38.00	8.55		45.27	38.00	7.27		35.69	38.00	-2.31	

Hidrograma Q PROMEDIO - Método lineal					Hidrograma Q PROMEDIO - Método Constante				Hidrograma Q PROMEDIO - Método Pequeñas				Hidrograma Q PROMEDIO - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				Hidrograma Q PROMEDIO - Concave Base-Slope				Hidrograma Q PROMEDIO - Master Depletion			
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	104.19	96.20	7.99	3.99	98.82	96.20	2.62	1.42	100.00	96.20	3.80	1.58	95.37	96.20	-0.83	5.01	94.83	96.20	-1.37	4.75	102.29	96.20	6.09	2.64
2000	88.54	83.20	5.34		83.85	83.20	0.65		85.01	83.20	1.81		83.70	83.20	0.50		83.23	83.20	0.03		86.41	83.20	3.21	
1000	82.71	77.80	4.91		78.28	77.80	0.48		79.36	77.80	1.56		79.34	77.80	1.54		78.89	77.80	1.09		80.52	77.80	2.72	
200	68.98	65.60	3.38		65.14	65.60	-0.46		66.15	65.60	0.55		69.08	65.60	3.48		68.68	65.60	3.08		66.62	65.60	1.02	
100	63.16	60.50	2.66		59.56	60.50	-0.94		60.51	60.50	0.01		64.72	60.50	4.22		64.34	60.50	3.84		60.73	60.50	0.23	
50	57.38	55.40	1.98		54.03	55.40	-1.37		54.97	55.40	-0.43		60.40	55.40	5.00		60.05	55.40	4.65		54.87	55.40	-0.53	
20	50.22	48.70	1.52		47.18	48.70	-1.52		48.05	48.70	-0.65		55.04	48.70	6.34		54.71	48.70	6.01		47.64	48.70	-1.06	
10	44.69	43.50	1.19		41.87	43.50	-1.63		42.69	43.50	-0.81		50.88	43.50	7.38		50.58	43.50	7.08		42.04	43.50	-1.46	
5	38.92	38.00	0.92		36.34	38.00	-1.66		37.07	38.00	-0.93		46.56	38.00	8.56		46.27	38.00	8.27		36.21	38.00	-1.79	

METODO LINEAL COMBINACION GUMBEL-NORMAL-LOG					METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-NORMAL-LOG				METODO Método Cuencas Pequeñas COMBINACION GUMBEL-NORMAL-LOG				METODO Constant Slope GUMBEL-NORMAL-LOG				METODO Concave Base-Slope COMBINACION GUMBEL-NORMAL-LOG				METODO CONSTANTE COMBINACION GUMBEL-NORMAL-LOG			
Hidrograma Q1996 - Método lineal					Hidrograma Q1996 - Método Constante				Hidrograma Q1996 - Método Cuencas Pequeñas				Hidrograma Q1996 - Constant Slope				Hidrograma Q1996 - Concave Base-Slope				Hidrograma Q1996 - Master Depletion			
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	70.88	66.10	4.78	8.12	85.17	66.10	19.07	8.73	90	66	24	10.97	89.74	66.10	23.64	10.97	93.10	66.10	27.00	13.30	67.48	66.10	1.38	1.57
2000	61.88	62.10	-0.22		74.61	62.10	12.51		80	62	18		79.97	62.10	17.87		81.60	62.10	19.50		62.57	62.10	0.47	
1000	57.99	60.20	-2.21		70.06	60.20	9.86		72	60	12		72.27	60.20	12.07		76.60	60.20	16.40		61.43	60.20	1.23	

MICA 2012 -I-1

200	48.93	55.30	-6.37		59.40	55.30	4.10		62	55	6		61.67	55.30	6.37		65.52	55.30	10.22		58.26	55.30	2.96	
100	45.03	53.00	-7.97		54.79	53.00	1.79		57	53	4		56.55	53.00	3.55		60.76	53.00	7.76		53.43	53.00	0.43	
50	41.09	50.40	-9.31		50.13	50.40	-0.27		53	50	2		52.61	50.40	2.21		56.17	50.40	5.77		51.11	50.40	0.71	
20	35.85	46.60	-10.75		43.91	46.60	-2.69		46	47	0		46.41	46.60	-0.19		50.11	46.60	3.51		48.74	46.60	2.14	
10	31.80	43.10	-11.30		39.08	43.10	-4.02		42	43	-1		42.41	43.10	-0.69		44.96	43.10	1.86		42.95	43.10	-0.15	
5	27.56	39.00	-11.44		33.98	39.00	-5.02		38	39	-1		38.21	39.00	-0.79		39.79	39.00	0.79		36.92	39.00	-2.08	

Hidrograma Q1998 - Método lineal				Hidrograma Q1998 - Método Constante				Hidrograma Q1998 - Método Cuencas Pequeñas				Hidrograma Q1998 - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				Hidrograma Q1998 - Concave Base-Slope				Hidrograma Q1998 - Master Depletion				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	77.11	66.10	11.01	5.99	73.40	66.10	7.30	6.20	74.16	66.10	8.06	6.47	75.40	66.10	9.30	3.97	76.43	66.10	10.33	4.49	70.82	66.10	4.72	1.98
2000	67.86	62.10	5.76		64.60	62.10	2.50		65.09	62.10	2.99		67.66	62.10	5.56		68.62	62.10	6.52		62.85	62.10	0.75	
1000	63.87	60.20	3.67		60.81	60.20	0.61		61.14	60.20	0.94		64.32	60.20	4.12		65.25	60.20	5.05		59.43	60.20	-0.77	
200	54.48	55.30	-0.82		51.88	55.30	-3.42		51.96	55.30	-3.34		56.51	55.30	1.21		57.34	55.30	2.04		57.63	55.30	2.33	
100	50.39	53.00	-2.61		47.99	53.00	-5.01		47.95	53.00	-5.05		53.13	53.00	0.13		53.91	53.00	0.91		53.56	53.00	0.56	
50	46.27	50.40	-4.13		44.05	50.40	-6.35		43.94	50.40	-6.46		49.71	50.40	-0.69		50.44	50.40	0.04		49.44	50.40	-0.96	
20	40.74	46.60	-5.86		38.78	46.60	-7.82		38.56	46.60	-8.04		45.16	46.60	-1.44		45.81	46.60	-0.79		48.73	46.60	2.13	
10	36.41	43.10	-6.69		34.65	43.10	-8.45		34.36	43.10	-8.74		41.61	43.10	-1.49		42.20	43.10	-0.90		43.80	43.10	0.70	
5	31.81	39.00	-7.19	30.25	39.00	-8.75	29.90	39.00	-9.10	37.89	39.00	-1.11	38.37	39.00	-0.63	38.45	39.00	-0.55						

