



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**MODELACIÓN DE CAUDALES RECESIVOS PARA LA CUENCA DEL RÍO
LONTUÉ, ESTACIÓN ESTERO UPEO EN UPEO, VII REGIÓN DEL MAULE, CHILE**

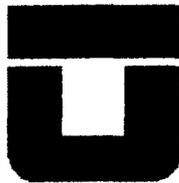
ENZO ERICK MARTÍNEZ ARAYA

**Memoria para optar al Título de:
INGENIERO FORESTAL**

PROFESOR GUÍA: Dr. Ing. ROBERTO PIZARRO TAPIA

TALCA – CHILE

2004



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

El Sr. Enzo Erick Martínez Araya, ha realizado la Memoria: "**Modelación de caudales recesivos para la cuenca del río Lontué, estación Estero Upeo en Upeo, VII Región del Maule, Chile**", como uno de los requisitos para optar al Título de Ingeniero Forestal. El Profesor Guía es el Sr. Roberto Pizarro Tapia.

La comisión de Calificación constituida por los profesores, Sr. Roberto Pizarro Tapia y Sr. Carlos Mena Frau, han evaluado con nota 6,5 (seis coma cinco)

**CRISTIAN LOPEZ MONTECINOS
DIRECTOR
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

Talca, Septiembre de 2004.

DEDICATORIA

*A mi padre Aldo, por el incansable cuidado
y cariño incondicional en cada una de las
etapas de mi vida.*

*A mi madre Elida, por representar lo más
hermoso que puso Dios en mi camino.*

*A mi hermano Aldo, por tu alegría,
apoyo y complicidad.*

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar los más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas e instituciones, que de una u otra forma, prestaron su apoyo desinteresadamente en la realización de esta investigación académica, especialmente a:

El Dr. Ing. Roberto Pizarro Tapia, quien fue un verdadero orientador y amigo en el transcurso de esta investigación académica.

A la Dirección General del Aguas (D.G.A), VII Región y en especial al Director de esta Organización el Sr. Pedro Bravo C y al Sr. Juan Bastías, por aportar con la valiosa información necesaria para esta investigación.

A los amigos de siempre, por el cariño incondicional e incansable apoyo brindado durante todos mis años de vida Universitaria.

A María José, por el amor y la paz que me entregas en esta nueva etapa de mi vida.

Finalmente, agradecer a mis padres por darme la posibilidad de estudiar una carrera Universitaria, y sobre todo, por apoyar cada una de las aventuras que emprendo.

ÍNDICE

	Página
1. Introducción	1
2. Objetivos	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Específicos	3
3. Revisión Bibliográfica	4
3.1 Cuenca Hidrográfica	4
3.2 Escorrentía	6
3.3 Hidrograma de Crecida	7
3.4 Componentes del Hidrograma	8
3.5 Curva de agotamiento del hidrograma	10
3.6 Inicio de la curva de aportación subterránea o de agotamiento (Q ₀)	12
3.6.1 Separación de los componentes del flujo	13
3.7 Capacidad de almacenamiento	15
3.8 Modelos matemáticos de simulación hidrológica	16
3.8.1 Etapas en la elaboración de un modelo matemático	16
3.8.2 Modelos matemáticos de curvas de agotamiento	17
3.9 Antecedentes generales de la zona en estudio	18
4. Metodología	21
4.1 Fases metodológicas	21
4.1.1 Revisión Bibliográfica	21
4.1.2 Selección de la Estación	21
4.1.3 Información preliminar básica	22
4.1.4 Construcción de los hidrogramas	22
4.1.5 Selección de las curvas de bajada y determinación de los puntos de quiebre	23
4.1.6 Determinación del inicio de la curva de aportación subterránea o de agotamiento (Q ₀)	23
4.1.7 Modelos matemáticos empleados	24
4.1.8 Validación de los modelos	27
4.1.9 Almacenamiento de la cuenca	28
4.1.10 Presentación de resultados	30
4.1.11 Discusión de resultados	30
4.1.12 Conclusiones y recomendaciones	30
4.2 Materiales y equipos	31

5.	Presentación de Resultados	32
5.1	Selección de las crecidas y determinación de los parámetros requeridos	32
5.2	Validación de los modelos	42
5.2.1	Análisis estadístico	42
5.2.1.1	Coefficiente de Determinación (R^2)	42
5.2.1.2	Error Estándar de Estimación (E.E.E.)	49
5.2.1.3	Prueba U de Mann-Whitney	56
5.3	Almacenamiento de la cuenca	81
6.	Análisis y Discusión de los Resultados	88
6.1	Análisis de los resultados	88
6.1.1	Análisis de las crecidas seleccionadas	88
6.2	Análisis de los resultados bajo el planteamiento original y planteamiento modificado	88
6.3	Análisis de los parámetros de los modelos involucrados	89
6.3.1	Coefficiente de agotamiento (α).	89
6.3.2	Coefficiente adimensional "n" del modelo Exponencial 2	92
6.4	Análisis de la validación de los modelos involucrados	93
6.4.1	Coefficiente de Determinación (R^2)	94
6.4.2	Error Estándar de Estimación	95
6.4.3	Prueba U de Mann-Whitney	98
6.5	Capacidad de Almacenamiento	102
6.6	Comparación con otro Estudio de Modelación de Caudales Recesivos	104
7	Conclusiones y Recomendaciones	107
	Bibliografía	110
	Anexos	113
I	Red de Estaciones Fluviométrica y Pluviométricas en la cuenca del Mataquito, VII Región. Chile.	
II	Curvas de Descarga para la Estación Estero Upeo en Upeo.	
III	Coefficiente de Determinación (R^2).	
IV	Prueba U de Mann-Whitney para muestras pequeñas $n < 25$ y para muestras grandes $n > 25$.	
V	Error Estándar de Estimación.	
	Apéndice	127
	Tablas y representaciones gráficas de los caudales Observados y Modelados para el modelo Potencial bajo la condición original.	

RESUMEN

Este estudio tuvo como finalidad la estimación de los caudales recesivos provenientes de aguas subterráneas y la capacidad de almacenamiento de la cuenca del estero Upeo, VII Región, Chile. La información de los hidrogramas respectivos, fue aportada por la Dirección General de Aguas y corresponde a la estación Estero Upeo, en Upeo.

Se ajustaron y evaluaron dos modelos exponenciales ($Q(t) = Q_0 e^{-\alpha (t - t_0)}$); $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha (t - t_0)^n}$ y uno Potencial ($Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2}$), donde Q_0 es el caudal inicial; α el coeficiente de agotamiento o recesión; n el parámetro específico y t tiempos. Los ajustes consistieron en la determinación de los coeficientes de agotamiento a partir de los lapsos de ajuste de 10, 15, 20, 24 y 48 horas. Determinó el caudal recesivo inicial Q_0 , bajo dos planteamientos; uno original (2° punto de quiebre de la cueva de bajada) y uno modificado (3° punto de quiebre). La evaluación y selección se realizó a partir de las predicciones hechas por los modelos, y los valores modelados se contrastaron con los reales, utilizando para ello el coeficiente de determinación, la prueba U de Mann-Whitney y el error estándar de estimación.

De los modelos estudiados, ninguno presentó buena calidad de ajuste, aunque lo más adecuado sería utilizar el modelo potencial. Asimismo, cabe destacar los mejores resultados que obtuvo el planteamiento modificado en la estimación de caudales subterráneos

Finalmente, se recomienda estudiar nuevos modelos que puedan dar mejor cuenta del comportamiento de los caudales recesivos en la cuenca del Estero Upeo.

SUMMARY

The purpose of this study is the estimation of recessive flow coming from underground waters and the storage capacity of estuary Upeo basin, in the 7th Region , Chile. The corresponding hydrograph information was distributed by the Water Headquarter and Estuary Upeo station , in Upeo.

They evaluated and adjusted two exponential models, ($Q(t) = Q_0 e^{-\alpha(t - t_0)}$; $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha(t - t_0)^n}$) and one potential ($Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2}$) , where Q_0 is the initial flow; α the depletion or recession coefficient; n the specific parameter and t time. The adjustment consisted in determining the depletion coefficient from the adjustment spaces of 10, 15, 20 , 24 and 48 hours. The recessive initial flow was determined by two expositions (reports) ; the original one (2nd failing point of the falling curve) and one modified by (3rd failing point) . Evaluation and Selection were based on model prophecies The model values were compared with the real ones. The determinig coefficient , Test of U Mann-Whitney and the standard error estimation were used for this purpose.

None of the studied models presented a good adjustment quality, although the most suitable would be the potential model. At the same time, it is necessary to emphasize the best results obtained by the modified exposition in the estimation of underground flows.

Finally, the study of new models is recommended, this could show better behavior of recessive flows in the Estuary Upeo Basin.

1.- INTRODUCCIÓN

El agua es la sustancia más abundante en la Tierra, siendo el principal constituyente de todos los seres vivos y una de las fuerzas que constantemente está cambiando la superficie terrestre (Chow *et al*, 1998).

Según Fetter (1994), del total del agua del mundo, un 97,2% pertenece a los océanos, seguidos por los glaciares con un 2,14%. El agua subterránea corresponde a sólo un 0,61% de ese total y las aguas superficiales representan apenas un 0,0009%. El agua subterránea corresponde al 98% del agua potable disponible en la Tierra.

Surge, de este modo, la necesidad de cuantificar y almacenar el agua en épocas húmedas para su utilización en los períodos de estiaje o de sequía. Por ello, los modelos de simulación matemática son instrumentos de análisis para la mejor comprensión de las condiciones hidrológicas de una cierta área de estudio, y para prever situaciones futuras, partiendo de una situación real y presente.

En este marco, Estrela (1992) señala que los modelos matemáticos para estimar caudales recesivos, constituyen una forma válida para resolver los problemas hídrico-teóricos y además, son los que tienen un mayor sentido físico hidrológico.

Así, el hidrograma es la representación gráfica de alguna característica de la escorrentía o caudal a lo largo del tiempo en una estación específica. En él se puede apreciar una curva de crecida, una curva de bajada y una curva recesiva o de agotamiento.

Caro (2001), citando a Guzmán (1994), plantea que si se conoce la forma de la curva de recesión del hidrograma, se puede calcular el flujo de corrientes durante períodos de sequía o de estiaje.

Esta curva señala la disminución gradual del caudal de una corriente de agua, cuando ha cesado la esorrentía total. Sin embargo, en muchas hoyas hidrográficas, esta curva representa una característica bien definida del aporte de aguas subterráneas al caudal total, pero existen algunos casos en los cuales no se puede encontrar una ley general que permita expresar la curva de agotamiento en forma matemática y es necesario hacer una serie de aproximaciones que simplifiquen el problema, sacrificando en gran parte la precisión de los resultados. Sin embargo, Guzmán (1994), citando a Todd (1973), plantea que los análisis de hidrogramas de varios investigadores (Barnes, B; Crundy, F; Riggs, H; y Troxell, H), han demostrado que la ecuación empírica $Q = Q_0 * e^{-\alpha t}$, da una aproximación de la curva de recesión. La descarga al cabo de un tiempo “ t ” viene medida por el caudal Q_t y Q_0 , donde este último valor corresponde a la descarga inicial, en tanto α es una constante que depende de las características de la cuenca.

En el marco señalado, se propone modelar los caudales recesivos en la microcuenca del Lontué, tomando como punto de aforo a la Estación Estero Upeo, en Upeo, ubicada en la precordillera andina, VII Región de Chile.

2.- OBJETIVOS

2.1.- Objetivo General.

Contribuir al conocimiento del comportamiento de las curvas recesivas o de agotamiento y las funciones matemáticas que las expresan, en la cuenca del Lontué, Estación Estero Upeo en Upeo, ubicada en la precordillera andina, VII Región de Chile.

2.2.- Objetivos Específicos.

- Determinar la capacidad de modelación de tres modelos de caudales recesivos, a saber, dos modelos exponenciales y un modelo potencial.

- Establecer un análisis comparativo entre los coeficientes de agotamiento de los estudios desarrollados por Caro (2001), en la cordillera de la costa, cuenca del Río Purapel, estación Nirivilo, VII Región de Chile y la cuenca del Lontué, Estación Estero Upeo en Upeo, ubicada en la precordillera andina, VII Región de Chile.

3.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1.- Cuenca hidrográfica.

La cuenca hidrográfica es la unidad territorial formada por un río con sus afluentes y por un área colectora de las aguas. En ella, están contenidos los recursos naturales básicos para las múltiples actividades humanas como el agua, el suelo, la vegetación y la fauna.

Newson (1983), señala que en los estudios del medio físico, a diferencia de la planificación hidrológica, la cuenca como expresión territorial del sistema ambiental “es la unidad superficial donde la precipitación es redistribuida en cada uno de los componentes del ciclo hidrológico”.

Para los estudios del ciclo hidrológico en el continente, la cuenca hidrográfica es la unidad de estudio de la ciencia hidrológica. Ésta se define como la ecuación hidrológica que sigue la ley de conservación de masa, demostrada simplificada por la siguiente ecuación (Fetter, 1994).

$$I = O \pm S$$

donde,

$$(I) \text{ Entrada} = (O) \text{ salidas} \pm (S) \text{ cambios en el almacenamiento}$$

El mismo autor sugiere que las entradas de agua pueden corresponder a la precipitación, la escorrentía superficial y el flujo de aguas subterráneas que entran en la cuenca. Las salidas estarían determinadas por la evapotranspiración, la evaporación de los cuerpos de agua, la escorrentía de aguas superficiales y las salidas de aguas subterráneas. Los cambios en el almacenamiento son determinados por el agua de drenaje, los ríos y lagos, las represas y el almacenamiento temporal.

Para Todd (1980), la línea de contorno de una cuenca no es clara ni única, pues pueden existir dos líneas de divorcio: una para las aguas superficiales, que sería la topográfica, y otra, para las aguas subsuperficiales, línea que sería en función de los perfiles de la estructura geológica, fundamentalmente definida por los pisos impermeables.

Según Newson (1993), el agua almacenada en las cuencas hidrográficas comprende a las aguas superficiales almacenadas sobre la superficie de la cuenca; el agua subsuperficial almacenada en el suelo, en la zona no saturada; y las aguas subterráneas.

El régimen de caudales de una corriente de agua en un período determinado, es el único término del balance hidrológico de una cuenca que puede ser medido, directamente, con buena precisión. Los otros elementos, como las precipitaciones, pueden ser estimados a partir de mediciones observadas en distintos puntos de la cuenca o deducidos a través de fórmulas hidrológicas (Remenieras, 1971).

Según Raghunath (1987), el caudal se define como el volumen de agua que atraviesa la sección del cauce en un período de tiempo determinado y se expresa en m^3/s ó l/s . Además, el mismo autor propone que los componentes del caudal son de los siguientes tipos: escorrentía superficial (flujo superficial), escorrentía subsuperficial (interflujo), escorrentía subterránea (flujo base) y la precipitación que cae sobre el cauce (sin contactar ni entrar en el suelo).

3.2.-Escorrentía.

El término escorrentía (runoff) es generalmente considerado como un sinónimo de aportación de un río (David y De Wiest, 1971).

De igual manera, Aparicio (1997) define escurrimiento como el agua que proviene de la circulación sobre o bajo la superficie terrestre, la que llega a una corriente para que, finalmente, sea drenada hasta la salida de la cuenca.

Caro (2001), citando a Rodríguez (1974), señala que una parte de las precipitaciones totales caídas sobre una cuenca no llega nunca a un río, ya que a través del tiempo ésta se pierde por diferentes fenómenos naturales como la transpiración de las plantas, la evaporación a partir de la humedad del suelo, lagos, embalses, etc. Además, otra parte se infiltra para pasar a incrementar la napa de agua subterránea que llega al río de forma retardada en diferentes puntos del cauce, pasando a formar parte del caudal del río durante el período de estiaje, varios días, semanas o meses después de las lluvias.

Asimismo, Aparicio (1997) plantea que el agua proveniente de la precipitación que llega hasta la superficie terrestre, una vez que parte de ella ha sido interceptada y evaporada, sigue diferentes caminos hasta la salida de la cuenca. Conviene dividir estos caminos en tres clases: escurrimiento superficial, escurrimiento subsuperficial y escurrimiento subterráneo.

De acuerdo a esto, el mismo autor postula que el escurrimiento superficial corresponde al flujo sobre el terreno junto con el escurrimiento en corrientes, siendo además, la parte del escurrimiento que llega más rápido a la salida de la cuenca; el escurrimiento subsuperficial corresponde a una parte de la precipitación que se infiltra y escurre cerca de la superficie del suelo y más o menos paralelamente a él, y finalmente, el escurrimiento subterráneo corresponde a la otra parte de las precipitaciones, que se infiltra hasta niveles inferiores al freático, siendo de esta manera, la más lenta en llegar hasta la salida de la cuenca.

Otros autores como Todd (1980), definen la escorrentía superficial como la parte de la precipitación que discurre por los cauces. Su formación está condicionada por la cantidad de lluvia recibida y por el umbral de escorrentía (P_o) a partir del cual se inicia. El valor de este parámetro (P_o) está ligado a las características intrínsecas del suelo, además de otros factores como son la pendiente, el tipo de uso asociado a éste, la densidad y el tipo de cobertura vegetal.

En este marco, Caro (2001), citando a Rodríguez (1976), plantea que hacer una distinción de los tres tipos de escurrimiento es ciertamente difícil, ya que no se pueden determinar en forma exacta los límites de cada uno de ellos, e incluso puede suceder que el agua comience como escurrimiento superficial, se infiltre y fluya en el subsuelo, para llegar al cauce escurriendo en forma superficial nuevamente.