Hidrograma Q PROMEDIO - Método lineal				Hidrograma Q PROMEDIO - Método Constante				Hidrograma Q PROMEDIO - Método Cuencas Pequeñas				Hidrograma Q PROMEDIO - Constant Slope GUMBEL-LOGPEARSON-WEIBULL				Hidrograma Q PROMEDIO - Concave Base-Slope				Hidrograma Q PROMEDIO - Master Depletion				
Período de retorno	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC	Volumen simulado (hm3)	Volumen registrado (hm3)	Error medio	EMC
10000	78.82	66.10	12.72	6.27	77.78	66.10	11.68	6.44	85.38	66.10	19.28	8.47	80.46	66.10	14.36	6.50	82.23	66.10	16.13	7.51	67.06	66.10	0.96	2.35
2000	69.36	62.10	7.26		68.18	62.10	6.08		74.77	62.10	12.67		71.70	62.10	9.60		73.22	62.10	11.12		63.44	62.10	1.34	
1000	65.28	60.20	5.08		64.04	60.20	3.84		70.14	60.20	9.94		67.91	60.20	7.71		69.33	60.20	9.13		66.04	60.20	5.84	

MICA 2012 –I-1

200	55.67	55.30	0.37		54.34	55.30	-0.96		59.43	55.30	4.13		59.09	55.30	3.79		60.25	55.30	4.95		55.65	55.30	0.35
100	51.49	53.00	-1.51		50.13	53.00	-2.87		54.76	53.00	1.76		55.29	53.00	2.29		56.32	53.00	3.32		53.72	53.00	0.72
50	47.28	50.40	-3.12		45.89	50.40	-4.51		50.10	50.40	-0.30		51.45	50.40	1.05		52.36	50.40	1.96		48.96	50.40	-1.44
20	41.63	46.60	-4.97		40.22	46.60	-6.38		43.85	46.60	-2.75		46.35	46.60	-0.25		47.08	46.60	0.48		44.66	46.60	-1.94
10	37.21	43.10	-5.89		35.81	43.10	-7.29		39.00	43.10	-4.10		42.39	43.10	-0.71		42.98	43.10	-0.12		41.29	43.10	-1.81
5	32.52	39.00	-6.48		31.16	39.00	-7.84		33.86	39.00	-5.14		38.26	39.00	-0.74		38.68	39.00	-0.32		37.18	39.00	-1.82

De los resultados anteriores obtenemos el siguiente resumen, donde se presentan los mejores resultados por cada combinación según los ajustes realizados en esta investigación. Notamos que el método lineal tiene mejor comportamiento los cuales se evidencian con los resultados obtenidos con el EMC, en la tabla siguiente se muestran esos resultados con cada combinación de ajuste.

Tabla 72 Métodos con mejor EMC.

Mejor Método	Combinación	Creciente	EMC (HM ³)
Método Lineal	G-G-G	1996	0.38
Método Constante		1998	0.22
Método Lineal		Promedio	0.13
Método Master Depletion	G-L-W	1996	0.80
Método Constante		1998	1.80
Método Cuencas Pequeñas		Promedio	0.58
Método Lineal	W-N-W	1996	0.52
Método Lineal		1998	1.64
Método Master Depletion		Promedio	0.35
Método Cuencas Pequeñas	L-L-GEV	1996	1.75
Método Constante		1998	2.38
Método Cuencas Pequeñas		Promedio	1.62
Método Lineal	G-L-GEV	1996	0.36
Método Lineal		1998	0.35
Método Lineal		Promedio	0.35
Método Constan slope	L-L-L	1996	1.42
Método Lineal		1998	1.06
Método Cuencas Pequeñas		Promedio	1.53
Método Constan slope	G-N-L	1996	1.57
Método Lineal		1998	1.95
Método Cuencas Pequeñas		Promedio	2.35

El método lineal y de cuencas pequeñas presentan los mejores resultados en cuanto al EMC, Pero en síntesis, los métodos utilizado en esta investigación han dado resultados muy positivos al utilizar el EMC, ya que no superan el 10% de desviación con respecto a los datos medidos y proyectados.

6.2.2 Análisis de resultados Validación con la creciente de 1997.

Para la validación se toma los datos obtenidos en la creciente de junio de 1997, y se comparan los hidrogramas de 1997 (datos registrados), con los hidrogramas generados por el los métodos y las combinaciones de ajuste de las crecientes de 1996 y 1998. Por tanto la creciente de 1997 tiene un periodo de retorno de 11.27 años, para lo cual se realiza las validaciones por cada método. A continuación se expresa lo anterior en la tabla.

Tabla 73 Resumen Validación de los métodos con la creciente 1997.

METODOS		Fecha de Creciente	Q modelado	Q real (Creciente 1997)	Diferencia	Tp modelado	Tp real	Diferencia
LINEAL	G-G-G	1996	818.80 m3/s	818.80 m3/s	0.00 m3/s	10.50 h	10.00 h	0.50 h
		1998	818.80 m3/s	818.80 m3/s	0.00 m3/s	13.00 h	10.00 h	3.00 h
		Combinación	818.80 m3/s	818.80 m3/s	0.00 m3/s	10.00 h	10.00 h	0.00 h
	G-L-W	1996	814.99 m3/s	818.80 m3/s	-3.81 m3/s	11.50 h	10.00 h	1.50 h
		1998	815.84 m3/s	818.80 m3/s	-2.96 m3/s	11.50 h	10.00 h	1.50 h
		Combinación	816.30 m3/s	818.80 m3/s	-2.50 m3/s	12.00 h	10.00 h	2.00 h
	G-L-W	1996	817.30 m3/s	818.80 m3/s	-1.50 m3/s	9.00 h	10.00 h	-1.00 h
		1998	818.10 m3/s	818.80 m3/s	-0.70 m3/s	9.00 h	10.00 h	-1.00 h
		Combinación	811.30 m3/s	818.80 m3/s	-7.50 m3/s	11.30 h	10.00 h	1.30 h
	L-L-GEV.	1996	808.12 m3/s	818.80 m3/s	-10.68 m3/s	9.50 h	10.00 h	-0.50 h
		1998	803.20 m3/s	818.80 m3/s	-15.60 m3/s	10.50 h	10.00 h	0.50 h
		Combinación	802.00 m3/s	818.80 m3/s	-16.80 m3/s	10.50 h	10.00 h	0.50 h
	G-L-GEV.	1996	808.12 m3/s	818.80 m3/s	-10.68 m3/s	9.00 h	10.00 h	-1.00 h
		1998	812.00 m3/s	818.80 m3/s	-6.80 m3/s	13.50 h	10.00 h	3.50 h
		Combinación	808.20 m3/s	818.80 m3/s	-10.60 m3/s	9.50 h	10.00 h	-0.50 h
	L-L-L.	1996	809.12 m3/s	818.80 m3/s	-9.68 m3/s	11.00 h	10.00 h	1.00 h
		1998	818.00 m3/s	818.80 m3/s	-0.80 m3/s	11.00 h	10.00 h	1.00 h
		Combinación	808.20 m3/s	818.80 m3/s	-10.60 m3/s	11.50 h	10.00 h	1.50 h
G-N-W	1996	808.10 m3/s	818.80 m3/s	-10.70 m3/s	7.00 h	10.00 h	-3.00 h	
	1998	818.00 m3/s	818.80 m3/s	-0.80 m3/s	9.00 h	10.00 h	-1.00 h	
	Combinación	808.20 m3/s	818.80 m3/s	-10.60 m3/s	8.00 h	10.00 h	-2.00 h	
CONSTANTE	G-G-G	1996	818.00 m3/s	818.80 m3/s	-0.80 m3/s	9.00 h	10.00 h	-1.00 h
		1998	814.00 m3/s	818.80 m3/s	-4.80 m3/s	10.00 h	10.00 h	0.00 h
		Combinación	811.00 m3/s	818.80 m3/s	-7.80 m3/s	9.50 h	10.00 h	-0.50 h
	G-L-W	1996	802.00 m3/s	818.80 m3/s	-16.80 m3/s	9.50 h	10.00 h	-0.50 h
		1998	811.00 m3/s	818.80 m3/s	-7.80 m3/s	10.00 h	10.00 h	0.00 h
		Combinación	790.00 m3/s	818.80 m3/s	-28.80 m3/s	10.00 h	10.00 h	0.00 h