3.3. - Hidrograma de crecida.

La aportación de una cuenca se puede representar, comúnmente, en forma de hidrograma. Éste corresponde a una curva que representa las oscilaciones en función del tiempo, del nivel de agua de un río y para una sección dada del mismo (David y De Wiest, 1971).

En efecto, el hidrograma es una expresión integral de las características fisiográficas y climáticas que rigen las restricciones entre la lluvia y la escorrentía de una cuenca de drenaje particular, según Chow (1959), citado por Chow *et al* (1998).

Del mismo modo, Bedient y Huber (2002) señalan que la forma de un hidrograma es determinada, principalmente, por la escorrentía superficial, la escorrentía subsuperficial (de rápida aparición), las aguas subterráneas (caudal base) y el canal de precipitación. Sin embargo, esto resulta principalmente de una combinación de condiciones fisiográficas y

meteorológicas en una cuenca, lo cual representa el efecto integrado del clima, las pérdidas hidrológicas, la escorrentía superficial, el caudal afluente y el flujo de aguas subterráneas.

En este contexto, un hidrograma es un elemento primordial para definir el comportamiento hidrológico, en el cual se reflejan las aguas provenientes de la escorrentía superficial y subterránea (Pizarro *et al* 1991).

3.4. - Componentes del hidrograma.

Específicamente, el hidrograma típico resultante de un período aislado de lluvia consta de una rama ascendente, un segmento de cresta y una rama descendente o recesión (Linsley *et al* 1988).

Sin embargo, Fetter (1994) sugiere que un hidrograma puede presentar picos múltiples debido a posibles aumentos en la intensidad de lluvia, a una sucesión continua de lluvias o a un asincronismo de los componentes del flujo.

Por otra parte, la forma de la rama ascendente está influenciada, principalmente, por las características de la lluvia que causa la escorrentía (Linsley *et al* 1988).

El pico del hidrograma o máximo valor del caudal, representa la máxima concentración de escorrentía proveniente de la cuenca y ocurre, por lo general, después que la lluvia ha terminado (Fetter, 1994).

El segmento de recesión de la rama descendente, está representado por la parte del hidrograma no influenciado por la escorrentía de las aguas superficiales e hipodérmicas, siendo el caudal, por lo tanto, de procedencia subterránea (Cirugeda, 1985).

Del mismo modo, Bedient y Huber (2002) aseveran que la inclinación de la rama ascendente del hidrograma es determinada por la intensidad de la tormenta; junto con ello,

el punto de inflexión en la rama descendente, generalmente marca el tiempo en el cual el caudal afluente cesa y el agua es después aislada para el almacenamiento de la cuenca.

Según Fetter (1994), la separación de los componentes del hidrograma, tiene como objetivo definir los parámetros de la escorrentía superficial, la escorrentía subsuperficial y la escorrentía subterránea.

Las técnicas de separación de los diferentes componentes del hidrograma, son siempre aproximadas; conceptualmente se puede decir que el inicio de la escorrentía superficial viene a ser representado en el hidrograma (figura 1), por el punto de la rama ascendente (llamada curva de concentración) donde se produce un cambio brusco de pendiente simbolizado por el punto "A". El punto "B" supone la transición de la curva de descenso a la curva final del hidrograma denominada curva de agotamiento o recesión (punto D), y el pico del hidrograma o máximo del caudal del hidrograma (punto C), corresponde al valor máximo del caudal en la sección de salida de la cuenca (TRAGSA, 1994).

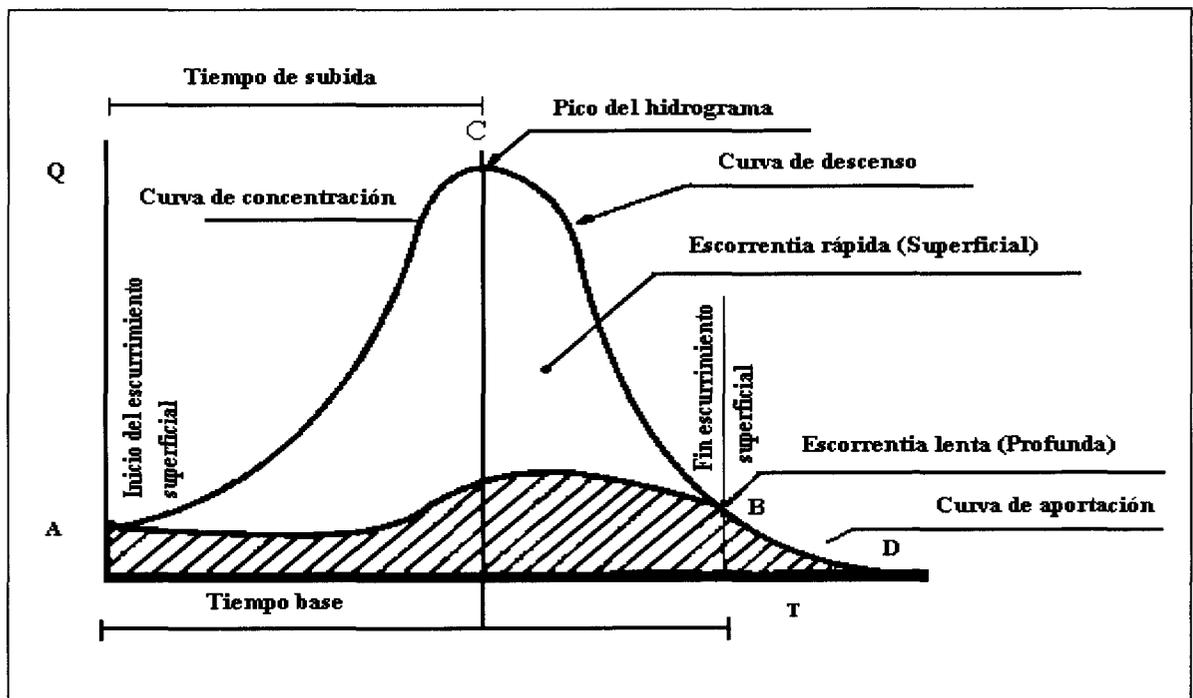


Figura 1: Componentes del hidrograma (TRAGSA, 1994).

3.5. - Curva de Agotamiento del Hidrograma.

Caro, (2001), citando a Vilaró (1976), plantea que pasando la punta del hidrograma, se inicia la curva de bajada o descenso, que en un principio se debe al aporte de las tres escorrentías anteriormente mencionadas. Pasado un cierto tiempo, se anulan las escorrentías superficiales y después las subsuperficiales, quedando el caudal reducido a los aportes recibidos exclusivamente por la escorrentía subterránea. Entonces recibe el nombre de curva de agotamiento o recesiva.

El segmento de recesión, tramo BD en la figura 2, representa el flujo de la corriente debido a la liberación de todos los almacenamientos que se han generado en la cuenca, a causa de las lluvias anteriores. Se puede afirmar entonces que el segmento de recesión es más o menos independiente de los factores climáticos que afectan a la escorrentía, pero fuertemente dependiente de los fisiográficos. Así, esta curva señala la disminución gradual del caudal de una corriente de agua, cuando ha cesado la escorrentía total (Bedient y Huber, 2002).

Para efectos prácticos, el mismo autor sugiere que la curva de recesión puede ser usada para estimar caudales mínimos asociados a un período de retorno determinado, así como también, estimar el potencial de aguas subterráneas en una cuenca y como herramienta para hacer en ella el balance de aguas.

Según Cirugeda (1985), los ríos que no se agotan en períodos de estiaje, presentan una curva de agotamiento que tiende a aproximarse a un caudal mínimo, que usualmente es denominado caudal base o flot de base.

Para Fetter (1994), el caudal base es el caudal mantenido en los afluentes por la escorrentía subsuperficial o escurrimiento de aguas subterráneas, dependiendo en gran parte, de las condiciones litológicas y estructurales de los suelos de la cuenca.

Remenieras (1971), propone que la curva de descenso es la única parte del hidrograma que puede ser aproximadamente bien representada por una ecuación general aplicable a todos los aguaceros que caen en una misma cuenca.

De acuerdo a esto, el mismo autor explica que la curva de descenso del hidrograma puede ser representada por una función exponencial de la forma $Q_t = Q_0 * e^{-\alpha t}$ (1), que da el caudal Q_t en el instante “ t “ en función del caudal Q_0 en un instante “ t_0 “ anterior y arbitrario, tomado como origen; e, corresponde al coeficiente neperiano y donde α es un coeficiente de descenso.

En este marco, Pizarro y Saavedra (1991), proponen un método de resolución matemático y de comprensión conceptual, para la estimación de la curva de agotamiento, el cual se desarrolla como sigue:

Se sabe que $dQ / dt < 0$; donde $Q =$ caudal ; $t =$ tiempo.

Si se asume que la variación del caudal en el tiempo, es proporcional al mismo caudal, queda lo siguiente: $dQ / dt = - \alpha Q$ (i) ; donde $\alpha =$ constante de proporcionalidad.

Operando queda; $dQ / Q = - \alpha dt$ (ii)

Se sabe además que cuando $Q = Q_0$, se define que $t = t_0$, e integrando (ii) entre los límites t y t_0 , se obtiene una exponencial negativa la cual representa la curva de agotamiento, lo cual queda como sigue:

$$Q_t = Q_0 * e^{-\alpha t} \quad \text{(iii)}$$

Donde α es una constante de la curva, que se define como coeficiente de agotamiento.

Según Fetter (1994), el coeficiente de agotamiento (α) es el volumen de agua que una unidad permeable absorbe o transmite del reservorio, por unidad de área y por unidad de cambio en la carga hidráulica, siendo adimensional.

Resulta así, que la fórmula teórica de la curva recesiva es una exponencial negativa, que en papel semilogarítmico queda representada por una recta. Con esto, la determinación de los parámetros se hace con facilidad, apoyándose en los caudales medios diarios, siempre que se pueda asimilar la curva de agotamiento a la teórica (Cirugeda, 1985).

3.6.- Inicio de la curva de aportación subterránea o de agotamiento (Qo).

Debido a que el escurrimiento directo proviene de la precipitación, casi siempre aporta un componente del gasto total del hidrograma mucho mayor que el que genera el escurrimiento base (aguas subterráneas). Por otra parte, el escurrimiento base está formado normalmente por aguas provenientes de varias tormentas que ocurrieron antes de la considerada y es muy difícil determinar a cuáles pertenecen (Aparicio, 1997).

Bedient y Huber (2002), señalan que usualmente se considera al flujo total del caudal representado en un hidrograma, como un elemento que puede ser dividido en dos partes: escorrentía directa (aguas superficiales) y caudal base, formado principalmente por las contribuciones hechas por las aguas subterráneas y otros componentes.

La división de un hidrograma en sus componentes (escorrentía directa y caudal base), se conoce como separación de hidrogramas o análisis del hidrograma, basado en el análisis de la curva de recesión de aguas subterráneas (Linsley *et al* 1988).

3.6.1.- Separación de los componentes del flujo.

Aparicio (1997), propone determinar una curva tipo de vaciado del escurrimiento base, analizando varios hidrogramas y seleccionando aquellos tramos en que sólo exista escurrimiento base (figura 2). Los tramos seleccionados se dibujan en papel semilogarítmico, de manera que sus extremos inferiores sean tangentes a una línea (figura 3).

Si uno de los tramos seleccionados está formado por escurrimiento directo, se nota de inmediato que no es tangente de dicha línea. La línea resultante se llama curva de vaciado del gasto base o *curva maestra*.

El inicio de la curva recesiva del hidrograma, se localiza superponiendo a la misma escala y dibujada en papel aritmético, la curva de vaciado o maestra y la curva de descarga del hidrograma (figura 4). El punto de inicio de la curva recesiva se encuentra entonces, donde ambas líneas se superan; ésto queda representado por el punto "b" de la figura 3.

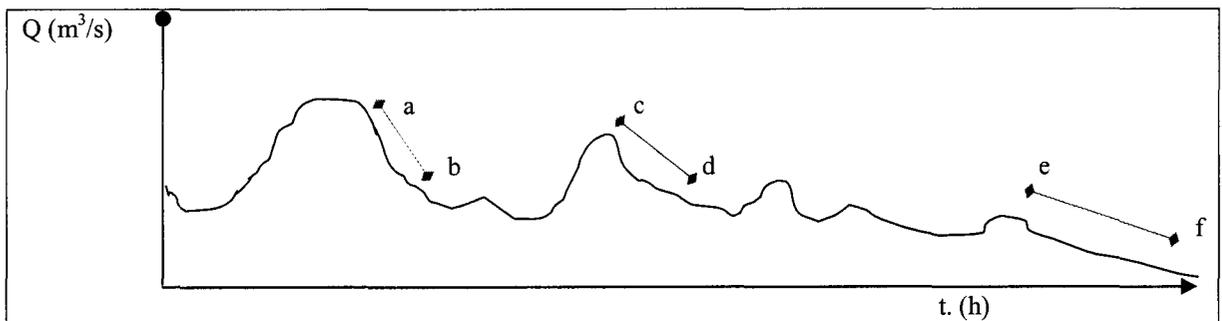


Figura 2: Hidrograma de escorrentías superficial y subterránea.

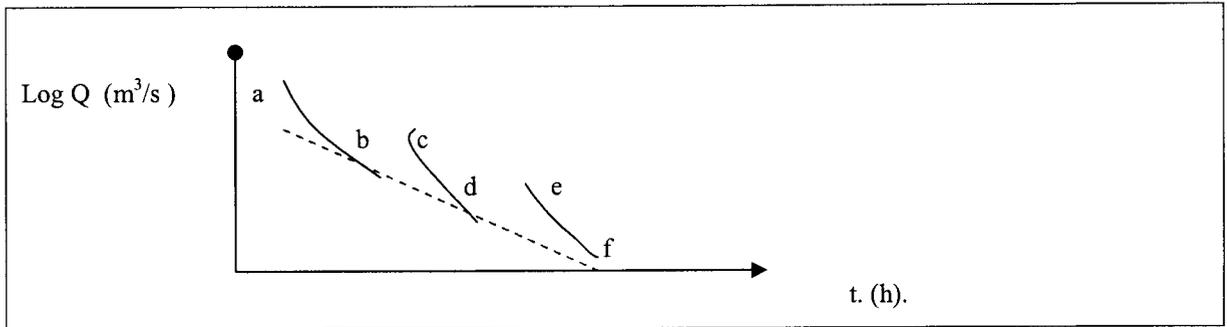


Figura 3: Curva de vaciado del gasto base.

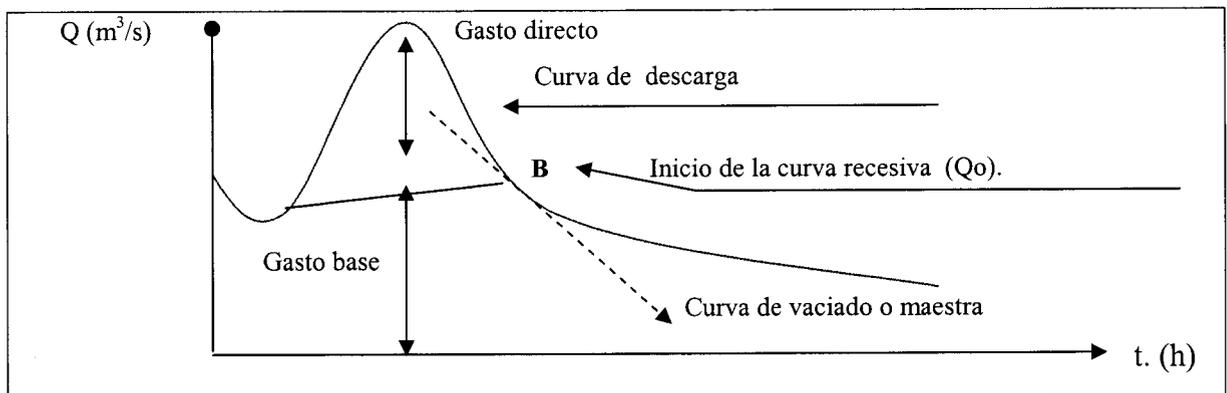


Figura 4: Superposición de la curva de vaciado y la curva recesiva del hidrograma.

Pizarro (1993), afirma que el inicio de la curva de aportación exclusiva de aguas subterráneas, se determina teóricamente, al graficar el log Q (caudal) v/s t (tiempo) de la curva de bajada del hidrograma.

La determinación del inicio de la curva recesiva (Qo), viene determinada por el segundo punto de quiebre de dicha curva, con lo cual se marca el inicio de la generación de caudales recesivos que provienen exclusivamente de aguas subterráneas. Además, el valor del inicio de la curva de aportación exclusiva de aguas subterráneas, es el parámetro Qo de los modelos planteados en este estudio.

Dado que no existe una base real para la división entre la escorrentía directa y el aporte de aguas subterráneas en el caudal de una corriente en un instante cualquiera, y puesto que las definiciones de estos componentes son relativamente arbitrarias, el método usual de separación es igualmente arbitrario (Linsley *et al* 1988).

3.7. - Capacidad de almacenamiento.

Derivado que las precipitaciones suministran la mayor parte de las aportaciones a los ríos en épocas en las que suelen ser menos requeridas, al no coincidir normalmente con los periodos en los que las demandas alcanzan sus máximos valores, surge la necesidad de almacenar el agua en épocas húmedas, para su utilización en periodos de estiaje o sequía (Ministerio de Medio Ambiente de España, 1995).

Cirugeda (1985), plantea que el cálculo del volumen anual de aguas de procedencia subterránea, puede ser obtenido a partir del hidrograma cuando son separados los períodos secos de los más lluviosos. En los primeros, la curva de agotamiento coincide con el hidrograma, por consiguiente, su volumen es de aguas de procedencia subterránea, y se puede obtener planimetrando o integrando la formula matemática que se ajuste mejor.

Del mismo modo, Remenieras (1971) señala que, una vez que se ha determinado la expresión de la curva de agotamiento, también llamada curva de Millet, es posible representar el volumen del agua subterránea almacenada en la cuenca, por medio de su integral (calculada entre $t_0 = 0$ e infinito.)

$$\text{Así,} \quad V = \int_{t_0}^{\infty} Q_t dt = \int_0^{\infty} Q_t * e^{-\alpha t} dt = Q_0 / \alpha$$

Esta expresión entrega aproximadamente el volumen de agua “ V ” almacenado en las reservas subterráneas de la cuenca, desde el instante 0 escogido como origen. Además, puede ser considerado como un estimador por defecto, teniendo en cuenta las pérdidas por evaporación.

Bedient y Huber (2002), explican que si el flujo de aguas subterráneas es hacia el río durante períodos de aguas caídas, el flujo de aguas es llamado efluente. En cambio, si el flujo es desde el río al sistema de aguas subterráneas, como es en condiciones de sequía, el flujo es llamado afluente.

3.8. - Modelos matemáticos de simulación hidrológica.

Un modelo es la representación simplificada, bajo una forma física o matemática, de un sistema complejo en el cual las respuestas producidas por una serie de sollicitaciones externas, son difícilmente predecibles a causa del gran número de factores que entran en juego (Llamas, 1993)

3.8.1.- Etapas en la elaboración de un modelo matemático.

Según Llamas (1993), el desarrollo de un modelo matemático debe hacerse respetando el camino establecido por las siguientes etapas: identificación, calibración, validación y límites de aplicación.

- *Identificación*, corresponde al análisis de la estructura del modelo y de los lazos internos entre sus elementos. En esta etapa se define el número de variables y se establecen las hipótesis simplificadoras en función de los objetivos y de la precisión esperada de los resultados.
- *Calibración*, etapa en la cual se evalúan y estiman los parámetros del modelo con criterios deductivos y con la ayuda de observaciones anteriores sobre las sollicitaciones y respuestas.

- *Validación*, consiste en comparar una respuesta teórica obtenida mediante una sollicitación experimental, a través de la imagen **S** del sistema modelado, con esta misma respuesta obtenida por observaciones directas.
- *Límites de aplicación*, que contempla la especificación clara del cuadro en el cual ha sido elaborado el modelo, así como sus objetivos (fundamentales, secundarios, marginales, etc.). Con esta información, el usuario podrá conocer el campo de aplicación real y los límites físicos o analíticos fuera de los cuales el modelo puede resultar arriesgado o inadecuado.

Farías (2002), plantea que dentro de las etapas mencionadas anteriormente, la calibración y la validación pueden corresponder a las etapas más importantes dentro de la elaboración de un modelo matemático.

3.8.2.- Modelos matemáticos de curvas de agotamiento.

Adicionalmente a la función exponencial de la forma $Q_t = Q_0 * e^{-\alpha t}$ (1), citada por Remenieras (1971), Cirugeda (1985) plantea dos tipos de fórmulas a considerar -otra exponencial y una nueva potencial- según el tipo de acuífero que se esté estudiando; sin embargo, en algunas cuencas receptoras puede ser la combinación de ambas.

A pesar de ello, el mismo autor propone que en general en terrenos poco permeables, suelen ser más precisos los modelos exponenciales, a diferencia de los terrenos muy permeables, en que suelen ajustarse mejor los modelos potenciales.

Por lo anterior, se presenta un modelo potencial y un segundo modelo exponencial aparte del ya citado, para la modelación matemática de caudales recesivos:

Modelo exponencial:

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t^n} \quad (2)$$

Con:

Q_t = caudal ($m^3/s.$)

Q_0 = caudal del origen en el tiempo t_0 de la curva de agotamiento ($m^3/s.$)

α = coeficiente de agotamiento

t = tiempo (h.)

n = parámetro desconocido

Asimismo, se puede trabajar con el siguiente modelo potencial.

Modelo potencial:

$$Q_t = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2} \quad (3)$$

3.9.- Antecedentes generales de la zona de estudio.

El lugar de estudio corresponde a la cuenca del Lontué la cual abarca una superficie de 2.784 km^2 , sobre los 6.486 km^2 del total de la cuenca del Mataquito, a la cual pertenece.

El punto de aforo está determinado por la estación Fluviométrica Estero Upeo en Upeo en la coordenadas geográficas, $35^\circ 10' 23''$ de Latitud Sur y $71^\circ 05' 28''$ de Longitud Oeste (MOP, 2000).

La división administrativa de la subcuenca del Lontué recae sobre la provincia de Curicó, contemplando las comunas de Curicó, Romeral, Molina y Sagrada Familia.

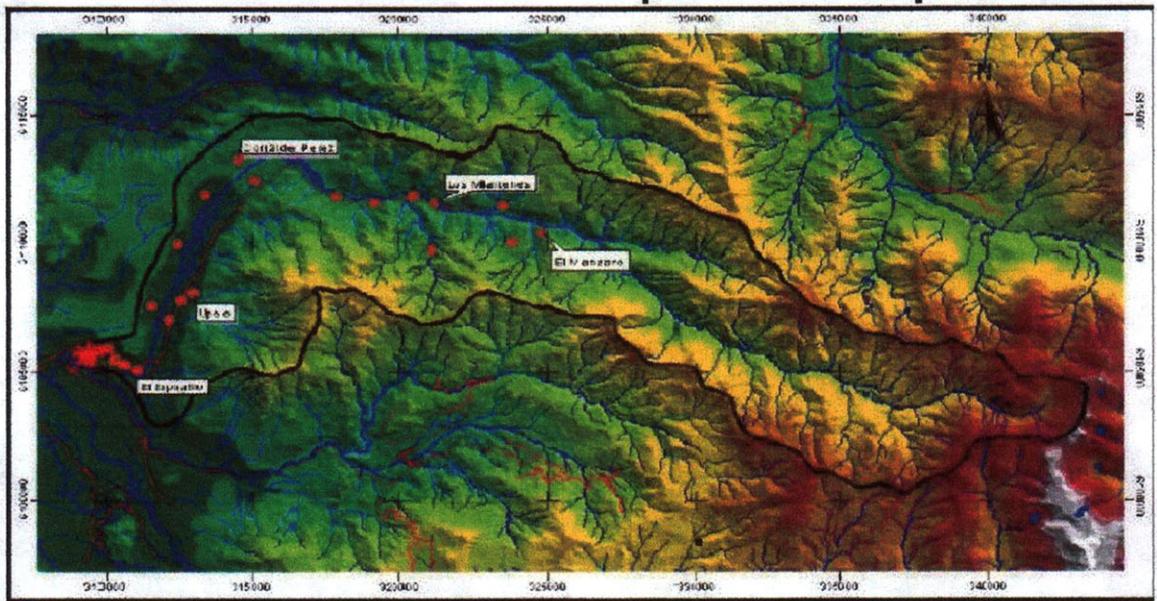
Por otra parte, el Ministerio de Obras Públicas, (2000), señala que la cuenca de Lontué se caracteriza por ser un régimen hidrológico de origen mixto tipo nivel pluvial, con una precipitación de 1.800 mm/año. Además, la hoya hidrográfica de Lontué, está formada de la unión de los ríos Colorado y Palos.

El principal afluente de la cuenca del Lontué es el río Colorado, mientras que recibe aportes de cierta importancia a la entrada del valle, de los esteros Upeo y Chequenlemo.

MOP (2000), señala que el río Lontué transporta un caudal medio de 78.9 m³/s. Las mediciones de estos caudales son realizadas en la Estación Fluviométrica de Río Colorado, antes de la junta Río Palos; y en la estación Río Palos, antes de la junta con Río Colorado, registrándose valores mínimos del orden de 50,92 m³/s.

En cuanto a los recursos subterráneos disponibles en la zona del Lontué, éstos son del orden de 5,9 m³/s, y son susceptibles de ser explotados en forma sustentable (MOP, 2000).

Estación "Estero Upeo" en Upeo

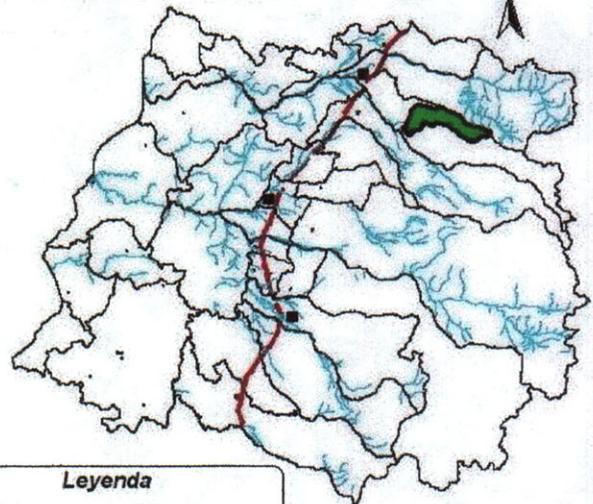


E: 250.000

Leyenda "Estación Upeo"

-  Estación Estero Upeo en Upeo.
-  Localidades
-  Caminos
-  Red Hídrica
-  Microcuenca Estero Upeo

Plano de Ubicación



Leyenda

-  Red Hídrica.
-  Ruta 5 Sur.
-  Límites comunales.
-  Ciudades
-  Microcuenca Estero Upeo

Escala 1:3.000.000

Figura 5: Croquis de ubicación de la cuenca del Río Lontué, VII Región de Maule.

4.- METODOLOGÍA

4.1. – Fases Metodológicas.

4.1.1. - Revisión Bibliográfica.

Esta primera etapa fue orientada a la búsqueda de información disponible, referente a los temas hidrológicos y particularmente a los caudales recesivos, además de las características necesarias de los modelos a desarrollar y a analizar. De igual forma se analizaron estudios previos realizados por terceros.

Dicha recopilación se efectuó sobre la base de información localizada en Internet y textos especializados en hidrología, los cuales han sido elaborados, en su gran mayoría, por autores extranjeros, lo cual pone de manifiesto la falta de trabajos desarrollados en el ámbito nacional y referidos al tema de estudio.

4.1.2. - Selección de la Estación

La información hidrológica de la cuenca del Mataquito y de sus subcuencas, se recoge a través de una red de 14 estaciones, tanto fluviométricas como pluviométricas, pertenecientes a la Dirección General de Aguas, VII Región, que se detallan en el Anexo I,

Asociado a lo anterior, se plantea que la selección de la estación Estero Upeo en Upeo, subyace en el hecho que dicha estación presenta un régimen natural de caudal, el cual está siendo monitoreado por una estación fluviométrica, la cual cuenta con limnigrafos electrónicos (datalogger), con períodos de información suficientemente largos (1964 a la fecha), primordiales para este tipo de estudios.

En función de lo expuesto, se dispuso a la Estación Estero Upeo, en Upeo, como la base de información para el desarrollo de esta memoria.

4.1.3. - Información preliminar básica.

La información hidrológica requerida para el desarrollo de esta memoria, fue proporcionada en su totalidad, por la Dirección General de Aguas, VII Región.

La información facilitada, corresponde a la entrega de limnigramas y curvas de descarga de la estación mencionada, para el período comprendido entre los años hidrológicos 1982 - 1995, a partir de los cuales se pudo construir los respectivos hidrogramas.

4.1.4. – Construcción de los hidrogramas.

En base a las definiciones expuestas en la revisión bibliográfica, acerca del hidrograma y sus partes constituyentes, se procedió a la confección de los mismos; así, una vez preparada la información de entrada (altura de agua en metros), con respecto al tiempo (horas) extraída de los limnigramas, se determinó junto con la curva de descarga (Ver Anexo II), los caudales (m^3/s) de cada una de las crecidas escogidas, para intervalos horarios de tiempo, estableciendo así, los hidrogramas para este estudio.

4.1.5. – Selección de las curvas de bajada y determinación de los puntos de quiebre.

El criterio de selección de las crecidas o avenidas para este estudio, se argumenta en el hecho que los limnigramas deben presentar curvas de alturas de agua bien definidas, claras, sin crecidas intermedias entre eventos y un período de tiempo (días) de la curva de bajada, suficientemente largo.

En este sentido, se propuso como tiempo mínimo de selección, que la curva de bajada tuviese 7 días medidos como mínimo de hora en hora. De acuerdo a esto, era necesario contar con un mínimo de 168 horas o datos para la modelación.

Es importante señalar, que los puntos de inicio y término de la curva de bajada del limnigrama, estarán determinados por el valor más alto registrado en la curva de agua que, en este caso, puede corresponder al pico del hidrograma. Como término de ésta, se propone al punto donde la curva de bajada se haya estabilizado, gracias a que no existen variaciones significativas de las alturas de agua con respecto al tiempo.

En función de lo anterior, se consiguió seleccionar 27 crecidas desde los limnigramas, para el desarrollo de este estudio.

4.1.6.- Determinación del inicio de la curva de aportación subterránea o de agotamiento (Q_0).

El inicio de la curva de agotamiento (Q_0), se determinó de acuerdo a la metodología expuesta por Pizarro (1993), donde a partir del gráfico de logaritmo del caudal de la curva de bajada, con respecto al tiempo del hidrograma (gráfica semilogarítmica), se obtendría una línea recta con dos puntos de quiebre, donde el segundo punto corresponderá al valor de inicio de aportación exclusiva de aguas subterráneas, que se da en la coordenada $Q=Q_0$ y $t=t_0$, con Q :caudal en m^3/s y t :tiempo en horas (figura 6).

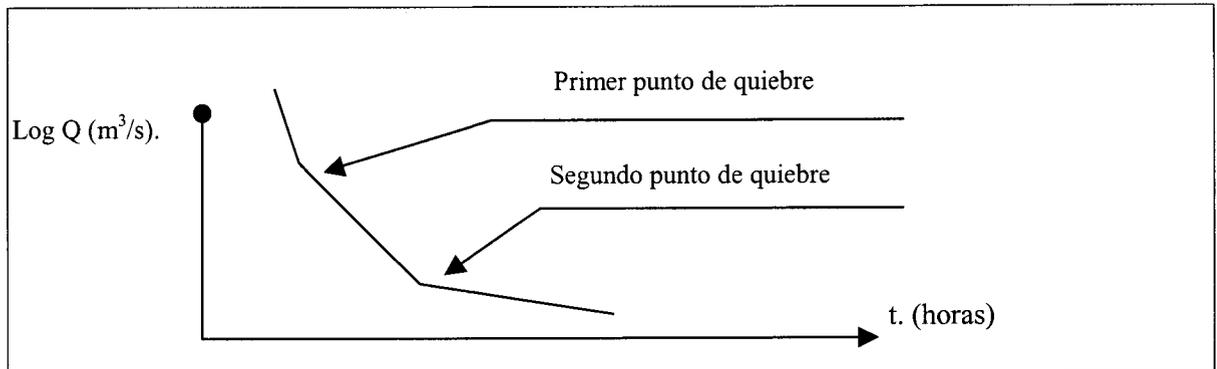


Figura 6: Gráfico del logaritmo del caudal v/s tiempo.

4.1.7. – Modelos matemáticos empleados.

Los modelos empleados consistieron en dos modelos exponenciales y uno potencial, en los cuales los parámetros involucrados corresponden al caudal inicial (Q_0), el coeficiente de agotamiento o recesión (α), el parámetro específico del modelo exponencial 2 (n) y a los tiempos t y t_0 , donde este último valor corresponde al tiempo inicial para la estimación de los modelos.

De acuerdo a esto, los modelos empleados son:

- Modelo Exponencial 1: $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha (t - t_0)}$
- Modelo Exponencial 2 : $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha * (t - t_0)^n}$
- Modelo Potencial : $Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2}$

A.- Determinación de los tiempos involucrados para el ajuste.

Los modelos expuestos, pueden ser calculados en sus parámetros, considerando una o dos coordenadas de la curva recesiva. Por ello, estas coordenadas pueden ser consideradas en distintos lapsos. Para este estudio, se consideraron los lapsos de 10 horas, 15 horas, 20 horas, 24 horas y 48 horas, para analizar en cuál de éstos se consigue una mejor calidad de ajuste y una mejor validación de los modelos; además se consideró el tiempo de duración total de cada tormenta. Esto se justifica porque los modelos dependen de un lapso para el ajuste del parámetro α . Así, se definen las siguientes coordenadas: para $t=10$, (t_0, Q_0) y (t_{10}, Q_{10}) , es decir, 10 hr después de obtenido el inicio de aportación exclusiva de aguas subterráneas (Q_0); y así sucesivamente para $t=15$ (t_0, Q_0) , $t=20$ (t_0, Q_0) , $t=24$ (t_0, Q_0) y $t=48$ (t_0, Q_0) .

La razón de este análisis, se basa en que existe la hipótesis que mientras mayor sea la cantidad de tiempo transcurrido desde la coordenada (t_0, Q_0) , el ajuste conseguido para cada modelo debería ser de mejor calidad. Por otra parte, si se incluye la totalidad de los datos obtenidos en el ajuste de cada modelo, dicho modelo debiese quedar con una mejor calidad de ajuste, pero la capacidad de predicción se anularía por la incorporación de toda la información disponible.