	G-L-W	1996	812.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-6.80 m ³ /s	9.00 h	10.00 h	-1.00 h	
		1998	818.10 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-0.70 m ³ /s	10.00 h	10.00 h	0.00 h	
		Combinación	811.30 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-7.50 m ³ /s	10.50 h	10.00 h	0.50 h	
	L-L-GEV.	1996	808.12 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-10.68 m ³ /s	9.50 h	10.00 h	-0.50 h	
		1998	812.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-6.80 m ³ /s	10.50 h	10.00 h	0.50 h	
		Combinación	816.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-2.80 m ³ /s	11.00 h	10.00 h	1.00 h	
	G-L-GEV.	1996	808.12 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-10.68 m ³ /s	9.00 h	10.00 h	-1.00 h	
		1998	812.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-6.80 m ³ /s	11.00 h	10.00 h	1.00 h	
		Combinación	808.20 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-10.60 m ³ /s	9.50 h	10.00 h	-0.50 h	
	L-L-L.	1996	809.12 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-9.68 m ³ /s	10.50 h	10.00 h	0.50 h	
		1998	818.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-0.80 m ³ /s	10.00 h	10.00 h	0.00 h	
		Combinación	818.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-0.80 m ³ /s	9.00 h	10.00 h	-1.00 h	
G-N-W	1996	803.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-15.80 m ³ /s	8.00 h	10.00 h	-2.00 h		
	1998	798.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-20.80 m ³ /s	9.00 h	10.00 h	-1.00 h		
	Combinación	803.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-15.80 m ³ /s	7.50 h	10.00 h	-2.50 h		
CUENCAS PEQUEÑAS	G-G-G	1996	815.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-3.80 m ³ /s	10.00 h	10.00 h	0.00 h	
		1998	816.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-2.80 m ³ /s	10.00 h	10.00 h	0.00 h	
		Combinación	818.80 m ³ /s	818.80 m ³ /s	0.00 m ³ /s	10.00 h	10.00 h	0.00 h	
	G-L-W	1996	814.99 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-3.81 m ³ /s	9.00 h	10.00 h	-1.00 h	
		1998	815.84 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-2.96 m ³ /s	9.50 h	10.00 h	-0.50 h	
		Combinación	816.30 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-2.50 m ³ /s	10.00 h	10.00 h	0.00 h	
	G-L-W	1996	817.30 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-1.50 m ³ /s	9.50 h	10.00 h	-0.50 h	
		1998	818.10 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-0.70 m ³ /s	12.00 h	10.00 h	2.00 h	
		Combinación	811.30 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-7.50 m ³ /s	12.50 h	10.00 h	2.50 h	
	L-L-GEV.	1996	808.12 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-10.68 m ³ /s	10.00 h	10.00 h	0.00 h	
		1998	803.20 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-15.60 m ³ /s	9.00 h	10.00 h	-1.00 h	
		Combinación	802.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-16.80 m ³ /s	10.50 h	10.00 h	0.50 h	
	G-L-GEV.	1996	808.12 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-10.68 m ³ /s	13.00 h	10.00 h	3.00 h	
		1998	812.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-6.80 m ³ /s	11.50 h	10.00 h	1.50 h	
		Combinación	808.20 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-10.60 m ³ /s	10.00 h	10.00 h	0.00 h	
	L-L-L.	1996	809.12 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-9.68 m ³ /s	10.50 h	10.00 h	0.50 h	
		1998	818.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-0.80 m ³ /s	10.00 h	10.00 h	0.00 h	
		Combinación	808.20 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-10.60 m ³ /s	11.50 h	10.00 h	1.50 h	
	G-N-W	1996	808.10 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-10.70 m ³ /s	9.00 h	10.00 h	-1.00 h	
		1998	818.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-0.80 m ³ /s	9.50 h	10.00 h	-0.50 h	
		Combinación	808.20 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-10.60 m ³ /s	9.50 h	10.00 h	-0.50 h	
	CONCAVE	G-G-G	1996	809.20 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-9.60 m ³ /s	10.50 h	10.00 h	0.50 h
			1998	810.50 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-8.30 m ³ /s	13.00 h	10.00 h	3.00 h
			Combinación	811.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-7.80 m ³ /s	10.00 h	10.00 h	0.00 h
G-L-W		1996	814.99 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-3.81 m ³ /s	11.50 h	10.00 h	1.50 h	
		1998	815.84 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-2.96 m ³ /s	11.50 h	10.00 h	1.50 h	
		Combinación	811.50 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-7.30 m ³ /s	12.00 h	10.00 h	2.00 h	