Por otra parte, lo anterior se realizó en base a lo expuesto por Pizarro, 1993; es decir, se considera la afluencia exclusiva de aguas subterráneas a partir del segundo punto de quiebre de la curva de bajada del hidrograma. Sin embargo, el mismo análisis se repitió con una variación de este planteamiento, cual fue el no considerar el segundo punto de quiebre, sino el tercero, lo que duplicó la cantidad de análisis a realizar, pero permitió obtener conclusiones más válidas.

B.- Determinación del coeficiente de agotamiento o recesión (α).

Una vez calculada la información de entrada para el inicio de la curva de agotamiento (Q_0), en cada una de las crecidas seleccionadas, y determinados los tiempos (t), a los cuales se pretende modelar los caudales subterráneos, es posible determinar el coeficiente de agotamiento o recesión.

El procedimiento llevado a cabo, consistió en determinar dos valores de caudales distintos en la curva recesiva del hidrograma, para un lapso de t horas distintos entre cada uno de ellos.

Sin embargo, con el fin de unificar criterios de selección de los caudales y los tiempos involucrados, se estableció que el valor " Q_0 " al tiempo " t_0 ", correspondía al punto de partida de todos los modelos formulados. De acuerdo a esto, sólo resta determinar el valor del caudal Q_t al tiempo " t " horas después del inicio del caudal Q_0 en el instante " t_0 ", elemento necesario para el ajuste del parámetro " α ".

El lapso de " t " horas planteado, corresponde al tiempo al cual se pretende modelar cada una de las curvas recesivas de cada uno de los modelos formulados. Como se señaló, los tiempos propuestos son 10, 15, 20, 24 y 48 horas después del inicio de la curva recesiva (Q_0). Por lo tanto, una vez despejado algebraicamente el parámetro " α ", se obtuvieron cinco valores para cada crecida y para cada uno de los modelos propuestos.

C.- Determinación del coeficiente adimensional “n”.

Para la determinación del coeficiente adimensional “n”, presente en el modelo exponencial 2, fue utilizada la metodología seguida por Caro (2001), la cual propone escoger dos valores de caudales distintos en la curva recesiva y en un lapso de “t” horas puntuales. Luego, se deben reemplazar los valores de caudal y tiempo en el modelo, para así construir un sistema de ecuaciones, desde donde se obtuvieron los valores de los parámetros desconocidos.

Asociado a lo anterior, se plantea que los caudales y los tiempos involucrados en el sistema de ecuaciones, son escogidos a partir de las cinco primeras horas después de iniciada la curva recesiva. Este valor puede ser considerado como el caudal inicial del sistema de ecuaciones, mientras que el caudal presente en el lapso de “t” horas ya planteado (10, 15, 20, 24 y 48 horas después del inicio de la curva recesiva), correspondería al caudal que permitiría completar el sistema.

4.1.8. - Validación de los modelos.

Después de la fase de ajuste de los modelos, se ejecutó un ensayo de verificación del mismo, con vistas a evaluar si los modelos mostraban una representatividad válida del sistema hidrogeológico estudiado, considerando para ello datos adicionales a los estudiados en la calibración.

En esta etapa de validación, fue necesario determinar cuál de los tres modelos se ajustó mejor a la realidad. De acuerdo a esto, se realizó el análisis estadístico respectivo para cada uno de los modelos propuestos. Este análisis estuvo destinado a verificar la calidad de los modelos utilizados, el cual se apoyó principalmente en pruebas estadísticas no paramétricas, o comúnmente conocidas como sin distribución, debido a que al observar la

distribución de los datos y al tratar de ajustarlos a una función de distribución, como la Normal u otra forma específica, no fue posible hacerlo. De acuerdo a esto, se utilizaron los siguientes indicadores y pruebas de bondad de ajuste:

- *Coefficiente de determinación (R^2)*, estadístico que pretende determinar qué proporción de la variación total de los caudales observados, son explicados por los caudales modelados. Su desarrollo se presenta en el Anexo III.
- *Prueba U de Mann-Whitney*, que corresponde a un test de comparación de medias muestrales, para muestras independientes, y que para el desarrollo de esta memoria fue aplicado a muestras grandes. Su hipótesis nula plantea que las dos muestras de datos, observados y simulados, provienen de la misma población; en tanto la alternativa, señala que las muestras no provienen de la misma población. Su desarrollo se presenta en el Anexo IV.
- *Error estándar de estimación*, estimador que determina la disparidad promedio entre los valores observados y los estimados o modelados en cada crecida. Su desarrollo se presenta en el Anexo V.

En el test estadístico U Mann-Whitney, se empleó un nivel de significancia del 5 % en cada una de las crecidas seleccionadas

4.1.9. - Almacenamiento de la Cuenca.

De acuerdo a lo planteado por Caro (2001), la finalidad de la integración, entre los límites de cero (0) a infinito (∞) y para los tres modelos propuestos, es determinar el volumen de agua que está almacenado en la cuenca o el volumen que debería ser evacuado totalmente, de no existir nuevas precipitaciones en un tiempo infinito.

En este contexto, a continuación se presentan los tres modelos propuestos con sus respectivas integraciones, que representan los volúmenes almacenados en la cuenca tras la crecida.

Así,

Modelo Exponencial 1. $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$

$$V = \int_0^{\infty} Q_t dt = \int_0^{\infty} Q_0 * e^{-\alpha t} dt = Q_0/\alpha$$

Modelo Exponencial 2. $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha * t^n}$

$$V = \int_0^{\infty} Q dt = \int_0^{\infty} Q_0 e^{-\alpha * t^n} dt = (Q_0 * \sqrt{\pi}) / (n * \alpha^{(n/2)}) = 1,772 \frac{Q_0}{n * \alpha^{0,5 * n}}$$

Modelo Potencial. $Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2}$

$$V = \int_0^{\infty} Q dt = \int_0^{\infty} Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2} dt = Q_0/\alpha$$

4.1.10. Presentación de resultados.

Los resultados se presentan en base a tablas de datos, ecuaciones de los modelos y análisis de los mismos, con el fin de denotar de la mejor forma posible la calidad de los resultados obtenidos. Así y a partir de los resultados alcanzados, se pudo establecer la capacidad de simulación de los tres modelos matemáticos propuestos bajo los dos planteamientos de obtención del inicio de la curva recesiva, es decir, el segundo y tercer punto de quiebre en la curva de caudales recesivos. Asimismo, se definió la capacidad de almacenamiento de la cuenca para cada crecida en estudio y para cada uno de los modelos propuestos.

4.1.11. Discusión de resultados.

A partir de los resultados obtenidos, fue posible discutir acerca de los mismos, para lo cual este análisis se apoyó en la construcción de tablas resúmenes e indicadores. Ello, con el fin de intentar explicar y justificar los resultados alcanzados. Asimismo y en base al análisis de resultados, se pudo establecer un análisis comparativo entre la investigación desarrollada por Caro, J. (2001), en la cordillera de la costa, cuenca del Río Purapel, estación Nirivilo, VII Región de Chile y la microcuenca del Lontué, Estación Estero Upeo, en Upeo, ubicada en la precordillera andina, VII Región de Chile.

4.1.12. - Conclusiones y Recomendaciones.

En función de los análisis realizados, fue posible establecer las principales conclusiones y recomendaciones que se desprenden del estudio realizado.

4.2. - Materiales y Equipos.

En la elaboración de este estudio se utilizaron, fundamentalmente, los materiales y equipos que a continuación se detallan:

- Información hidrológica proporcionado en su totalidad, por la Dirección General de Aguas, VII Región, correspondiente a limnigramas y curvas de descarga de la Estación “Estero Upeo, en Upeo”, ubicada en la precordillera andina, VII Región de Chile.
- Equipos computacionales (PC, impresoras y escáner).
- Programas computacionales con velocidad y memoria RAM suficientes para desarrollar la calibración y validación de los modelos sin problemas, y para el manejo de los datos y su presentación final.
 - ❖ Planilla electrónica: Microsoft Excel 97
 - ❖ Procesador de texto: Microsoft Word 98

5.- PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

A continuación se exponen los resultados obtenidos en cada una de las etapas mencionadas en la metodología, para los tres modelos propuestos y el total de las crecidas seleccionadas, entre los años hidrológicos 1982 – 1995.

Cabe mencionar que para fines prácticos de esta memoria, fue omitida la entrega de información estadística recabada en la etapa de calibración, ya que es la etapa de validación la que determina la validez de los modelos planteados en este estudio.

5.1.- Selección de las crecidas y determinación de los parámetros requeridos.

De acuerdo a la información proporcionada por la Dirección General de Aguas (DGA), correspondiente a la entrega de limnigramas y curvas de descarga de la estación estudiada, se procedió bajo el criterio propuesto en el punto 4.1.5 de la metodología, a la selección de las crecidas que en un principio superaban los 60 eventos. Los criterios de selección detallados en el punto 4.1.5 determinaron que el número se redujera a un total de 27 crecidas y, por ende, 27 curvas de bajada seleccionadas para esta memoria.

Las crecidas seleccionadas se pueden apreciar en las tablas N° 1, N° 2, N° 3 y N° 4, en las cuales se muestra la fecha de dicha crecida, junto con los parámetros requeridos para el ajuste de cada modelo propuesto. Estos fueron determinados a partir del segundo punto de quiebre de la curva de bajada.

En las tablas N° 5, N° 6, N° 7 y N° 8 se presentan las mismas crecidas seleccionadas; sin embargo, sus parámetros fueron determinados a partir del planteamiento modificado, es decir considerando el tercer punto de inflexión del gráfico del logaritmo del caudal con respecto al tiempo del hidrograma, (gráfica semilogarítmica).

De igual forma, se muestra la fecha de inicio de cada crecida, junto con los parámetros requeridos para los ajustes de los modelos propuestos bajo esta nueva condición. Por otra parte y como ya fue planteado en el punto 4.1.5 de la metodología, los parámetros requeridos, en cada uno de los modelos propuestos, son determinados a partir de cada una de las crecidas seleccionadas. De acuerdo a esto, el caudal inicial (Q_0), coeficiente de agotamiento (α) y el coeficiente adimensional (n), se detallan en las tablas N° 1, N° 2, N° 3 y N° 4.

Planteamiento original.

Tabla N° 1: Total de crecidas seleccionadas para el modelo exponencial 1 $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$, junto con los parámetros Q_0 y α en los lapsos de “t” horas propuestos.

Crecida	Q_0 (m ³ /s)	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)	α Total (*)
12/06/1982	42,2	0,0190	0,0189	0,0176	0,0166	0,0119	0,0093
15/07/1982	53,5	0,0177	0,0168	0,0165	0,0166	0,0144	0,0097
27/08/1982	24,2	0,0065	0,0076	0,0091	0,0076	0,0053	0,0034
12/09/1982	67,0	0,0097	0,0179	0,0174	0,0168	0,0133	0,0092
03/10/1982	39,0	0,0097	0,0115	0,0136	0,0114	0,0099	0,0063
20/10/1982	38,5	0,0160	0,0162	0,0163	0,0151	0,0122	0,0061
20/06/1983	14,0	0,0288	0,0263	0,0234	0,0226	0,0154	0,0072
06/07/1983	33,3	0,0072	0,0076	0,0087	0,0097	0,0097	0,0062
28/08/1983	18,6	0,0102	0,0084	0,0075	0,0063	0,0084	0,0054
19/06/1984	13,6	0,0125	0,0148	0,0149	0,0138	0,0107	0,0073
24/04/1986	5,6	0,0116	0,0133	0,0122	0,0140	0,0111	0,0063
17/05/1986	1,2	0,0068	0,0074	0,0090	0,0095	0,0103	0,0083
24/08/1986	42,7	0,0104	0,0116	0,0117	0,0110	0,0093	0,0069
26/11/1986	17,5	0,0154	0,0012	0,0045	0,0093	0,0091	0,0051
03/06/1987	11,3	0,0202	0,0194	0,0186	0,0173	0,0158	0,0078
28/07/1988	7,5	0,0108	0,0095	0,0107	0,0122	0,0096	0,0038
03/09/1989	11,9	0,0052	0,0071	0,0067	0,0033	0,0040	0,0042
10/09/1990	11,3	0,0112	0,0116	0,0118	0,0099	0,0071	0,0060
17/07/1991	18,0	0,0087	0,0070	0,0065	0,0070	0,0060	0,0033
28/04/1992	10,1	0,0506	0,0458	0,0390	0,0369	0,0253	0,0011
30/08/1992	17,7	0,0091	0,0081	0,0077	0,0080	0,0070	0,0044
05/06/1993	33,9	0,0198	0,0192	0,0179	0,0169	0,0148	0,0089
28/08/1993	11,6	0,0081	0,0086	0,0086	0,0092	0,0079	0,0021
30/04/1995	6,7	0,0200	0,0190	0,0166	0,0176	0,0129	0,0074
11/07/1995	20,4	0,0153	0,0133	0,0112	0,0112	0,0081	0,0052
28/07/1995	18,9	0,0077	0,0083	0,0083	0,0080	0,0070	0,0047
17/09/1995	16,0	0,0126	0,0118	0,0100	0,0096	0,0071	0,0037

Fuente: Elaboración propia.

(*) Considera la totalidad de datos con que se cuenta.

Tabla N° 2: Total de crecidas seleccionadas para el modelo exponencial 2
 $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha * t^n}$, junto con los parámetros Q_0 y α en los lapsos de “t”
 horas propuestos.

Crecida	Q_0 (m ³ /s)	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)	α Total (*)
12/06/1982	42,2	0,0264	0,0278	0,0269	0,0262	0,0207	0,0337
15/07/1982	53,5	0,0369	0,0396	0,0426	0,0456	0,0492	0,0033
27/08/1982	24,2	0,0211	0,0200	0,0211	0,0181	0,0129	0,0040
12/09/1982	67,0	0,0681	0,1773	0,2196	0,2469	0,3517	0,0235
03/10/1982	39,0	0,0012	0,0016	0,0017	0,0023	0,0033	0,0048
20/10/1982	38,5	0,0187	0,0194	0,0199	0,0187	0,0159	0,0267
20/06/1983	14,0	0,0701	0,0751	0,0747	0,0774	0,0687	0,080
06/07/1983	33,3	0,0153	0,0114	0,0101	0,0097	0,0070	0,0057
28/08/1983	18,6	0,0093	0,0127	0,0137	0,0159	0,0110	0,0133
19/06/1984	13,6	0,0456	0,0257	0,0238	0,0249	0,0272	0,0290
24/04/1986	5,7	0,0275	0,0181	0,0193	0,0163	0,0188	0,0230
17/05/1986	19,0	0,0047	0,0019	0,0064	0,0065	0,0071	0,0022
24/08/1986	42,7	0,0038	0,0042	0,0047	0,0053	0,0066	0,0080
26/11/1986	19,5	0,0587	0,0333	0,0298	0,0509	0,0410	0,0835
03/06/1987	11,3	0,0379	0,0405	0,0421	0,0412	0,0453	0,0417
28/07/1988	7,5	0,0259	0,0266	0,0334	0,0406	0,0418	0,0088
03/09/1989	11,9	0,0050	0,0067	0,0064	0,0031	0,0038	0,0157
10/09/1990	11,3	0,0010	0,0007	0,0005	0,0003	0,0001	0,0051
17/07/1991	18,0	0,0101	0,0133	0,0134	0,0118	0,0122	0,0145
28/04/1992	10,1	0,0580	0,0647	0,0748	0,0761	0,0889	0,1108
30/08/1992	18,3	0,0032	0,0050	0,0057	0,0055	0,0065	0,0068
05/06/1993	33,9	0,0330	0,0302	0,0309	0,0319	0,0318	0,0360
28/08/1993	19,3	0,3617	0,3660	0,3627	0,3517	0,3423	0,0279
30/04/1995	6,7	0,0093	0,0122	0,0150	0,0143	0,0184	0,0023
11/07/1995	20,4	0,0052	0,0085	0,0109	0,0110	0,0138	0,0016
28/07/1995	18,9	0,0169	0,0125	0,0117	0,0120	0,0123	0,0137
17/09/1995	16,0	0,0254	0,0234	0,0261	0,0256	0,0274	0,0300

Fuente: Elaboración propia.

(*) Considera la totalidad de datos con que se cuenta.

Tabla N° 3: Total de crecidas seleccionadas para el modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha * t^n}$, junto con los parámetros Q_0 y “n” en los lapsos de “t” horas propuestos.

Crecida	Q_0 (m ³ /s)	n (10 hr)	n (15 hr)	n (20 hr)	n (24 hr)	n (48 hr)	n
12/06/1982	42,2	0,8574	0,9038	0,8722	0,8530	0,7508	0,705
15/07/1982	53,5	0,6827	0,7484	0,7866	0,8181	0,8104	0,749
27/08/1982	24,2	0,8423	0,7941	0,8433	0,7453	0,6244	0,966
12/09/1982	67,0	0,1538	1,0244	0,9980	0,9744	0,8795	0,815
03/10/1982	39,0	1,8986	1,7266	1,6953	1,4982	1,2870	1,055
20/10/1982	38,5	0,9326	0,9668	0,9778	0,9321	0,8601	0,712
20/06/1983	14,0	0,6133	0,6759	0,6590	0,6766	0,6048	0,530
06/07/1983	33,3	1,1521	0,8875	0,8539	0,8638	0,8095	1,016
28/08/1983	18,6	1,0372	0,8478	0,8011	0,7080	0,9290	0,818
19/06/1984	13,6	0,4383	0,7953	0,8438	0,8151	0,7593	0,715
24/04/1986	5,7	0,6257	0,8846	0,8456	0,9521	0,8640	0,749
17/05/1986	19,0	1,3705	1,9254	1,1875	1,1717	1,1165	1,280
24/08/1986	42,7	1,4389	1,3775	1,3068	1,2320	1,0879	0,971
26/11/1986	19,5	0,5279	0,8789	0,9483	0,6156	0,7498	0,453
03/06/1987	11,3	0,7274	0,7885	0,8029	0,7797	0,8063	0,668
28/07/1988	7,5	0,6213	0,6454	0,8046	0,9070	0,8327	0,836
03/09/1989	11,9	1,0188	1,2982	1,1998	0,7172	0,8969	0,742
10/09/1990	11,3	2,0609	1,6965	1,5679	1,3857	1,1204	1,031
17/07/1991	18,0	0,9365	0,7651	0,7599	0,8373	0,8157	0,708
28/04/1992	10,1	0,9407	0,8724	0,7827	0,7720	0,6753	0,538
30/08/1992	18,3	1,4566	1,1801	1,1003	1,1169	1,0193	0,865
05/06/1993	33,9	0,7795	0,8332	0,8155	0,8002	0,8014	0,724
28/08/1993	19,3	0,2124	0,2050	0,2107	0,2298	0,2467	0,483
30/04/1995	6,7	1,3311	1,1651	1,0329	1,0647	0,9090	0,780
11/07/1995	20,4	1,4679	1,1686	1,0086	1,0053	0,8636	0,780
28/07/1995	18,9	0,6575	0,8472	0,8857	0,8730	0,8538	0,788
17/09/1995	16,0	0,6973	0,7481	0,6795	0,6924	0,6498	0,591

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4: Total de crecidas seleccionadas para el modelo potencial $Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2}$, junto con los parámetros Q_0 y α en los lapso de “t” horas propuestos.

Crecida	Q_0 (m ³ /s)	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)	α Total (*)
12/06/1982	42,2	0,0100	0,0101	0,0096	0,0092	0,0069	0,0056
15/07/1982	53,5	0,0093	0,0089	0,0089	0,0092	0,0086	0,0068
27/08/1982	22,3	0,0033	0,0039	0,0047	0,0040	0,0028	0,0019
12/09/1982	67,0	0,0050	0,0096	0,0095	0,0093	0,0078	0,0068
03/10/1982	39,0	0,0050	0,0060	0,0073	0,0061	0,0056	0,0042
20/10/1982	38,5	0,0083	0,0086	0,0088	0,0083	0,0071	0,0040
20/06/1983	14,0	0,0155	0,0146	0,0132	0,0130	0,0093	0,0050
06/07/1983	28,8	0,0037	0,0039	0,0045	0,0052	0,0054	0,0040
24/08/1983	18,6	0,0052	0,0043	0,0039	0,0033	0,0047	0,0033
19/06/1984	13,6	0,0065	0,0078	0,0080	0,0075	0,0061	0,0047
24/04/1986	5,6	0,0062	0,0056	0,0066	0,0067	0,0058	0,0041
17/05/1986	18,2	0,0035	0,0113	0,0047	0,0050	0,0058	0,0052
24/08/1986	42,7	0,0053	0,0060	0,0062	0,0059	0,0052	0,0044
26/11/1986	17,5	0,0080	0,0006	0,0023	0,0049	0,0051	0,0032
03/06/1987	11,3	0,0106	0,0104	0,0102	0,0096	0,0096	0,0054
28/07/1988	7,5	0,0056	0,0049	0,0057	0,0066	0,0054	0,0022
03/09/1989	11,9	0,0026	0,0036	0,0035	0,0017	0,0021	0,0025
10/09/1990	11,3	0,0058	0,0060	0,0063	0,0052	0,0038	0,0039
17/07/1991	18,0	0,0044	0,0036	0,0034	0,0037	0,0032	0,0019
28/04/1992	10,1	0,0288	0,0273	0,0238	0,0232	0,0174	0,0086
30/08/1992	17,7	0,0030	0,0030	0,0031	0,0034	0,0034	0,0024
05/06/1993	33,9	0,0104	0,0104	0,0098	0,0094	0,0088	0,0065
28/08/1993	11,6	0,0041	0,0044	0,0045	0,0049	0,0044	0,0011
30/04/1995	6,7	0,0105	0,0102	0,0090	0,0098	0,0076	0,0050
11/07/1995	18,9	0,0013	0,0034	0,0038	0,0032	0,0033	0,0032
28/07/1995	18,9	0,0039	0,0043	0,0043	0,0042	0,0038	0,0029
17/09/1995	16,0	0,0065	0,0062	0,0053	0,0051	0,0038	0,0022

Fuente: Elaboración propia.

(*) Considera la totalidad de datos con que se cuenta.

Planteamiento modificado (Qo al tercer punto de quiebre).

Tabla N° 5: Total de crecidas seleccionadas para el modelo exponencial 1 $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha (t - t_0)}$, junto con los parámetros Q_0 y α en los lapsos de “t” horas propuestos.

Crecida	Qo (m³/s)	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
12/06/1982	31,2	0,0115	0,0116	0,0107	0,0097	0,0083
15/07/1982	25,2	0,0040	0,0052	0,0072	0,0078	0,0074
27/08/1982	18,6	0,0126	0,0018	0,0025	0,0030	0,0030
12/09/1982	45,8	0,0133	0,0133	0,0107	0,0096	0,0094
03/10/1982	15,6	0,0026	0,0004	0,0013	0,0022	0,0014
20/10/1982	26,8	0,0102	0,0093	0,0113	0,0086	0,0066
20/06/1983	5,2	0,0088	0,0059	0,0044	0,0037	0,0046
06/07/1983	11,6	0,0062	0,0066	0,0069	0,0072	0,0014
28/08/1983	15,7	0,0073	0,0072	0,0054	0,0045	0,0033
19/06/1984	9,8	0,0071	0,0072	0,0091	0,0092	0,0081
24/04/1986	3,2	0,0059	0,0074	0,0055	0,0046	0,0059
17/05/1986	10,4	0,0059	0,0060	0,0060	0,0063	0,0066
24/08/1986	26,8	0,0082	0,0068	0,0064	0,0071	0,0066
26/11/1986	8,5	0,0125	0,0113	0,0041	0,0017	0,0017
03/06/1987	4,8	0,0115	0,0077	0,0058	0,0048	0,0049
28/07/1988	4,7	0,0093	0,0062	0,0047	0,0039	0,0019
03/09/1989	8,9	0,0067	0,0045	0,0051	0,0058	0,0053
10/09/1990	9,5	0,0130	0,0160	0,0083	0,0069	0,0067
17/07/1991	11,9	0,0033	0,0032	0,0032	0,0033	0,0000
28/04/1992	3,0	0,0124	0,0083	0,0062	0,0079	0,0055
30/08/1992	17,7	0,0058	0,0080	0,0079	0,0066	0,0047
05/06/1993	15,1	0,0069	0,0046	0,0052	0,0075	0,0082
28/08/1993	8,6	0,0083	0,0028	0,0021	0,0035	0,0027
30/04/1995	3,9	0,0100	0,0067	0,0077	0,0064	0,0069
11/07/1995	13,4	0,0054	0,0036	0,0055	0,0046	0,0047
28/07/1995	11,4	0,0022	0,0035	0,0042	0,0035	0,0040
17/09/1995	11,7	0,0053	0,0035	0,0026	0,0037	0,0037

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 6: Total de crecidas seleccionadas para el modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha * t^n}$, junto con los parámetros Q_0 y α en los lapsos de “t” horas propuestos.

Crecida	Q_0 (m ³ /s)	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
12/06/1982	31,2	0,0183	0,0200	0,0194	0,0184	0,0181
15/07/1982	25,2	0,0039	0,0050	0,0069	0,0074	0,0026
27/08/1982	18,6	0,00037	0,00003	0,00003	0,00002	0,0062
12/09/1982	45,8	0,0087	0,0081	0,0061	0,0053	0,0137
03/10/1982	15,6	0,0025	0,0013	0,0013	0,0021	0,0028
20/10/1982	26,8	0,0053	0,0043	0,0048	0,0035	0,0099
20/06/1983	5,2	0,0082	0,0054	0,0040	0,0033	0,0033
06/07/1983	11,6	0,0093	0,0106	0,0116	0,0125	0,0158
28/08/1983	15,7	0,0050	0,0046	0,0033	0,0026	0,0112
19/06/1984	9,8	0,0064	0,0063	0,0079	0,0079	0,0066
24/04/1986	3,2	0,0316	0,0532	0,0493	0,0469	0,1000
17/05/1986	10,4	0,0057	0,0056	0,0056	0,0059	0,0061
24/08/1986	26,8	0,0089	0,0076	0,0071	0,0080	0,0077
26/11/1986	8,5	0,0011	0,0007	0,0002	0,0001	0,0000
03/06/1987	4,8	0,0105	0,0069	0,0051	0,0042	0,0042
28/07/1988	4,7	0,0101	0,0068	0,0052	0,0043	0,0022
03/09/1989	8,9	0,0064	0,0042	0,0048	0,0054	0,0049
10/09/1990	9,5	0,0117	0,0141	0,0072	0,0059	0,0055
17/07/1991	11,9	0,0050	0,0033	0,0037	0,0031	0,0010
28/04/1992	2,9	0,0101	0,0065	0,0048	0,0060	0,0039
30/08/1992	17,7	0,0069	0,0046	0,0052	0,0043	0,0037
05/06/1993	15,1	0,0065	0,0043	0,0049	0,0070	0,0074
28/08/1993	8,6	0,0060	0,0019	0,0014	0,0022	0,0015
30/04/1995	4,0	0,0110	0,0074	0,0087	0,0073	0,0080
11/07/1995	13,4	0,0031	0,0018	0,0027	0,0021	0,0018
28/07/1995	11,4	0,0056	0,0105	0,0142	0,0127	0,0194
17/09/1995	11,7	0,0050	0,0033	0,0025	0,0035	0,0034

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 7: Total de crecidas seleccionadas para el modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha * t^n}$, junto con los parámetros Q_0 y “n” en los lapsos de “t” horas propuestos.

Crecida	Q_0 (m ³ /s)	n (10 hr)	n (15 hr)	n (20 hr)	n (24 hr)	n (48 hr)
12/06/1982	31,2	0,80	0,88	0,84	0,80	0,80
15/07/1982	25,2	1,01	1,24	1,43	1,42	1,27
27/08/1982	18,6	2,53	0,21	0,59	0,77	0,78
12/09/1982	45,8	1,19	1,12	0,93	0,87	0,90
03/10/1982	15,6	1,01	0,37	0,50	0,90	0,94
20/10/1982	26,8	1,28	1,10	1,21	1,02	0,90
20/06/1983	5,2	1,03	0,65	0,52	0,46	0,63
06/07/1983	11,6	0,83	0,95	0,99	1,02	0,36
28/08/1983	15,7	1,17	1,09	0,87	0,77	0,66
19/06/1984	9,8	1,05	1,04	1,20	1,18	1,07
24/04/1986	3,2	0,27	0,75	0,59	0,52	0,78
17/05/1986	10,4	1,02	1,02	1,02	1,05	1,05
24/08/1986	26,8	0,96	0,81	0,80	0,89	0,90
26/11/1986	8,5	2,05	1,58	0,72	0,18	0,44
03/06/1987	4,8	1,04	0,66	0,52	0,46	0,63
28/07/1988	4,7	0,97	0,61	0,48	0,43	0,30
03/09/1989	8,9	1,02	0,65	0,82	0,92	0,91
10/09/1990	9,5	1,05	1,22	0,70	0,62	0,72
17/07/1991	11,9	1,02	0,64	0,81	0,72	0,31
28/04/1992	2,9	1,09	0,69	0,54	0,75	0,67
30/08/1992	17,7	1,03	0,65	0,82	0,72	0,75
05/06/1993	15,1	1,02	0,65	0,82	1,07	1,09
28/08/1993	8,6	1,14	0,08	0,07	0,50	0,54
30/04/1995	4,0	0,96	0,61	0,79	0,70	0,82
11/07/1995	13,4	1,24	0,79	1,14	1,01	1,02
28/07/1995	11,4	0,59	1,16	1,25	1,11	1,14
17/09/1995	11,7	1,02	0,64	0,51	0,79	0,85

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 8: Total de crecidas seleccionadas para el modelo potencial $Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2}$, junto con los parámetros Q_0 y α en los lapsos de “t” horas propuestos.

Crecida	Q_0 (m ³ /s)	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
12/06/1982	31,2	0,0059	0,0061	0,0056	0,0052	0,0046
15/07/1982	25,2	0,0020	0,0027	0,0038	0,0041	0,0040
27/08/1982	18,6	0,0065	0,0009	0,0013	0,0015	0,0014
12/09/1982	45,8	0,0069	0,0070	0,0056	0,0051	0,0053
03/10/1982	15,6	0,0013	0,0002	0,0007	0,0011	0,0012
20/10/1982	26,8	0,0052	0,0048	0,0060	0,0045	0,0036
20/06/1983	5,2	0,0045	0,0030	0,0023	0,0019	0,0019
06/07/1983	11,6	0,0032	0,0034	0,0036	0,0038	0,0007
28/08/1983	15,7	0,0037	0,0037	0,0028	0,0023	0,0017
19/06/1984	9,8	0,0036	0,0037	0,0048	0,0049	0,0044
24/04/1986	3,2	0,0042	0,0035	0,0033	0,0037	0,0036
17/05/1986	10,4	0,0030	0,0030	0,0031	0,0033	0,0036
24/08/1986	26,8	0,0042	0,0035	0,0033	0,0037	0,0036
26/11/1986	8,5	0,0064	0,0059	0,0021	0,0008	0,0009
03/06/1987	4,8	0,0059	0,0040	0,0030	0,0025	0,0026
28/07/1988	4,7	0,0048	0,0032	0,0024	0,0020	0,0010
03/09/1989	8,9	0,0034	0,0023	0,0026	0,0030	0,0029
10/09/1990	9,5	0,0067	0,0085	0,0043	0,0036	0,0036
17/07/1991	11,9	0,0013	0,0017	0,0020	0,0017	0,0005
28/04/1992	3,0	0,0064	0,0043	0,0032	0,0042	0,0038
30/08/1992	17,7	0,0018	0,0025	0,0029	0,0024	0,0021
05/06/1993	15,1	0,0035	0,0023	0,0027	0,0039	0,0045
28/08/1993	8,6	0,0043	0,0014	0,0010	0,0018	0,0014
30/04/1995	3,98	0,0051	0,0034	0,0040	0,0033	0,0037
11/07/1995	13,4	0,0027	0,0018	0,0028	0,0024	0,0025
28/07/1995	11,4	0,0011	0,0018	0,0021	0,0018	0,0021
17/09/1995	11,7	0,0027	0,0018	0,0013	0,0019	0,0019

Fuente: Elaboración propia.

5.2. - Validación de los modelos.

5.2.1. - Análisis Estadístico.

A continuación se presenta la totalidad de los resultados obtenidos en la etapa de validación de los tres modelos propuestos, tanto para el planteamiento original como para el modificado.

5.2.1.1 – Coeficiente de Determinación (R^2).

En las tablas N° 9, N° 10 y N° 11 se presentan los distintos coeficientes de determinación (R^2), para los tres modelos propuestos y ajustados bajo la condición original.

De igual manera, en las tablas N° 12, N° 13 y N° 14 se presentan los valores encontrados para el coeficiente de determinación (R^2), bajo el planteamiento modificado.

Planteamiento original

Tabla N° 9: Coeficiente de determinación (R^2) según intervalo de tiempo considerado, a partir del modelo exponencial 1 $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$.

Crecida	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)	α Total (*)
12/06/1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,59
15/07/1982	0,30	0,29	0,17	0,00	0,00	0,79
27/08/1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74
12/09/1982	0,74	0,00	0,00	0,00	0,20	0,80
03/10/1982	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74
20/10/1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34
20/06/1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06/07/1983	0,62	0,59	0,54	0,30	0,00	0,61
28/08/1983	0,05	0,62	0,79	0,81	0,00	0,79
19/06/1984	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77
24/04/1986	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67
17/05/1986	0,62	0,68	0,94	0,93	0,20	0,95
24/08/1986	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89
26/11/1986	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00	0,56
03/06/1987	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31
28/07/1988	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03/09/1989	0,84	0,00	0,00	0,70	0,94	0,98
10/09/1990	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,94
17/07/1991	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50
28/04/1992	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30/08/1992	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69
05/06/1993	0,29	0,20	0,26	0,33	0,03	0,62
28/08/1993	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30/04/1995	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54
11/07/1995	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69
28/07/1995	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,79
17/09/1995	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27
\bar{X}	0,17	0,09	0,10	0,12	0,11	0,58

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°10 : Coeficiente de determinación (R^2) según intervalo de tiempo considerado, a partir del modelo exponencial 2 ($Q(t) = Q_0 e^{-\alpha * t^n}$).

Crecida	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)	α Total (*)
12/06/1982	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,91
15/07/1982	0,69	0,92	0,09	0,00	0,00	0,98
27/08/1982	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,77
12/09/1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95
03/10/1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67
20/10/1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82
20/06/1983	0,74	0,00	0,00	0,00	0,21	0,90
06/07/1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60
28/08/1983	0,00	0,94	0,73	0,00	0,00	0,91
19/06/1984	0,00	0,82	0,28	0,56	0,88	0,97
24/04/1986	0,00	0,23	0,57	0,00	0,00	0,94
17/05/1986	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80
24/08/1986	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,91
26/11/1986	0,02	0,00	0,00	0,69	0,00	0,78
03/06/1987	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,87
28/07/1988	0,19	0,51	0,00	0,00	0,00	0,23
03/09/1989	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89
10/09/1990	0,00	0,00	0,47	0,00	0,00	0,93
17/07/1991	0,00	0,91	0,89	0,16	0,00	0,84
28/04/1992	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74
30/08/1992	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48
05/06/1993	0,98	0,88	0,97	0,95	0,84	0,91
28/08/1993	0,61	0,52	0,37	0,00	0,00	0,0
30/04/1995	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,87
11/07/1995	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,92
28/07/1995	0,00	0,87	0,48	0,57	0,50	0,96
17/09/1995	0,22	0,00	0,30	0,00	0,19	0,93
\bar{X}	0,19	0,24	0,19	0,12	0,11	0,80

Fuente: Elaboración propia.