	G-L-W	1996	813.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-5.80 m ³ /s	9.00 h	10.00 h	-1.00 h	
		1998	813.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-5.80 m ³ /s	9.00 h	10.00 h	-1.00 h	
		Combinación	811.30 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-7.50 m ³ /s	11.30 h	10.00 h	1.30 h	
	L-L-GEV.	1996	808.12 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-10.68 m ³ /s	9.50 h	10.00 h	-0.50 h	
		1998	803.20 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-15.60 m ³ /s	10.50 h	10.00 h	0.50 h	
		Combinación	802.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-16.80 m ³ /s	10.50 h	10.00 h	0.50 h	
	G-L-GEV.	1996	800.45 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-18.35 m ³ /s	9.00 h	10.00 h	-1.00 h	
		1998	800.30 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-18.50 m ³ /s	11.50 h	10.00 h	1.50 h	
		Combinación	808.20 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-10.60 m ³ /s	12.00 h	10.00 h	2.00 h	
	L-L-L.	1996	802.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-16.80 m ³ /s	11.50 h	10.00 h	1.50 h	
		1998	812.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-6.80 m ³ /s	11.00 h	10.00 h	1.00 h	
		Combinación	816.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-2.80 m ³ /s	11.50 h	10.00 h	1.50 h	
G-N-W	1996	808.10 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-10.70 m ³ /s	10.00 h	10.00 h	0.00 h		
	1998	818.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-0.80 m ³ /s	10.50 h	10.00 h	0.50 h		
	Combinación	808.20 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-10.60 m ³ /s	9.50 h	10.00 h	-0.50 h		
CON. BASE SLOPE	G-G-G	1996	818.80 m ³ /s	818.80 m ³ /s	0.00 m ³ /s	10.50 h	10.00 h	0.50 h	
		1998	818.80 m ³ /s	818.80 m ³ /s	0.00 m ³ /s	13.00 h	10.00 h	3.00 h	
		Combinación	818.80 m ³ /s	818.80 m ³ /s	0.00 m ³ /s	10.00 h	10.00 h	0.00 h	
	G-L-W	1996	814.99 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-3.81 m ³ /s	11.50 h	10.00 h	1.50 h	
		1998	815.84 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-2.96 m ³ /s	11.50 h	10.00 h	1.50 h	
		Combinación	813.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-5.80 m ³ /s	12.00 h	10.00 h	2.00 h	
	G-L-W	1996	805.34 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-13.46 m ³ /s	12.00 h	10.00 h	2.00 h	
		1998	808.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-10.80 m ³ /s	12.50 h	10.00 h	2.50 h	
		Combinación	808.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-10.80 m ³ /s	12.50 h	10.00 h	2.50 h	
	L-L-GEV.	1996	796.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-22.80 m ³ /s	11.50 h	10.00 h	1.50 h	
		1998	818.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-0.80 m ³ /s	11.00 h	10.00 h	1.00 h	
		Combinación	812.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-6.80 m ³ /s	9.50 h	10.00 h	-0.50 h	
	G-L-GEV.	1996	808.12 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-10.68 m ³ /s	9.50 h	10.00 h	-0.50 h	
		1998	813.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-5.80 m ³ /s	10.00 h	10.00 h	0.00 h	
		Combinación	810.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-8.80 m ³ /s	9.50 h	10.00 h	-0.50 h	
	L-L-L.	1996	816.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-2.80 m ³ /s	11.00 h	10.00 h	1.00 h	
		1998	803.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-15.80 m ³ /s	11.00 h	10.00 h	1.00 h	
		Combinación	805.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-13.80 m ³ /s	11.50 h	10.00 h	1.50 h	
	G-N-W	1996	808.10 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-10.70 m ³ /s	9.00 h	10.00 h	-1.00 h	
		1998	818.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-0.80 m ³ /s	9.50 h	10.00 h	-0.50 h	
		Combinación	812.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-6.80 m ³ /s	12.00 h	10.00 h	2.00 h	
	MASTER DEPULTION	G-G-G	1996	816.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-2.80 m ³ /s	11.40 h	10.00 h	1.40 h
			1998	813.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-5.80 m ³ /s	12.50 h	10.00 h	2.50 h
			Combinación	811.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-7.80 m ³ /s	10.00 h	10.00 h	0.00 h
G-L-W		1996	814.99 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-3.81 m ³ /s	12.00 h	10.00 h	2.00 h	
		1998	815.84 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-2.96 m ³ /s	11.00 h	10.00 h	1.00 h	
		Combinación	820.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	1.20 m ³ /s	10.50 h	10.00 h	0.50 h	

	G-L-W	1996	802.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-16.80 m ³ /s	9.50 h	10.00 h	-0.50 h
		1998	805.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-13.80 m ³ /s	9.00 h	10.00 h	-1.00 h
		Combinación	797.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-21.80 m ³ /s	11.30 h	10.00 h	1.30 h
	L-L-GEV.	1996	814.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-4.80 m ³ /s	11.50 h	10.00 h	1.50 h
		1998	803.20 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-15.60 m ³ /s	13.00 h	10.00 h	3.00 h
		Combinación	802.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-16.80 m ³ /s	13.00 h	10.00 h	3.00 h
	G-L-GEV.	1996	808.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-10.80 m ³ /s	12.00 h	10.00 h	2.00 h
		1998	819.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	0.20 m ³ /s	13.00 h	10.00 h	3.00 h
		Combinación	818.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-0.80 m ³ /s	11.00 h	10.00 h	1.00 h
	L-L-L.	1996	798.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-20.80 m ³ /s	11.00 h	10.00 h	1.00 h
		1998	802.34 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-16.46 m ³ /s	11.00 h	10.00 h	1.00 h
		Combinación	805.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-13.80 m ³ /s	11.50 h	10.00 h	1.50 h
	G-N-W	1996	802.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-16.80 m ³ /s	7.00 h	10.00 h	-3.00 h
		1998	805.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-13.80 m ³ /s	9.00 h	10.00 h	-1.00 h
		Combinación	815.00 m ³ /s	818.80 m ³ /s	-3.80 m ³ /s	8.00 h	10.00 h	-2.00 h

De la anterior tabla observamos que los datos varían al orden del 2.5%, lo cual es un valor aceptable para la hipótesis, tiene un nivel de confianza del 95%. Por tanto la validación de los datos arroja resultados positivos y se comprueba la validez de estos métodos de separación de flujo base.

Por tanto la utilización de estos hidrogramas que resultaron de estos métodos son confiable para desarrollar proyectos hidráulicos tales como presas, obras de captación puentes, canales de riego, es importante contar con métodos suficientes que para el cálculo de hidrograma.

7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1- Se lograron adicionar nuevas ecuaciones de flujo base (**separación de flujo base para cuencas pequeñas y alta vegetación, método de concave baseflow separation, método constant-slope baseflow separation, master depletion**), al método desarrollado por Coronado-Triana, 2012. Con cada una de estas ecuaciones se establecieron los respectivos algoritmos para determinar los hidrogramas de crecientes asociados a los diferentes periodos de retorno.
- 2- El procedimiento propuesto busca la minimización del Error Medio Cuadrático (EMC) de los volúmenes máximos registrados con respecto a los modelados, sujeto a restricciones de tiempo al pico, pendiente de flujo base, caudal inicial, caudal final tiempo de descarga inicial y tiempo de descarga final.
- 3- los mejores resultados con ajuste de EMC fueron: - el método lineal utilizando la combinación Gumbel, Gumbel, Gumbel, para ajustar los datos de caudal máximo instantáneo, Volumen máximo en un día y series de Caudales medios mes más húmedo, con un $EMC=0.13 \text{ HM}^3$, con la creciente promediada de 1996 y 1998, - método Constante utilizando la combinación Gumbel, Gumbel, Gumbel, para ajustar los datos de caudal máximo instantáneo, Volumen máximo en un día y series de Caudales medios mes más húmedo, con un $EMC=0.22 \text{ HM}^3$, con creciente de mayo 1998,- método Cuencas Pequeñas utilizando la combinación Gumbel, Logpearson, Weibull con un $EMC=0.58 \text{ HM}^3$, con la creciente promediada de 1996 y 1998, - método Master Depletion utilizando la combinación Weibull, Normal, Weibull con un $EMC=0.35 \text{ HM}^3$, con la creciente promediada de 1996 y 1998, - Método Lineal utilizando la combinación Gumbel, Logpearson, Gev, con un $EMC=0.35 \text{ HM}^3$, con la creciente de Mayo de 1998 y la promediada de 1996 y 1998. En la tabla 72 (métodos con mejores EMC), están los métodos con resultados inferiores 2.38 HM^3 .