(*) Considera la totalidad de datos con que se cuenta.

Tabla N° 11: Coeficiente de determinación (R^2) según intervalo de tiempo considerado, a partir del modelo potencial $Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2}$.

Crecida	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)	α Total (*)
12/06/1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74
15/07/1982	0,90	0,91	0,88	0,80	0,71	0,95
27/08/1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80
12/09/1982	0,46	0,80	0,77	0,77	0,93	0,95
03/10/1982	0,59	0,34	0,00	0,05	0,00	0,88
20/10/1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61
20/06/1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
06/07/1983	0,45	0,45	0,58	0,60	0,01	0,74
28/08/1983	0,71	0,93	0,94	0,67	0,42	0,88
19/06/1984	0,86	0,37	0,14	0,29	0,58	0,90
24/04/1986	0,62	0,76	0,17	0,02	0,00	0,84
17/05/1986	0,32	0,00	0,85	0,92	0,82	0,98
24/08/1986	0,87	0,57	0,38	0,49	0,57	0,96
26/11/1986	0,13	0,00	0,00	0,78	0,06	0,82
03/06/1987	0,41	0,29	0,14	0,17	0,00	0,64
28/07/1988	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
03/09/1989	0,94	0,34	0,42	0,55	0,85	0,97
10/09/1990	0,39	0,16	0,00	0,49	0,95	0,97
17/07/1991	0,00	0,24	0,38	0,00	0,00	0,61
28/04/1992	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30/08/1992	0,74	0,58	0,36	0,00	0,00	0,76
05/06/1993	0,90	0,89	0,92	0,95	0,94	0,85
28/08/1993	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30/04/1995	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,79
11/07/1995	0,00	0,95	0,76	0,98	0,93	0,83
28/07/1995	0,77	0,49	0,30	0,34	0,26	0,89
17/09/1995	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45
\bar{X}	0,37	0,34	0,30	0,33	0,30	0,71

Fuente: Elaboración propia.

(*) Considera la totalidad de datos con que se cuenta.

Planteamiento modificado (Qo al tercer punto de quiebre).**Tabla N° 12:** Coeficiente de determinación (R^2) según intervalo de tiempo considerado, a partir del modelo exponencial 1 $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$.

Crecida	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
12/06/1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15/07/1982	0,00	0,33	0,97	0,93	0,79
27/08/1982	0,00	0,00	0,53	0,69	0,55
12/09/1982	0,31	0,18	0,77	0,91	0,81
03/10/1982	0,36	0,00	0,12	0,44	0,00
20/10/1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20/06/1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06/07/1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28/08/1983	0,00	0,00	0,23	0,77	0,34
19/06/1984	0,00	0,00	0,33	0,19	0,00
24/04/1986	0,79	0,00	0,81	0,64	0,00
17/05/1986	0,89	0,83	0,77	0,84	0,00
24/08/1986	0,75	0,95	0,89	0,88	0,93
26/11/1986	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03/06/1987	0,00	0,00	0,43	0,88	0,48
28/07/1988	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03/09/1989	0,67	0,78	0,94	0,88	0,62
10/09/1990	0,00	0,00	0,37	0,84	0,81
17/07/1991	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28/04/1992	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30/08/1992	0,42	0,00	0,00	0,00	0,80
05/06/1993	0,85	0,00	0,00	0,80	0,00
28/08/1993	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30/04/1995	0,00	0,64	0,00	0,66	0,00
11/07/1995	0,44	0,82	0,00	0,71	0,00
28/07/1995	0,00	0,94	0,91	0,92	0,89
17/09/1995	0,00	0,18	0,66	0,00	0,00
\bar{X}	0,20	0,21	0,32	0,44	0,26

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 13: Coeficiente de determinación (R^2) según intervalo de tiempo considerado, a partir del modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha * t ^n}$.

Crecida	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
12/06/1982	0,94	0,00	0,00	0,82	0,00
15/07/1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27/08/1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12/09/1982	0,00	0,05	0,00	0,00	0,95
03/10/1982	0,34	0,00	0,00	0,15	0,00
20/10/1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20/06/1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06/07/1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28/08/1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19/06/1984	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00
24/04/1986	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17/05/1986	0,93	0,84	0,81	0,81	0,00
24/08/1986	0,94	0,00	0,00	0,31	0,00
26/11/1986	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03/06/1987	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28/07/1988	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03/09/1989	0,53	0,00	0,00	0,07	0,00
10/09/1990	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17/07/1991	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28/04/1992	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30/08/1992	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05/06/1993	0,90	0,00	0,00	0,67	0,00
28/08/1993	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30/04/1995	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11/07/1995	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00
28/07/1995	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17/09/1995	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
\bar{X}	0,20	0,03	0,06	0,10	0,03

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 14: Coeficiente de determinación (R^2) según intervalo de tiempo considerado, a partir del modelo potencial $Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2}$.

Crecida	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
12/06/1982	0,26	0,00	0,00	0,44	0,00
15/07/1982	0,00	0,14	0,91	0,98	0,83
27/08/1982	0,00	0,00	0,46	0,69	0,08
12/09/1982	0,85	0,79	0,99	0,96	0,95
03/10/1982	0,39	0,00	0,11	0,45	0,00
20/10/1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20/06/1983	0,00	0,86	0,00	0,00	0,00
06/07/1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24/08/1983	0,16	0,11	0,78	0,90	0,29
19/06/1984	0,85	0,80	0,13	0,00	0,00
24/04/1986	0,90	0,94	0,81	0,93	0,38
17/05/1986	0,83	0,75	0,67	0,76	0,00
24/08/1986	0,90	0,94	0,81	0,93	0,38
26/11/1986	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00
03/06/1987	0,00	0,00	0,67	0,91	0,66
28/07/1988	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03/09/1989	0,84	0,68	0,89	0,94	0,64
10/09/1990	0,00	0,00	0,79	0,95	0,93
17/07/1991	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28/04/1992	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30/08/1992	0,82	0,78	0,18	0,29	0,00
05/06/1993	0,72	0,00	0,00	0,37	0,00
28/08/1993	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30/04/1995	0,00	0,35	0,00	0,22	0,00
11/07/1995	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00
28/07/1995	0,05	0,80	0,46	0,72	0,00
17/09/1995	0,00	0,49	0,65	0,00	0,00
\bar{X}	0,28	0,32	0,36	0,42	0,19

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.2. – Error Estándar de Estimación (E.E.E)

Como ya fue mencionado en el punto 4.1.4.3 de la metodología, el estimador de desviación, Error Estándar de Estimación (E.E.E), permite determinar la disparidad promedio o la diferencia presente entre los valores observados y los modelados en cada crecida, expresados en (m^3/s).

Así, en las tablas N° 15, N° 16 y N° 17 son presentados los valores obtenidos para los tres modelos propuestos y planteados bajo la condición original.

De igual manera, en las tablas N° 18, N° 19 y N° 20 se presentan los valores encontrados para el Error Estándar de Estimación (E.E.E), bajo el planteamiento modificado.

Planteamiento original

Tabla N° 15: Error Estándar de Estimación según intervalo de tiempo considerado, a partir del modelo exponencial 1 $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$.

Crecida	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)	α Total (*)
12/06/1982	5,732	5,891	5,378	4,978	1,885	3,738
15/07/1982	6,751	6,102	5,942	6,208	4,581	4,594
27/08/1982	3,272	4,359	5,682	4,464	2,359	1,203
12/09/1982	5,322	9,490	9,135	8,590	4,841	5,922
03/10/1982	4,721	6,203	7,920	6,229	5,563	3,501
20/10/1982	8,386	8,627	8,834	8,184	6,607	4,693
20/06/1983	3,774	3,628	3,394	3,348	2,459	2,323
06/07/1983	2,874	2,723	2,602	2,935	3,200	3,527
28/08/1983	2,460	1,448	0,978	0,859	1,701	1,371
19/06/1984	1,500	2,212	2,297	2,020	1,079	1,070
24/04/1986	0,748	0,975	0,848	1,093	0,773	0,510
17/05/1986	1,624	1,314	0,493	0,492	0,931	0,720
24/08/1986	4,028	5,846	6,113	5,389	3,660	2,211
26/11/1986	4,326	7,077	2,966	1,801	1,847	2,224
03/06/1987	2,078	2,000	1,925	1,754	1,659	1,577
28/07/1988	1,436	1,196	0,505	1,770	1,393	1,021
03/09/1989	0,637	1,728	1,571	0,804	0,286	0,246
10/09/1990	2,077	2,216	2,331	1,698	0,583	0,450
17/07/1991	3,530	2,445	2,110	2,544	1,920	1,463
28/04/1992	2,001	1,927	1,768	1,722	0,905	2,169
30/08/1992	2,757	2,227	2,000	2,276	1,911	0,957
05/06/1993	4,634	4,455	3,901	3,450	2,550	4,160
28/08/1993	2,323	2,557	2,628	2,888	2,637	1,896
30/04/1995	1,516	1,463	1,261	1,374	0,914	0,691
11/07/1995	5,517	4,758	3,736	3,771	1,974	1,560
28/07/1995	1,909	2,324	2,422	2,225	1,665	1,143
17/09/1995	4,785	4,542	3,794	3,655	2,368	1,473
\bar{X}	3,309	3,658	3,323	3,125	2,143	1,957

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 16: Error Estándar de Estimación según intervalo de tiempo considerado, a partir del modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha * t^n}$.

Crecida	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)	α Total (*)
12/06/1982	3,77	7,10	5,16	3,87	5,10	3,023
15/07/1982	4,58	2,04	6,28	9,74	5,48	4,594
27/08/1982	5,71	3,70	5,95	1,47	4,09	1,203
12/09/1982	32,95	28,13	27,30	26,62	23,26	3,024
03/10/1982	15,71	14,53	14,43	11,76	7,12	3,896
20/10/1982	6,81	8,94	9,84	7,11	2,49	2,428
20/06/1983	0,78	2,25	1,94	2,44	0,63	0,643
06/07/1983	9,56	5,16	7,56	7,58	12,42	3,597
28/08/1983	3,09	0,58	1,12	2,49	1,42	0,853
19/06/1984	3,14	0,70	1,32	0,98	0,31	0,366
27/07/1985	0,80	0,60	0,41	0,98	0,56	0,224
24/04/1986	4,75	8,96	2,33	2,15	1,56	1,426
17/05/1986	14,69	13,57	11,90	9,65	4,67	2,007
24/08/1986	2,15	4,50	5,46	0,96	2,78	1,574
26/11/1986	0,44	1,36	1,72	1,32	2,16	0,695
03/06/1987	0,67	0,45	2,01	3,36	3,00	0,856
28/07/1988	0,77	6,10	4,76	3,07	1,74	0,548
03/09/1989	5,72	3,23	1,11	3,06	5,36	0,498
10/09/1990	2,73	0,49	0,50	1,26	1,06	0,826
17/07/1991	1,89	1,71	1,34	1,31	0,81	0,808
28/04/1992	7,46	3,74	2,68	2,99	1,97	1,239
30/08/1992	0,75	1,71	0,81	0,93	1,05	2,019
05/06/1993	0,61	0,61	0,63	0,80	1,14	1,381
28/08/1993	2,37	1,96	1,42	1,60	0,82	0,368
30/04/1995	9,36	6,52	3,86	3,85	1,22	0,787
11/07/1995	2,25	0,72	1,35	1,15	0,91	0,511
28/07/1995	1,27	2,05	1,05	1,25	0,72	0,458
17/09/1995	3,77	7,10	5,16	3,87	5,10	0,845
\bar{X}	5,30	4,95	4,62	4,20	3,53	1,12

Fuente: Elaboración propia.

(*) Considera la totalidad de datos con que se cuenta.

Tabla N° 17: Error Estándar de Estimación según intervalo de tiempo considerado, a partir del modelo potencial $Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2}$.

Crecida	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)	α Total (*)
12/06/1982	4,05	4,40	3,99	3,68	1,19	3,023
15/07/1982	2,60	2,19	2,24	2,64	2,04	2,321
27/08/1982	2,41	3,36	4,54	3,53	1,85	1,053
12/09/1982	7,78	4,26	4,19	3,88	1,46	2,810
03/10/1982	3,59	4,17	5,47	4,33	5,07	2,325
20/10/1982	5,24	5,59	5,92	5,43	4,55	3,624
20/06/1983	2,70	2,60	2,40	2,40	2,06	1,810
06/07/1983	3,43	3,13	2,47	2,21	2,43	2,874
28/08/1983	1,36	0,61	0,51	1,13	1,01	1,018
19/06/1984	0,68	1,33	1,45	1,24	0,59	0,716
24/04/1986	0,46	0,33	0,56	0,57	0,42	0,355
17/05/1986	2,09	3,63	0,79	0,52	0,44	0,410
24/08/1986	2,05	3,36	3,71	3,18	2,19	1,344
26/11/1986	2,83	6,86	3,20	0,96	1,04	1,417
03/06/1987	1,13	1,10	1,07	0,95	1,04	1,147
28/07/1988	0,95	0,78	1,02	1,29	1,06	0,928
03/09/1989	0,38	1,25	1,14	0,98	0,47	0,313
10/09/1990	1,30	1,45	1,59	1,06	0,27	0,334
17/07/1991	2,27	1,40	1,16	1,54	1,13	1,292
28/04/1992	1,36	1,32	1,16	1,14	0,82	1,608
30/08/1992	0,70	0,78	0,87	1,28	1,45	0,832
05/06/1993	1,70	1,67	1,26	0,94	0,65	2,615
28/08/1993	1,25	1,47	1,55	1,80	1,65	1,850
30/04/1995	1,03	1,01	0,84	0,97	0,63	0,473
11/07/1995	3,25	0,49	1,04	0,28	0,38	1,175
28/07/1995	1,02	1,39	1,51	1,37	1,05	0,837
17/09/1995	3,56	3,40	2,80	2,71	1,75	1,273
\bar{X}	2,27	2,35	2,16	1,93	1,43	1,28

Fuente: Elaboración propia.

(*) Considera la totalidad de datos con que se cuenta.

Planteamiento modificado (Qo al tercer punto de quiebre).**Tabla N° 18:** Error Estándar de Estimación según intervalo de tiempo considerado, a partir del modelo exponencial 1 $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha (t - t_0)}$.

Crecida	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
12/06/1982	2,705	2,929	2,339	1,668	1,083
15/07/1982	3,128	2,045	0,394	0,524	0,406
27/08/1982	6,640	1,399	0,856	0,666	0,535
12/09/1982	5,903	6,061	2,978	1,704	1,636
03/10/1982	0,626	1,029	0,606	0,477	0,865
20/10/1982	5,229	4,622	6,260	4,151	2,569
03/10/1982	1,003	0,527	0,268	0,176	0,409
20/10/1982	3,719	4,037	4,359	4,673	1,434
20/06/1983	2,510	2,507	1,339	0,724	0,674
06/07/1983	0,305	0,312	0,870	0,917	0,681
28/08/1983	0,122	0,286	0,098	0,117	0,163
19/06/1984	0,227	0,236	0,233	0,153	0,000
24/04/1986	1,249	0,476	0,635	0,597	0,293
17/05/1986	2,536	2,401	0,616	0,699	0,665
24/08/1986	1,123	0,590	0,267	0,116	0,139
26/11/1986	1,283	0,803	0,523	0,376	0,220
03/06/1987	0,453	0,337	0,162	0,214	0,154
28/07/1988	2,223	2,888	0,922	0,447	0,387
03/09/1989	1,116	1,138	1,160	1,256	1,226
10/09/1990	0,814	0,468	0,266	0,454	0,228
17/07/1991	1,475	3,655	3,896	2,683	1,786
28/04/1992	0,815	2,103	1,726	0,683	0,820
30/08/1992	2,230	0,550	0,565	0,748	0,636
05/06/1993	0,700	0,242	0,407	0,212	0,322
28/08/1993	0,896	0,472	1,030	0,514	0,644
30/04/1995	1,191	0,268	0,303	0,282	0,226
11/07/1995	1,650	0,666	0,391	0,818	0,908
\bar{X}	1,738	1,364	0,929	0,598	0,361

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 19: Error Estándar de Estimación según intervalo de tiempo considerado, a partir del modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha * t^n}$.

Crecida	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
12/06/1982	0,53	3,78	2,36	0,69	0,64
15/07/1982	3,02	4,32	12,62	13,27	1,00
27/08/1982	14,21	3,43	3,54	3,61	0,99
12/09/1982	10,97	6,51	9,11	13,57	0,85
03/10/1982	0,63	1,22	1,24	0,59	0,18
20/10/1982	9,89	2,58	7,17	2,99	1,96
20/06/1983	1,08	0,54	0,76	0,84	0,79
06/07/1983	3,31	4,66	5,64	6,50	0,62
28/08/1983	4,12	2,31	1,99	2,98	1,58
19/06/1984	0,51	0,47	4,38	4,19	1,86
24/04/1986	0,59	1,32	0,54	0,22	2,04
17/05/1986 *	0,18	0,23	0,21	0,17	0,00
24/08/1986	0,81	3,97	4,50	2,10	2,62
26/11/1986	6,36	2,30	1,31	1,36	1,43
03/06/1987	1,23	0,67	0,95	1,04	1,05
28/07/1988	1,19	0,36	0,57	0,64	0,78
03/09/1989	0,54	1,70	1,21	0,59	0,95
10/09/1990	2,40	4,48	2,35	2,93	2,73
17/07/1991	1,16	0,74	0,42	0,70	1,27
28/04/1992	0,96	0,55	0,76	0,50	0,76
30/08/1992	1,34	1,39	0,73	1,32	2,22
16/09/1992	0,68	4,92	3,96	0,90	1,60
28/08/1993	0,92	1,36	1,41	1,31	1,50
30/04/1995	0,59	0,96	0,43	0,82	0,42
11/07/1995	2,30	2,59	0,45	1,51	1,93
28/07/1995	2,23	6,67	9,15	6,88	9,34
17/09/1995	1,77	1,69	2,09	1,17	0,92
\bar{X}	2,72	2,43	2,96	2,72	1,56

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 20: Error Estándar de Estimación según intervalo de tiempo considerado, a partir del modelo potencial $(Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2})$.

Crecida	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
12/06/1982	1,94	2,22	1,76	1,21	0,92
15/07/1982	3,31	2,31	0,64	0,28	0,39
27/08/1982	5,67	1,45	0,92	0,67	0,76
12/09/1982	2,56	2,82	0,56	1,08	0,71
03/10/1982	0,34	0,55	0,31	0,23	0,06
20/06/1983	3,73	3,29	4,75	3,01	1,91
20/06/1983	0,57	0,29	0,14	0,10	0,10
06/07/1983	2,18	2,29	2,39	2,48	0,52
28/08/1983	1,90	1,92	0,94	0,62	1,22
19/06/1984	0,43	0,44	0,82	0,87	0,72
24/04/1986	0,77	0,55	0,83	0,46	0,33
17/05/1986	0,28	0,29	0,28	0,19	0,01
24/08/1986	0,77	0,55	0,83	0,46	0,33
26/11/1986	2,24	2,16	0,58	0,70	0,67
03/06/1987	0,69	0,35	0,15	0,07	0,07
28/07/1988	0,87	0,55	0,35	0,25	0,15
03/09/1989	0,22	0,27	0,14	0,10	0,08
10/09/1990	1,44	2,00	0,48	0,23	0,21
17/07/1991	1,67	2,29	2,64	2,28	0,84
28/04/1992	0,80	0,51	0,34	0,51	0,50
30/08/1992	0,41	0,37	0,65	0,34	0,17
05/06/1993	1,02	1,94	1,58	1,07	1,44
28/08/1993	2,38	0,46	0,37	0,77	0,47
30/04/1995	0,68	0,31	0,45	0,30	0,43
11/07/1995	1,50	0,78	1,67	1,22	1,48
28/07/1995	1,14	0,48	0,74	0,50	0,79
17/09/1995	1,36	0,52	0,40	0,66	0,78
\bar{X}	1,51	1,18	0,95	0,77	0,59

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.3. - U de Mann-Whitney

Como ya fue mencionado en el punto 4.1.4.3 de la metodología, esta prueba no paramétrica corresponde a un test de comparación de medias muestrales, determinado para muestras independientes.

En las tablas N° 21, N° 22 y N° 23, se presentan los resultados obtenidos luego de haber aplicado el test no paramétrico U de Mann-Whitney, para un nivel de significancia del 5 % en cada una de las crecidas seleccionadas y para los tres modelos propuestos, planteados bajo la condición original.

De igual manera, en las tablas N° 24, N° 25 y N° 26 se presentan los valores encontrados para la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, bajo el planteamiento modificado.

Planteamiento Original

Tabla N° 21: U de Mann-Whitney, según intervalo de tiempo considerado, a partir del modelo exponencial 1 ($Q(t) = Q_0 e^{-\alpha (t - t_0)}$).

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
12-06-82				
α (10 hrs)	4,84	R	1,997	68
α (15 hrs)	5,45	R	2,000	63
α (20 hrs)	5,54	R	2,003	58
α (24 hrs)	5,82	R	2,007	54
α (48 hrs)	6,46	R	2,04	30
15-07-82				
α (10 hrs)	5,40	R	1,960	126
α (15 hrs)	5,08	R	1,960	121
α (20 hrs)	4,64	R	1,960	116
α (24 hrs)	5,58	R	1,960	112
α (48 hrs)	5,27	R	1,988	88
27-08-82				
α (10 hrs)	6,47	R	1,960	145
α (15 hrs)	8,13	R	1,960	140
α (20 hrs)	10,47	R	1,960	135
α (24 hrs)	9,30	R	1,960	131
α (48 hrs)	6,85	R	1,984	107
12-09-82				
α (10 hrs)	2,764	R	1,960	145
α (15 hrs)	8,129	R	1,960	140
α (20 hrs)	10,475	R	1,960	135
α (24 hrs)	9,295	R	1,960	131
α (48 hrs)	6,852	R	1,984	107
03-10-82				
α (10 hrs)	0,250	A	1,960	165
α (15 hrs)	4,083	R	1,960	160
α (20 hrs)	6,142	R	1,960	155
α (24 hrs)	6,436	R	1,960	151
α (48 hrs)	6,024	R	1,960	127
20-10-82				
α (10 hrs)	8,48	R	1,960	155
α (15 hrs)	8,97	R	1,960	150
α (20 hrs)	9,50	R	1,960	145
α (24 hrs)	9,25	R	1,960	141
α (48 hrs)	9,14	R	1,960	117

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado para un número de muestra superior a 25 datos.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Continuación Tabla N° 21

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
20-06-83				
α (10 hrs)	11,45	R	1,960	165
α (15 hrs)	11,42	R	1,960	160
α (20 hrs)	11,06	R	1,960	155
α (24 hrs)	11,34	R	1,960	151
α (48 hrs)	9,42	R	1,960	127
06-07-83				
α (10 hrs)	-2,71	R	1,960	146
α (15 hrs)	-2,13	R	1,960	141
α (20 hrs)	0,76	A	1,960	136
α (24 hrs)	-1,06	A	1,960	132
α (48 hrs)	3,81	R	1,983	108
28-08-83				
α (10 hrs)	5,15	R	1,960	138
α (15 hrs)	3,43	R	1,960	133
α (20 hrs)	1,91	A	1,960	128
α (24 hrs)	-1,42	A	1,960	124
α (48 hrs)	5,58	R	1,984	100
19-06-84				
α (10 hrs)	4,37	R	1,960	122
α (15 hrs)	5,36	R	1,960	117
α (20 hrs)	6,74	R	1,960	112
α (24 hrs)	6,58	R	1,983	108
α (48 hrs)	4,66	R	1,990	84
24-04-86				
α (10 hrs)	3,53	R	1,987	91
α (15 hrs)	4,21	R	1,989	86
α (20 hrs)	5,87	R	1,991	81
α (24 hrs)	4,90	R	1,993	77
α (48 hrs)	1,96	A	2,008	53
17-05-86				
α (10 hrs)	-4,63	R	1,986	96
α (15 hrs)	1,76	A	1,987	91
α (20 hrs)	-0,46	A	1,989	86
α (24 hrs)	0,40	A	1,991	82
α (48 hrs)	1,83	A	2,003	58
24-08-86				
α (10 hrs)	2,95	R	1,960	127
α (15 hrs)	4,25	R	1,960	122
α (20 hrs)	5,36	R	1,960	117
α (24 hrs)	5,83	R	1,960	113
α (48 hrs)	6,63	R	1,988	89

Z Tabla: es el valor del estadístico empleado para un número de muestra superior a 25 datos.

Z Calculado: es el valor del estadístico empleado.

N: Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A: Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R: Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Continuación Tabla N° 21

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
26-11-86				
α (10 hrs)	9,04	R	1,960	157
α (15 hrs)	-14,00	R	1,960	152
α (20 hrs)	-9,26	R	1,960	147
α (24 hrs)	4,30	R	1,960	143
α (48 hrs)	5,00	R	1,960	119
03-06-87				
α (10 hrs)	7,86	R	1,960	146
α (15 hrs)	7,92	R	1,960	141
α (20 hrs)	7,93	R	1,960	136
α (24 hrs)	7,46	R	1,960	132
α (48 hrs)	8,57	R	1,983	108
28-07-88				
α (10 hrs)	6,07	R	1,960	146
α (15 hrs)	7,33	R	1,960	141
α (20 hrs)	7,95	R	1,960	136
α (24 hrs)	8,09	R	1,960	132
α (48 hrs)	10,54	R	1,983	108
03-09-89				
α (10 hrs)	4,86	R	1,960	148
α (15 hrs)	6,31	R	1,960	143
α (20 hrs)	6,38	R	1,960	138
α (24 hrs)	5,09	R	1,960	134
α (48 hrs)	1,86	R	1,960	110
10-09-90				
α (10 hrs)	2,94	R	1,960	161
α (15 hrs)	6,82	R	1,960	156
α (20 hrs)	7,51	R	1,960	151
α (24 hrs)	7,80	R	1,960	147
α (48 hrs)	6,31	R	1,960	123
17-07-91				
α (10 hrs)	7,35	R	1,960	146
α (15 hrs)	6,11	R	1,960	141
α (20 hrs)	5,55	R	1,960	136
α (24 hrs)	6,83	R	1,960	132
α (48 hrs)	6,34	R	1,983	108
28-04-92				
α (10 hrs)	10,55	R	1,960	135
α (15 hrs)	10,69	R	1,960	130
α (20 hrs)	10,39	R	1,960	125
α (24 hrs)	14,39	R	1,960	121
α (48 hrs)	9,53	R	1,985	97

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado para un número de muestra superior a 25 datos.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Continuación Tabla N° 21

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
30-08-92				
α (10 hrs)	5,89	R	1,986	93
α (15 hrs)	5,21	R	1,988	88
α (20 hrs)	4,87	R	1,990	83
α (24 hrs)	5,99	R	1,992	79
α (48 hrs)	7,08	R	2,006	55
05-06-93				
α (10 hrs)	6,52	R	1,960	146
α (15 hrs)	6,56	R	1,960	141
α (20 hrs)	5,82	R	1,960	136
α (24 hrs)	5,52	R	1,960	132
α (48 hrs)	4,89	R	1,983	108
28-08-93				
α (10 hrs)	7,41	R	1,960	146
α (15 hrs)	8,39	R	1,960	141
α (20 hrs)	8,61	R	1,960	136
α (24 hrs)	9,90	R	1,960	132
α (48 hrs)	11,03	R	1,983	108
30-04-95				
α (10 hrs)	9,16	R	1,960	146
α (15 hrs)	9,00	R	1,960	141
α (20 hrs)	0,00	A	1,960	136
α (24 hrs)	9,47	R	1,960	132
α (48 hrs)	8,41	R	1,983	108
11-07-95				
α (10 hrs)	8,56	R	1,960	142
α (15 hrs)	8,90	R	1,960	137
α (20 hrs)	7,81	R	1,960	132
α (24 hrs)	8,12	R	1,960	128
α (48 hrs)	5,61	R	1,982	104
28-07-95				
α (10 hrs)	4,33	R	1,960	142
α (15 hrs)	5,27	R	1,960	137
α (20 hrs)	5,70	R	1,960	132
α (24 hrs)	5,82	R	1,960	128
α (48 hrs)	5,15	R	1,982	104
17-09-95				
α (10 hrs)	10,53	R	1,960	161
α (15 hrs)	10,72	R	1,960	156
α (20 hrs)	9,75	R	1,960	151
α (24 hrs)	9,85	R	1,960	147
α (48 hrs)	8,48	R	1,960	123

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado para un número de muestra superior a 25 datos.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Tabla N° 22: U de Mann-Whitney, según intervalo de tiempo considerado, a partir del modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha * t^n}$.

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
12-06-82				
α (10 hrs)	1,46	A	1,997	68
α (15 hrs)	2,57	R	2,000	63
α (20 hrs)	-4,42	R	2,003	58
α (24 hrs)	-4,02	R	2,007	54
α (48 hrs)	-1,48	A	2,04	30
15-07-82				
α (10 hrs)	-6,52	R	1,960	126
α (15 hrs)	-2,97	R	1,960	121
α (20 hrs)	-0,52	A	1,960	116
α (24 hrs)	1,33	A	1,960	112
α (48 hrs)	-10,58	R	1,988	88
27-08-82				
α (10 hrs)	-5,92	R	1,960	145
α (15 hrs)	-4,30	R	1,960	140
α (20 hrs)	3,14	R	1,960	135
α (24 hrs)	-2,08	A	1,960	131
α (48 hrs)	4,11	R	1,984	107
12-09-82				
α (10 hrs)	-13,57	R	1,960	145
α (15 hrs)	2,40	A	1,960	140
α (20 hrs)	2,57	A	1,960	135
α (24 hrs)	-0,04	A	1,960	131
α (48 hrs)	7,52	R	1,984	107
03-10-82				
α (10 hrs)	4,47	R	1,960	165
α (15 hrs)	-3,30	R	1,960	160
α (20 hrs)	-0,02	A	1,960	155
α (24 hrs)	1,94	A	1,960	151
α (48 hrs)	7,79	R	1,960	127
20-10-82				
α (10 hrs)	7,50	R	1,960	155
α (15 hrs)	8,55	R	1,960	150
α (20 hrs)	9,39	R	1,960	145
α (24 hrs)	8,23	R	1,960	141
α (48 hrs)	7,80	R	1,960	117

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado para un número de muestra superior a 25 datos.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Continuación Tabla N° 22

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
20-06-83				
α (10 hrs)	3,34	R	1,960	165
α (15 hrs)	0,57	A	1,960	160
α (20 hrs)	1,10	A	1,960	155
α (24 hrs)	0,64	A	1,960	151
α (48 hrs)	5,29	R	1,960	127
06-07-83				
α (10 hrs)	-1,79	A	1,960	146
α (15 hrs)	-0,31	A	1,960	141
α (20 hrs)	0,90	A	1,960	136
α (24 hrs)	0,64	A	1,960	132
α (48 hrs)	3,61	R	1,960	108
28-08-83				
α (10 hrs)	0,13	A	1,960	138
α (15 hrs)	-1,13	A	1,960	133
α (20 hrs)	-2,37	R	1,960	128
α (24 hrs)	-6,94	R	1,960	124
α (48 hrs)	4,41	R	1,984	100
19-06-84				
α (10 hrs)	-10,99	R	1,960	122
α (15 hrs)	-0,54	A	1,960	117
α (20 hrs)	1,62	A	1,960	112
α (24 hrs)	-2,15	R	1,983	108
α (48 hrs)	0,61	A	1,990	84
24-04-86				
α (10 hrs)	-6,96	R	1,960	153
α (15 hrs)	3,98	R	1,960	148
α (20 hrs)	2,12	R	1,960	143
α (24 hrs)	1,31	A	1,960	139
α (48 hrs)	4,50	R	1,960	115
17-05-86				
α (10 hrs)	-3,58	R	1,986	96
α (15 hrs)	-10,40	R	1,987	91
α (20 hrs)	0,57	A	1,989	86
α (24 hrs)	1,04	A	1,991	82
α (48 hrs)	9,27	R	2,003	58
24-08-86				
α (10 hrs)	-5,06	R	1,960	127
α (15 hrs)	-3,69	R	1,960	122
α (20 hrs)	-1,34	A	1,960	117
α (24 hrs)	1,71	A	1,960	113
α (48 hrs)	11,11	R	1,988	89

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado para un número de muestra superior a 25 datos.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Continuación Tabla N° 22.

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
26-11-86				
α (10 hrs)	2,78	R	1,960	157
α (15 hrs)	1,64	A	1,960	152
α (20 hrs)	-0,47	A	1,960	147
α (24 hrs)	-0,72	A	1,960	143
α (48 hrs)	8,31	R	1,960	119
03-06-87				
α (10 hrs)	0,75	A	1,960	146
α (15 hrs)	3,48	R	1,960	141
α (20 hrs)	-2,34	A	1,960	136
α (24 hrs)	4,15	R	1,960	132
α (48 hrs)	6,85	R	1,983	108
28-07-88				
α (10 hrs)	-4,04	R	1,960	146
α (15 hrs)	-6,47	R	1,960	141
α (20 hrs)	5,05	R	1,960	136
α (24 hrs)	8,42	R	1,960	132
α (48 hrs)	8,73	R	1,983	108
03-09-89				
α (10 hrs)	3,39	A	1,960	148
α (15 hrs)	9,50	R	1,960	143
α (20 hrs)	8,35	R	1,960	138
α (24 hrs)	-9,13	R	1,960	134
α (48 hrs)	-0,15	A	1,960	110
10-09-90				
α (10 hrs)	-1,36	A	1,960	161
α (15 hrs)	11,99	R	1,960	156
α (20 hrs)	11,81	R	1,960	150
α (24 hrs)	-4,01	R	1,960	147
α (48 hrs)	4,21	R	1,960	122
17-07-91				
α (10 hrs)	-0,78	A	1,960	146
α (15 hrs)	-0,01	A	1,960	141
α (20 hrs)	-0,55	A	1,960	136
α (24 hrs)	3,40	R	1,960	132
α (48 hrs)	4,36	R	1,983	108
28-04-92				
α (10 hrs)	3,16	R	1,960	135
α (15 hrs)	10,10	R	1,960	130
α (20 hrs)	1,54	A	1,960	125
α (24 hrs)	2,14	R	1,960	121
α (48 hrs)	7,90	R	1,985	97

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado para un número de muestra superior a 25 datos.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Continuación Tabla N° 22.