Al igual se informa los métodos con peores resultados que superan los 5.00 HM^3 , - método Cuencas Pequeñas con la combinación de ajustes estadísticos Gumbel, Normal,

Logpearson, con un $EMC=10.97 \text{ HM}^3$, con la creciente de junio de 1996, el mismo método con la misma combinación, con un $EMC=8.47 \text{ HM}^3$, con la creciente promediada de 1996 y 1998, - método Concave Base-Slope con la combinación de ajustes estadísticos Gumbel, Normal, Logpearson, con un $EMC=13.30 \text{ HM}^3$, con la creciente de junio de 1996, - método Constant Slope con la combinación de ajustes estadísticos Gumbel, Normal, Logpearson, con un $EMC=10.97 \text{ HM}^3$, con la creciente de junio de 1996, - método Cuencas Pequeñas y alta vegetación con la combinación de ajustes estadísticos Gumbel, Normal, Logpearson, con un $EMC=10.97 \text{ HM}^3$, con la creciente de junio de 1996. Se observó que los resultados perores resultados con EMC se dio con la combinación de ajuste estadístico Gumbel, Normal y Logpearson, superando en todos los métodos los $EMC=8.12 \text{ HM}^3$.

- 4- Las mejores validaciones con la creciente de 1997 se obtuvieron: - método Lineal con la combinación Gumbel, Gumbel, Gumbel, con una variación no mas del 2.0%, método Constante con la combinación Gumbel, Logpearson, Weibull, con una variación del 1.5% y un desviación del tiempo al pico de 0.5h, %, %, método Constante con la combinación Gumbel, Logpearson, Weibull, con una variación del 1.5% y un desviación del tiempo al pico de 0.5h, %, método Cuencas Pequeñas con la combinación Gumbel, Gumbel, Gumbel, con una variación del 0.5% y un desviación del tiempo al pico de 0.0h, método Master Depletion con la combinación Gumbel, Logpearson, Weibull, con una variación del 0.5% y un desviación del tiempo al pico de 1.4h.
- 5- Para futuros trabajos se deberá incorporar parámetros que involucren la presencia de cambios climáticos en la generación de hidrogramas de crecientes asociados a diferentes periodos de retorno.
- 6- Únicamente se utilizó el caso de estudio de la estación rio lengupá-paez para la generación de hidrogramas de crecientes. Se recomienda para futuros trabajos emplear más casos de estudios para robustecer los resultados de la investigación.

- 7- Se recomienda incluir en los métodos de generación de hidrograma de crecientes parámetros que involucren efectos de urbanización, para los cual se sugiere utilizar un caso de estudio en donde existe información antes y después de la urbanización.

8.0 REFERENCIAS

Chaire en Hydrologie Statistique (CHS). Hyfran. (2002). Logiciel pour l'analyse fréquentielle en hydrologie. INRS-Eau, rapport technique. Water Resources Publications.

Chow, V. T., Maidment, D., & Mays, L. (1994). Hidrología aplicada. Bogotá: Mc Graw Hill.

CNEGP. (1997). Guías técnicas de seguridad de presas - 4 . Avenida de proyecto. Madrid.

Coronado, O. (2010). Consideraciones de incertidumbre en la estimación de hidrogramas de diseño de estructuras de desviación y rebosaderos en presas. Tesis de maestría. Bogotá: Universidad de los Andes.

Domínguez, M., Fuentes, O., & Franco, V. (1980). Manual de diseño de obras civiles. Comisión Federal de Electricidad. México.

Gumbel, E. (1960). Multivariate Extremal Distributions. Bull. Internat. Statics , Inst. 39(2):471-475.

ICOLD. (1992). Selection of design flood. Bulletin 82.

Ingetec S.A. (2008). Informe de crecientes para diseño de la presa y obras anexas. Documento No. PHEQDPLA- DOC-0005. Bogotá.

Ingetec S.A, Simco Ltda y Cimilec Ingenieros Ltda. (1997). Estudio de factibilidad para el desarrollo hidroeléctrico El Quimbo en el alto Magdalena. Estudio de Factibilidad. Bogotá.

Maidment, D. (1992). Handbook of Hydrology. United State of America: Mc Graw - Hill.

Rivera, F., & Escalante, C. (1999). Análisis comparativo de técnicas de estimación de avenidas de diseño. Ingeniería del agua Vol. 6 Núm. 1, 49-54.

Raynal, J. A. y C. Escalante. (1992) FLODRO: Flood and Drought Computer Package. Hydrology and Water Resources Education, Training and Management. Water Resources Publications, USA. pp. 87-94.

Escalante C. (1998a) *Multivariate Estimation of Extreme Flood Hydrographs*, Hydrological Science and Technology Journal 14(1-4):1-10.

Vázquez C. Ma. T., Jiménez E. M., Domínguez M. R., Fuentes M. O., “*Avenidas de diseño para presas de gran capacidad*”. Cuadernos de Investigación N° 28. CENAPRED. México, 1996.

Fabián Rivera Trejo y Carlos Escalante Sandoval., ANÁLISIS COMPARATIVO DE TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN DE AVENIDAS DE DISEÑO.

S. Gómez* Nueva técnica de separación de flujo base aplicada a la cuenca superior del río Lebrija Escuela de Ing. Civil, GPH, Universidad Industrial de Santander, Colombia

ESCALANTE – SANDOVAL Bivariate distribution with two-component extreme value Marginals to model extreme wind speeds, 2008.

RAYNAL J. A., 1985. Bivariate extreme value distributions applied to flood frequency analysis Ph.D. dissertation, Civil Engineering Department, Colorado State University, USA, 273 pp.

Fabián Rivera Trejo y Carlos Escalante Sandoval., ANÁLISIS COMPARATIVO DE TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN DE AVENIDAS DE DISEÑO.

S. Gómez* Nueva técnica de separación de flujo base aplicada a la cuenca superior del río Lebrija Escuela de Ing. Civil, GPH, Universidad Industrial de Santander, Colombia.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 Método de los momentos.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2 Ajuste de curvas típicas de reducción para cada sitio analizado.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 3.- Separación y superposición del flujo base</i>	<i>25</i>
<i>Figura 4 Métodos utilizados para la separación del flujo base.</i>	<i>26</i>
<i>Figura 5. Variables y parámetros.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 6 Separación de flujo base.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 7 Generación de crecientes método lineal, combinación G-G-G.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 8 Generación de crecientes método lineal, combinación Gumbel-Logpearson-Weibull</i>	<i>81</i>
<i>Figura 9 Generación de crecientes método lineal, combinación Weibull-Normal-Weibull ...</i>	<i>82</i>
<i>Figura 10 Generación de crecientes método lineal, combinación Logpearson-Lorpearson-Gev.</i>	<i>82</i>
<i>Figura 11 Generación de crecientes método lineal, combinación Gumbel-Logpearson-Gev.</i>	<i>83</i>
<i>Figura 12 Generación de crecientes método lineal, combinación Logpearson -Logpearson-Logpearson.</i>	<i>83</i>
<i>Figura 13 Generación de crecientes método lineal, combinación Gumbel-Normal-Weibull.</i>	<i>84</i>
<i>Figura 14 Validación del método con la creciente de 1997Metodo lineal Combinacion Gumbel-Gumbel-Gumbel.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 15 Validación del método con la creciente de 1997Metodo lineal Combinacion Gumbel-Logpearson-Weibull.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 16 Validación del método con la creciente de 1997Metodo lineal Combinacion Weibull-Normal-Weibull.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 17 Validación del método con la creciente de 1997Metodo lineal Combinacion Logpearson-Logpearson-Gev.</i>	<i>86</i>
<i>Figura 18 Validación del método con la creciente de 1997Metodo lineal Combinacion Gumbel-Logpearson-Gev.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 19 Validación del método con la creciente de 1997Metodo lineal Combinacion Logpearson-Logpearson-Logpearson.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 20 Validación del método con la creciente de 1997Metodo lineal Combinacion Gumbel-Normal-Weibull.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 21 Envoltentes Metodo lineal Combinacion Gumbel-Gumbel-Gumbel.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 22 Envoltentes Metodo lineal Combinacion Gumbel-Logpearson-Weibull.</i>	<i>89</i>
<i>Figura 23 Envoltentes Método lineal Combinación Weibull-Normal-Weibull.</i>	<i>90</i>
<i>Figura 24 Envoltentes Metodo lineal Combinacion Logpearson-Logpearson-Gev.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 25 Envoltentes Metodo lineal Combinacion Gumbel-Logpearson-Gumbel.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 26 Envoltentes Metodo lineal Combinacion Logpearson-Logpearson-Logpearson ..</i>	<i>91</i>
<i>Figura 27 Envoltentes Metodo lineal Combinacion Gumbel-Normal-Weibull.</i>	<i>92</i>
<i>Figura 29 Generación de crecientes método Constante, combinación G-G-G.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 30 Generación de crecientes método constante, combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 31 Generación de crecientes método constante, combinación Weibull-Normal-Weibull</i>	<i>101</i>
<i>Figura 32 Generación de crecientes método Constante, combinación Logpearson-Lorpearson-Gev.</i>	<i>102</i>

<i>Figura 33 Generación de crecientes método Constante, combinación Gumbel-Logpearson-Gev.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 34 Generación de crecientes método Constante, combinación Logpearson - Logpearson- Logpearson.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 35 Generación de crecientes método Constante, combinación Gumbel-Normal-Weibull.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 36 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Constante Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 37 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Constante Combinacion Gumbel-Logpearson-Weibull.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 38 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Constante Combinacion Weibull-Normal-Weibull.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 39 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Constante Combinación Logpearson-Logpearson-Gev.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 40 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Constante Combinación Gumbel-Logpearson-Gev.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 41 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo constante Combinacion Logpearson-Logpearson-Logpearson.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 42 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Constante Combinacion Gumbel-Normal-Weibull.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 43 Envolventes Método Constante Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel</i>	<i>108</i>
<i>Figura 44 Envolventes Método Constante Combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 45 Envolventes Método Constante Combinación Weibull-Normal-Weibull.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 46 Envolventes Método Constante Combinación Logpearson-Logpearson-Gev.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 47 Envolventes Método Constante Combinación Gumbel-Logpearson-Gumbel.....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 48 Envolventes Método Constante Combinación Logpearson-Logpearson-Logpearson</i>	<i>110</i>
<i>Figura 49 Envolventes Método Constante Combinación Gumbel-Normal-Weibull.....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 50 Generación de crecientes método Cuencas pequeñas, combinación G-G-G.....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 51 Generación de crecientes método Cuencas pequeñas, combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 52 Generación de crecientes método Cuencas pequeñas, combinación Weibull-Normal-Weibull.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 53 Generación de crecientes método Cuencas pequeñas, combinación Logpearson-Lorpearson-Gev.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 54 Generación de crecientes método Cuencas pequeñas, combinación Gumbel-Logpearson-Gev.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 55 Generación de crecientes método Cuencas pequeñas, combinación Logpearson - Logpearson- Logpearson.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 56 Generación de crecientes método Cuencas pequeñas, combinación Gumbel-Normal-Weibull.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 57 Validación del método con la creciente de 1997Metodo cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 58 Validación del método con la creciente de 1997Metodo cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 59 Validación del método con la creciente de 1997Metodo cuencas pequeñas Combinación Weibulll-Normal-Weibull.....</i>	<i>124</i>

<i>Figura 60 Validación del método con la creciente de 1997Metodo cuencas pequeñas Combinación Logpearson-Logpearson-Gev.....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 61 Validación del método con la creciente de 1997Metodo cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Logpearson-Gev.....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 62 Validación del método con la creciente de 1997Metodo cuencas pequeñas Combinación Logpearson-Logpearson-Logpearson.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 63 Validación del método con la creciente de 1997Metodo cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Normal-Weibull.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 64 Envoltentes Método Cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel.....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 65 Envoltentes Cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 66 Envoltentes Método Cuencas pequeñas Combinación Weibull-Normal-Weibull.....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 67 Envoltentes Método Cuencas pequeñas Combinación Logpearson-Logpearson-Gev.....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 68 Envoltentes Método Cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Logpearson-Gumbel.....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 69 Envoltentes Método Cuencas pequeñas Combinación Logpearson-Logpearson-Logpearson.....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 70 Envoltentes Método Cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Normal-Weibull.....</i>	<i>130</i>
<i>Figura 71 Generación de crecientes método Constant Slope, combinación G-G-G.....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 72 Generación de crecientes método Constant Slope, combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 73 Generación de crecientes método Constant Slope, combinación Weibull-Normal-Weibull.....</i>	<i>139</i>
<i>Figura 74 Generación de crecientes método Constant Slope, combinación Logpearson-Logpearson-Gev.....</i>	<i>139</i>
<i>Figura 75 Generación de crecientes método Constant Slope, combinación Gumbel-Logpearson-Gev.....</i>	<i>140</i>
<i>Figura 76 Generación de crecientes método Constant Slope, combinación Logpearson - Logpearson- Logpearson.....</i>	<i>140</i>
<i>Figura 77 Generación de crecientes método Constant Slope, combinación Gumbel-Normal-Weibull.....</i>	<i>141</i>
<i>Figura 78 Validación del método con la creciente de 1997Metodo Constant Slope Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel.....</i>	<i>142</i>
<i>Figura 79 Validación del método con la creciente de 1997Metodo Constant Slope Combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.....</i>	<i>142</i>
<i>Figura 80 Validación del método con la creciente de 1997Metodo Constant Slope Combinación Weibull-Normal-Weibull.....</i>	<i>143</i>
<i>Figura 81 Validación del método con la creciente de 1997Metodo Constant Slope Combinación Logpearson-Logpearson-Gev.....</i>	<i>143</i>
<i>Figura 82 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Constant Slope Combinación Gumbel-Logpearson-Gev.....</i>	<i>144</i>
<i>Figura 83 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Constant Slope Combinación Logpearson-Logpearson-Logpearson.....</i>	<i>144</i>

<i>Figura 84 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Constant Slope Combinación Gumbel-Normal-Weibull.....</i>	<i>145</i>
<i>Figura 85 Envoltentes Método Constant Slope Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel</i>	<i>146</i>
<i>Figura 86 Envoltentes Constant Slope Combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.</i>	<i>146</i>
<i>Figura 87 Envoltentes Método Constant Slope Combinación Weibull-Normal-Weibull.</i>	<i>147</i>
<i>Figura 88 Envoltentes Método Constant Slope Combinación Logpearson-Logpearson-Gev</i>	<i>147</i>
<i>Figura 89 Envoltentes Método Constant Slope Combinación Gumbel-Logpearson-Gumbel</i>	<i>148</i>
<i>Figura 90 Envoltentes Método Constant Slope Combinación Logpearson-Logpearson-Logpearson</i>	<i>148</i>
<i>Figura 91 Envoltentes Método Constant Slope Combinación Gumbel-Normal-Weibull.</i>	<i>149</i>
<i>Figura 92 Generación de crecientes método Concave Base Slope, combinación G-G-G....</i>	<i>157</i>
<i>Figura 93 Generación de crecientes método Concave Base Slope, combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.....</i>	<i>158</i>
<i>Figura 94 Generación de crecientes método Concave Base Slope, combinación Weibull-Normal-Weibull.....</i>	<i>158</i>
<i>Figura 95 Generación de crecientes método Concave Base Slope, combinación Logpearson-Logpearson-Gev.</i>	<i>159</i>
<i>Figura 96 Generación de crecientes método Concave Base Slope, combinación Gumbel-Logpearson-Gev.....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 97 Generación de crecientes método Concave Base Slope, combinación Logpearson -Logpearson- Logpearson.</i>	<i>160</i>
<i>Figura 98 Generación de crecientes método Concave Base Slope, combinación Gumbel-Normal-Weibull.....</i>	<i>160</i>
<i>Figura 99 Validación del método con la creciente de 1997Metodo Concave Base Slope Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel.</i>	<i>161</i>
<i>Figura 100 Validación del método con la creciente de 1997Metodo Concave Base Slope Combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.</i>	<i>162</i>
<i>Figura 101 Validación del método con la creciente de 1997Metodo Concave Base Slope Combinación Weibull-Normal-Weibull.</i>	<i>162</i>
<i>Figura 102 Validación del método con la creciente de 1997Metodo Concave Base Slope Combinación Logpearson-Logpearson-Gev.....</i>	<i>163</i>
<i>Figura 103 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Concave Base Slope Combinación Gumbel-Logpearson-Gev</i>	<i>163</i>
<i>Figura 104 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Concave Base Slope Combinación Logpearson-Logpearson-Logpearson.....</i>	<i>164</i>
<i>Figura 105 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Concave Base Slope Combinación Gumbel-Normal-Weibull.....</i>	<i>164</i>
<i>Figura 106 Envoltentes Método Concave Base Slope Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel</i>	<i>165</i>
<i>Figura 107 Envoltentes Concave Base Slope Combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.</i>	<i>165</i>
<i>Figura 108 Envoltentes Método Concave Base Slope Combinación Weibull-Normal-Weibull.</i>	<i>166</i>
<i>Figura 109 Envoltentes Método Concave Base Slope Combinación Logpearson-Logpearson-Gev</i>	<i>166</i>

<i>Figura 110 Envoltentes Método Concave Base Slope Combinación Gumbel-Logpearson-Gumbel.....</i>	<i>167</i>
<i>Figura 111 Envoltentes Método Concave Base Slope Combinación Logpearson-Logpearson-Logpearson</i>	<i>167</i>
<i>Figura 112 Envoltentes Método Concave Base Slope Combinación Gumbel-Normal-Weibull.....</i>	<i>168</i>
<i>Figura 113 Generación de crecientes método Master Depletion, combinación G-G-G.....</i>	<i>176</i>
<i>Figura 114 Generación de crecientes método Master Depletion, combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.....</i>	<i>177</i>
<i>Figura 115 Generación de crecientes método Master Depletion, combinación Weibull-Normal-Weibull.....</i>	<i>177</i>
<i>Figura 116 Generación de crecientes método Master Depletion, combinación Logpearson-Logpearson-Gev.....</i>	<i>178</i>
<i>Figura 117 Generación de crecientes método Master Depletion, combinación Gumbel-Logpearson-Gev.....</i>	<i>178</i>
<i>Figura 118 Generación de crecientes método Master Depletion, combinación Logpearson -Logpearson- Logpearson.....</i>	<i>179</i>
<i>Figura 119 Generación de crecientes método Master Depletion, combinación Gumbel-Normal-Weibull.....</i>	<i>179</i>
<i>Figura 120 Validación del método con la creciente de 1997Metodo Master Depletion Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel..</i>	<i>180</i>
<i>Figura 121 Validación del método con la creciente de 1997Metodo Master Depletion Combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.....</i>	<i>181</i>
<i>Figura 122 Validación del método con la creciente de 1997Metodo Master Depletion Combinación Weibull-Normal-Weibull.....</i>	<i>181</i>
<i>Figura 123 Validación del método con la creciente de 1997Metodo Master Depletion Combinación Logpearson-Logpearson-Gev.....</i>	<i>182</i>
<i>Figura 124 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Master Depletion Combinación Gumbel-Logpearson-Gev.....</i>	<i>182</i>
<i>Figura 125 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Master Depletion Combinación Logpearson-Logpearson-Logpearson.....</i>	<i>183</i>
<i>Figura 126 Validación del método con la creciente de 1997 Metodo Master Depletion Combinación Gumbel-Normal-Weibull.....</i>	<i>183</i>
<i>Figura 127 Envoltentes Método Master Depletion Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel</i>	<i>184</i>
<i>Figura 128 Envoltentes Master Depletion Combinación Gumbel-Logpearson-Weibull.....</i>	<i>184</i>
<i>Figura 129 Envoltentes Método Master Depletion Combinación Weibull-Normal-Weibull.....</i>	<i>185</i>
<i>Figura 130 Envoltentes Método Master Depletion Combinación Logpearson-Logpearson-Gev</i>	<i>185</i>
<i>Figura 131 Envoltentes Método Master Depletion Combinación Gumbel-Logpearson-Gumbel</i>	<i>186</i>
<i>Figura 132 Envoltentes Método Master Depletion Combinación Logpearson-Logpearson-Logpearson</i>	<i>186</i>
<i>Figura 133 Envoltentes Método Master Depletion Combinación Gumbel-Normal-Weibull.....</i>	<i>187</i>

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros estadísticos.....	12
Tabla 2 Funciones de probabilidad más utilizadas en hidrología	13
Tabla 3 Ajuste Gumbel de caudal máximo, caudal base y volúmenes máximos	54
Tabla 4 Ajuste Gumbel-Weibull-Log-pearson	55
Tabla 5 Ajuste Weibull-Weibull-Normal	56
Tabla 6 Ajuste Log-pearson-Gev-Log-pearson	57
Tabla 7 Ajuste Gumbel-Gev-Log-pearson	58
Tabla 8 Ajuste Log-pearson- Log-pearson-Log-pearson	58
Tabla 9 Ajuste Gumbel-Weibull-Normal	59
Tabla 10 Características físicas de los métodos.....	60
Tabla 11 Separación de flujo base método línea recta creciente julio de 1996.....	62
Tabla 12 Separación de flujo base método constante creciente julio de 1996.....	62
Tabla 13 Separación de flujo base método cuencas pequeñas creciente julio de 1996.....	63
Tabla 14 Separación de flujo base método Concave Baseflow creciente julio de 1996	64
Tabla 15 Separación de flujo base método Constant slope creciente julio de 1996.....	64
Tabla 16 Separación de flujo base método Master depletion creciente julio de 1996.....	65
Tabla 17 Separación de flujo base método línea recta creciente julio de 1997.....	66
Tabla 18 Separación de flujo base método constante creciente julio de 1997.....	66
Tabla 19 Separación de flujo base método cuencas pequeñas creciente julio de 1997.....	67
Tabla 20 Separación de flujo base método Concave Baseflow creciente julio de 1997	67
Tabla 21 Separación de flujo base método Constant slope creciente julio de 1997	68
Tabla 22 Separación de flujo base método Master depletion creciente julio de 1997.....	68
Tabla 23 Separación de flujo base método línea recta creciente mayo de 1998	69
Tabla 24 Separación de flujo base método constante creciente mayo de 1998	69
Tabla 25 Separación de flujo base método cuencas pequeñas creciente mayo de 1998.....	70
Tabla 26 Separación de flujo base método Concave Baseflow creciente mayo de 1998.....	70
Tabla 27 Separación de flujo base método Constant slope creciente mayo de 1998.....	71
Tabla 28 Separación de flujo base método Master depletion creciente mayo de 1998	71
Tabla 29 Calculo del EMC método flujo base Línea recta Combinación Gumbel-Gumbel- Gumbel.....	74
Tabla 30 Calculo del EMC método flujo base Línea recta Combinación Gumbel-Log-pearson- Weibull.....	75
Tabla 31 Calculo del EMC método flujo base Línea recta Combinación Weibull-Normal- Weibull.....	76
Tabla 32 Calculo del EMC método flujo base Línea recta Combinación Log-Log-Gev	77
Tabla 33 Calculo del EMC método flujo base Línea recta Combinación Gumbel-Log-pearson- Gev	78
Tabla 34 Calculo del EMC método flujo base Línea recta Combinación Log-pearson- Logpearson-Logpearson.....	79
Tabla 35 Calculo del EMC método flujo base Línea recta Combinación Gumbel-Normal- Logpearson	80
Tabla 36 Calculo del EMC método flujo base Constante Combinación Gumbel-Gumbel- Gumbel.....	93
Tabla 37 Calculo del EMC método flujo base Constante Combinación Gumbel-Log-pearson- Weibull.....	94

Tabla 38 Calculo del EMC método flujo base Constante Combinación Weibull-Normal-Weibull.....	95
Tabla 39 Calculo del EMC método flujo base Constante Combinación Log-Log-Gev	96
Tabla 40 Calculo del EMC método flujo base Constante Combinación Gumbel-Log-pearson-Gev.....	97
Tabla 41 Calculo del EMC método flujo base Constante Combinación Log-pearson-Logpearson-Logpearson.....	98
Tabla 42 Calculo del EMC método flujo base Constante Combinación Gumbel-Normal-Logpearson	99
Tabla 43 Calculo del EMC método flujo base Cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel.....	112
Tabla 44 Calculo del EMC método flujo base Cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Log-pearson-Weibull.....	113
Tabla 45 Calculo del EMC método flujo base Cuencas pequeñas Combinación Weibull-Normal-Weibull.....	114
Tabla 46 Calculo del EMC método flujo base Cuencas pequeñas Combinación Log-Log-Gev	115
Tabla 47 Calculo del EMC método flujo base Cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Log-pearson-Gev.....	116
Tabla 48 Calculo del EMC método flujo base Cuencas pequeñas Combinación Log-pearson-Logpearson-Logpearson.....	117
Tabla 49 Calculo del EMC método flujo base Cuencas pequeñas Combinación Gumbel-Normal-Logpearson.....	118
Tabla 50 Calculo del EMC método flujo base Constant Slope Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel.....	131
Tabla 51 Calculo del EMC método flujo base Constant Slope Combinación Gumbel-Log-pearson-Weibull.....	132
Tabla 52 Calculo del EMC método flujo base Constant Slope Combinación Weibull-Normal-Weibull.....	133
Tabla 53 Calculo del EMC método flujo base Constant Slope Combinación Log-Log-Gev	134
Tabla 54 Calculo del EMC método flujo base Constant Slope Combinación Gumbel-Log-pearson-Gev.....	135
Tabla 55 Calculo del EMC método flujo base Constant Slope Combinación Log-pearson-Logpearson-Logpearson.....	136
Tabla 56 Calculo del EMC método flujo base Constant Slope Combinación Gumbel-Normal-Logpearson	137
Tabla 57 Calculo del EMC método flujo base Concave Base Slope Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel.....	150
Tabla 58 Calculo del EMC método flujo base Concave Base Slope Combinación Gumbel-Log-pearson-Weibull.....	151
Tabla 59 Calculo del EMC método flujo base Concave Base Slope Combinación Weibull-Normal-Weibull.....	152
Tabla 60 Calculo del EMC método flujo base Concave Base Slope Combinación Log-Log-Gev	153
Tabla 61 Calculo del EMC método flujo base Concave Base Slope Combinación Gumbel-Log-pearson-Gev.....	154

<i>Tabla 62 Calculo del EMC método flujo base Concave Base Slope Combinación Log-pearson-Logpearson-Logpearson.....</i>	<i>155</i>
<i>Tabla 63 Calculo del EMC método flujo base Concave Base Slope Combinación Gumbel-Normal-Logpearson.....</i>	<i>156</i>
<i>Tabla 64 Calculo del EMC método flujo base Master Depletion Combinación Gumbel-Gumbel-Gumbel.....</i>	<i>169</i>
<i>Tabla 65 Calculo del EMC método flujo base Master Depletion Combinación Gumbel-Log-pearson-Weibull.....</i>	<i>170</i>
<i>Tabla 66 Calculo del EMC método flujo base Master Depletion Combinación Weibull-Normal-Weibull.....</i>	<i>171</i>
<i>Tabla 67 Calculo del EMC método flujo base Master Depletion Combinación Log-Log-Gev.....</i>	<i>172</i>
<i>Tabla 68 Calculo del EMC método flujo base Master Depletion Combinación Gumbel-Log-pearson-Gev.....</i>	<i>173</i>
<i>Tabla 69 Calculo del EMC método flujo base Master Depletion Combinación Log-pearson-Logpearson-Logpearson.....</i>	<i>174</i>
<i>Tabla 70 Calculo del EMC método flujo base Master Depletion Combinación Gumbel-Normal-Logpearson.....</i>	<i>175</i>
<i>Tabla 71 Resumen de los resultados EMC.....</i>	<i>188</i>
<i>Tabla 72 Métodos con mejor EMC.....</i>	<i>200</i>
<i>Tabla 73 Resumen Validación de los métodos con la creciente 1997.....</i>	<i>201</i>