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
30-08-92				
α (10 hrs)	-0,64	A	1,986	93
α (15 hrs)	0,06	A	1,988	88
α (20 hrs)	2,18	R	1,990	83
α (24 hrs)	3,30	R	1,992	79
α (48 hrs)	6,86	R	2,006	55
05-06-93				
α (10 hrs)	0,11	A	1,960	146
α (15 hrs)	0,91	A	1,960	141
α (20 hrs)	0,64	A	1,960	136
α (24 hrs)	1,43	A	1,960	132
α (48 hrs)	1,74	A	1,983	108
28-08-93				
α (10 hrs)	0,98	A	1,960	146
α (15 hrs)	-0,55	A	1,960	141
α (20 hrs)	0,69	A	1,960	136
α (24 hrs)	-2,00	R	1,960	132
α (48 hrs)	8,88	R	1,983	108
30-04-95				
α (10 hrs)	2,52	R	1,960	146
α (15 hrs)	-2,38	R	1,960	141
α (20 hrs)	2,03	R	1,960	136
α (24 hrs)	1,19	A	1,960	132
α (48 hrs)	7,86	R	1,983	108
11-07-95				
α (10 hrs)	-3,33	R	1,960	142
α (15 hrs)	-7,24	R	1,960	137
α (20 hrs)	-2,05	R	1,960	132
α (24 hrs)	-1,90	A	1,960	128
α (48 hrs)	4,46	R	1,982	104
28-07-95				
α (10 hrs)	-9,54	R	1,960	142
α (15 hrs)	-0,08	A	1,960	137
α (20 hrs)	1,08	A	1,960	132
α (24 hrs)	1,95	A	1,960	128
α (48 hrs)	3,27	R	1,982	104
17-09-95				
α (10 hrs)	0,73	A	1,960	161
α (15 hrs)	-1,43	A	1,960	156
α (20 hrs)	1,76	A	1,960	151
α (24 hrs)	2,57	R	1,960	147
α (48 hrs)	4,11	R	1,960	123

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado para un número de muestra superior a 25 datos.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Tabla N° 23: U de Mann-Whitney según intervalo de tiempo considerado, a partir del modelo potencial $(Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2})$.

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
12-06-82				
α (10 hrs)	3,791	R	1,997	68
α (15 hrs)	4,284	R	2,000	63
α (20 hrs)	4,531	R	2,003	58
α (24 hrs)	4,040	R	2,007	54
α (48 hrs)	1,952	R	2,04	30
15-07-82				
α (10 hrs)	2,448	R	1,960	126
α (15 hrs)	2,510	R	1,960	121
α (20 hrs)	2,558	R	1,960	116
α (24 hrs)	3,227	R	1,960	112
α (48 hrs)	2,966	R	1,988	88
27-08-82				
α (10 hrs)	1,383	A	1,960	145
α (15 hrs)	7,296	R	1,960	140
α (20 hrs)	10,047	R	1,960	135
α (24 hrs)	8,767	R	1,960	131
α (48 hrs)	6,227	R	1,984	107
12-09-82				
α (10 hrs)	6,727	R	1,960	130
α (15 hrs)	9,197	R	1,960	125
α (20 hrs)	11,390	R	1,960	120
α (24 hrs)	10,519	R	1,960	116
α (48 hrs)	7,800	R	1,987	92
03-10-82				
α (10 hrs)	0,608	A	1,960	165
α (15 hrs)	0,950	A	1,960	160
α (20 hrs)	3,585	R	1,960	155
α (24 hrs)	4,305	R	1,960	151
α (48 hrs)	3,978	R	1,960	127
20-10-82				
α (10 hrs)	7,101	R	1,960	155
α (15 hrs)	7,487	R	1,960	150
α (20 hrs)	8,111	R	1,960	145
α (24 hrs)	8,056	R	1,960	141
α (48 hrs)	8,212	R	1,960	117

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado para un número de muestra superior a 25 datos.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Continuación Tabla N° 23.

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
20-06-83				
α (10 hrs)	10,042	R	1,960	165
α (15 hrs)	10,168	R	1,960	160
α (20 hrs)	9,742	R	1,960	155
α (24 hrs)	9,987	R	1,960	151
α (48 hrs)	8,125	R	1,960	127
06-07-83				
α (10 hrs)	-5,744	R	1,960	146
α (15 hrs)	-5,130	R	1,960	141
α (20 hrs)	-2,764	R	1,960	136
α (24 hrs)	0,022	A	1,960	132
α (48 hrs)	1,424	A	1,983	108
28-08-83				
α (10 hrs)	3,937	R	1,960	138
α (15 hrs)	1,451	A	1,960	133
α (20 hrs)	-0,338	A	1,960	128
α (24 hrs)	1,500	A	1,960	124
α (48 hrs)	3,685	R	1,984	100
19-06-84				
α (10 hrs)	2,380	R	1,960	122
α (15 hrs)	3,646	R	1,960	117
α (20 hrs)	5,307	R	1,960	112
α (24 hrs)	5,150	R	1,983	108
α (48 hrs)	3,033	R	1,990	84
24-04-86				
α (10 hrs)	3,605	R	1,960	153
α (15 hrs)	3,330	R	1,960	148
α (20 hrs)	4,491	R	1,960	143
α (24 hrs)	5,502	R	1,960	139
α (48 hrs)	6,096	R	1,960	115
17-05-86				
α (10 hrs)	-5,504	R	1,986	96
α (15 hrs)	-0,091	A	1,987	91
α (20 hrs)	-1,724	A	1,988	86
α (24 hrs)	-1,572	A	1,991	82
α (48 hrs)	0,988	A	2,003	58
24-08-86				
α (10 hrs)	0,812	A	1,960	127
α (15 hrs)	2,511	R	1,960	122
α (20 hrs)	3,519	R	1,960	117
α (24 hrs)	4,095	R	1,960	113
α (48 hrs)	3,635	R	1,988	89

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Continuación Tabla N° 23.

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
26-11-86				
α (10 hrs)	7,631	R	1,960	157
α (15 hrs)	-13,052	R	1,960	152
α (20 hrs)	-10,406	R	1,960	147
α (24 hrs)	1,750	A	1,960	143
α (48 hrs)	-1,853	A	1,960	119
03-06-87				
α (10 hrs)	5,633	R	1,960	146
α (15 hrs)	5,908	R	1,960	141
α (20 hrs)	5,891	R	1,960	136
α (24 hrs)	5,436	R	1,960	132
α (48 hrs)	7,651	R	1,983	108
28-07-88				
α (10 hrs)	4,718	R	1,960	146
α (15 hrs)	4,691	R	1,960	141
α (20 hrs)	6,615	R	1,960	136
α (24 hrs)	6,880	R	1,960	132
α (48 hrs)	9,232	R	1,983	108
03-09-89				
α (10 hrs)	1,160	A	1,960	148
α (15 hrs)	5,060	R	1,960	143
α (20 hrs)	5,341	R	1,960	138
α (24 hrs)	3,546	R	1,960	134
α (48 hrs)	0,346	A	1,982	110
10-09-90				
α (10 hrs)	3,675	R	1,960	161
α (15 hrs)	2,769	R	1,960	156
α (20 hrs)	3,639	R	1,960	150
α (24 hrs)	4,293	R	1,960	147
α (48 hrs)	3,780	R	1,960	122
17-07-91				
α (10 hrs)	23,878	R	1,960	146
α (15 hrs)	3,650	R	1,960	141
α (20 hrs)	2,894	R	1,960	136
α (24 hrs)	4,815	R	1,960	132
α (48 hrs)	3,220	R	1,983	108
28-04-92				
α (10 hrs)	9,009	R	1,960	135
α (15 hrs)	9,355	R	1,960	130
α (20 hrs)	8,897	R	1,960	125
α (24 hrs)	9,035	R	1,960	121
α (48 hrs)	8,548	R	1,985	97

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Continuación Tabla N° 23.

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
30-08-92				
α (10 hrs)	-2,077	R	1,986	93
α (15 hrs)	0,009	A	1,988	88
α (20 hrs)	2,605	R	1,990	83
α (24 hrs)	3,761	R	1,992	79
α (48 hrs)	6,047	R	2,006	55
05-06-93				
α (10 hrs)	5,846	R	1,960	146
α (15 hrs)	8,098	R	1,960	141
α (20 hrs)	9,840	R	1,960	136
α (24 hrs)	10,276	R	1,960	132
α (48 hrs)	9,300	R	1,983	108
28-08-93				
α (10 hrs)	4,132	R	1,960	146
α (15 hrs)	5,417	R	1,960	141
α (20 hrs)	5,482	R	1,960	136
α (24 hrs)	8,066	R	1,960	132
α (48 hrs)	6,998	R	1,983	108
30-04-95				
α (10 hrs)	7,780	R	1,960	146
α (15 hrs)	7,963	R	1,960	141
α (20 hrs)	8,355	R	1,960	136
α (24 hrs)	4,582	R	1,960	132
α (48 hrs)	7,196	R	1,983	108
11-07-95				
α (10 hrs)	-9,971	R	1,960	142
α (15 hrs)	1,555	A	1,960	137
α (20 hrs)	3,490	R	1,960	132
α (24 hrs)	0,554	A	1,960	128
α (48 hrs)	1,479	A	1,982	104
28-07-95				
α (10 hrs)	2,951	R	1,960	142
α (15 hrs)	4,265	R	1,960	137
α (20 hrs)	4,617	R	1,960	132
α (24 hrs)	4,583	R	1,960	128
α (48 hrs)	4,154	R	1,982	104
17-09-95				
α (10 hrs)	10,031	R	1,960	161
α (15 hrs)	9,887	R	1,960	156
α (20 hrs)	9,050	R	1,960	151
α (24 hrs)	9,205	R	1,960	147
α (48 hrs)	7,499	R	1,960	123

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Planteamiento modificado (Qo al tercer punto de quiebre).

Tabla N° 24: U de Mann-Whitney, según intervalo de tiempo considerado, a partir del modelo exponencial 1 $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha (t - t_0)}$.

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
12/06/1982				
$\alpha(10 \text{ hr})$	1.580	A	2,009	52
$\alpha(15 \text{ hr})$	2.068	R	2,015	47
$\alpha(20 \text{ hr})$	3.628	R	2,019	42
$\alpha(24 \text{ hr})$	2.857	R	2,030	38
$\alpha(48 \text{ hr})$	3.262	R	2,145	14
15/07/1982				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-6.436	R	1,996	73
$\alpha(15 \text{ hr})$	-5.440	R	1,997	68
$\alpha(20 \text{ hr})$	-1.637	A	2,000	63
$\alpha(24 \text{ hr})$	0.525	A	2,002	59
$\alpha(48 \text{ hr})$	-0.405	A	2,030	35
27/08/1982				
$\alpha(10 \text{ hr})$	4.778	R	1,960	130
$\alpha(15 \text{ hr})$	6.778	R	1,960	125
$\alpha(20 \text{ hr})$	-2.509	R	1,960	120
$\alpha(24 \text{ hr})$	-2.313	R	1,960	116
$\alpha(48 \text{ hr})$	-2.153	R	1,985	92
12/09/1982				
$\alpha(10 \text{ hr})$	0.401	A	1,960	130
$\alpha(15 \text{ hr})$	0.723	A	1,960	125
$\alpha(20 \text{ hr})$	-2.451	R	1,960	120
$\alpha(24 \text{ hr})$	2.217	R	1,960	116
$\alpha(48 \text{ hr})$	0.960	A	1,987	92
03/10/1982				
$\alpha(10 \text{ hr})$	3.342	R	2,009	52
$\alpha(15 \text{ hr})$	-5.048	R	2,015	47
$\alpha(20 \text{ hr})$	-1.955	A	2,019	42
$\alpha(24 \text{ hr})$	0.977	A	2,030	38
$\alpha(48 \text{ hr})$	-2.114	A	2,145	14
20/10/1982				
$\alpha(10 \text{ hr})$	7.270	R	1,960	130
$\alpha(15 \text{ hr})$	8.816	R	1,960	125
$\alpha(20 \text{ hr})$	10.608	R	1,960	120
$\alpha(24 \text{ hr})$	10.637	R	1,960	116
$\alpha(48 \text{ hr})$	11.060	R	1,987	92

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Continuación Tabla N° 24

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
20/06/1983				
$\alpha(10 \text{ hr})$	6.908	R	1,996	73
$\alpha(15 \text{ hr})$	5.488	R	1,997	68
$\alpha(20 \text{ hr})$	2.876	R	2,000	63
$\alpha(24 \text{ hr})$	0.353	A	2,002	59
$\alpha(48 \text{ hr})$	3.447	R	2,030	35
06/07/1983				
$\alpha(10 \text{ hr})$	7.558	R	2,007	54
$\alpha(15 \text{ hr})$	7.542	R	2,012	49
$\alpha(20 \text{ hr})$	7.928	R	2,017	44
$\alpha(24 \text{ hr})$	7.712	R	2,020	40
$\alpha(48 \text{ hr})$	-4.824	R	2,12	16
28/08/1983				
$\alpha(10 \text{ hr})$	4.953	R	1,960	113
$\alpha(15 \text{ hr})$	6.376	R	1,983	108
$\alpha(20 \text{ hr})$	4.796	R	1,984	103
$\alpha(24 \text{ hr})$	2.381	R	1,985	99
$\alpha(48 \text{ hr})$	-4.326	R	1,994	75
19/06/1984				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-1.041	A	2,009	50
$\alpha(15 \text{ hr})$	-1.828	A	2,015	45
$\alpha(20 \text{ hr})$	-0.443	A	2,019	40
$\alpha(24 \text{ hr})$	1.678	A	2,030	36
$\alpha(48 \text{ hr})$	1.848	A	2,145	12
24/04/1986				
$\alpha(10 \text{ hr})$	3.770	R	1,999	64
$\alpha(15 \text{ hr})$	3.620	R	2,002	59
$\alpha(20 \text{ hr})$	3.126	R	2,007	54
$\alpha(24 \text{ hr})$	-2.647	R	2,011	50
$\alpha(48 \text{ hr})$	0.915	A	2,056	26
17/05/1986				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-0.585	A	2,030	39
$\alpha(15 \text{ hr})$	-1.187	A	2,036	34
$\alpha(20 \text{ hr})$	-0.848	A	2,045	29
$\alpha(24 \text{ hr})$	-1.048	A	2,06	25
$\alpha(48 \text{ hr})$	0.000	A	12,706	1
24/08/1986				
$\alpha(10 \text{ hr})$	0.307	A	1,999	64
$\alpha(15 \text{ hr})$	-0.019	A	2,002	59
$\alpha(20 \text{ hr})$	0.077	A	2,007	54
$\alpha(24 \text{ hr})$	-1.337	A	2,011	50
$\alpha(48 \text{ hr})$	0.403	A	2,056	26

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Continuación Tabla N° 24

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
26/11/1986				
$\alpha(10 \text{ hr})$	7.890	R	1,998	65
$\alpha(15 \text{ hr})$	8.957	R	2,001	60
$\alpha(20 \text{ hr})$	3.644	R	2,006	55
$\alpha(24 \text{ hr})$	-6.013	R	2,011	51
$\alpha(48 \text{ hr})$	-2.539	R	2,056	27
03/06/1987				
$\alpha(10 \text{ hr})$	6.334	R	1,991	82
$\alpha(15 \text{ hr})$	6.010	R	1,993	77
$\alpha(20 \text{ hr})$	3.556	R	1,996	72
$\alpha(24 \text{ hr})$	0.897	A	1,997	68
$\alpha(48 \text{ hr})$	2.120	R	2,017	44
28/07/1988				
$\alpha(10 \text{ hr})$	10.035	R	1,988	89
$\alpha(15 \text{ hr})$	8.486	R	1,990	84
$\alpha(20 \text{ hr})$	7.065	R	1,992	79
$\alpha(24 \text{ hr})$	5.369	R	1,994	75
$\alpha(48 \text{ hr})$	-5.451	R	2,011	51
03/09/1989				
$\alpha(10 \text{ hr})$	2.589	R	1,991	71
$\alpha(15 \text{ hr})$	1.183	A	1,996	66
$\alpha(20 \text{ hr})$	0.515	A	2,001	61
$\alpha(24 \text{ hr})$	0.853	A	2,002	57
$\alpha(48 \text{ hr})$	0.000	A	2,038	33
10/09/1990				
$\alpha(10 \text{ hr})$	7.489	R	1,960	133
$\alpha(15 \text{ hr})$	9.720	R	1,960	128
$\alpha(20 \text{ hr})$	4.626	R	1,960	123
$\alpha(24 \text{ hr})$	2.019	R	1,960	119
$\alpha(48 \text{ hr})$	2.426	R	1,986	95
17/07/1991				
$\alpha(10 \text{ hr})$	0.007	A	2,013	48
$\alpha(15 \text{ hr})$	2.993	R	2,019	43
$\alpha(20 \text{ hr})$	3.189	R	2,030	38
$\alpha(24 \text{ hr})$	3.962	R	2,036	34
$\alpha(48 \text{ hr})$	-3.780	R	2,228	10
28/04/1992				
$\alpha(10 \text{ hr})$	8.736	R	1,982	105
$\alpha(15 \text{ hr})$	6.133	R	1,984	100
$\alpha(20 \text{ hr})$	3.339	R	1,986	95
$\alpha(24 \text{ hr})$	6.471	R	1,987	91
$\alpha(48 \text{ hr})$	3.860	R	1,997	67

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Continuación Tabla N° 24

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
30/08/1992				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-1.458	A	2,019	42
$\alpha(15 \text{ hr})$	2.514	R	2,035	37
$\alpha(20 \text{ hr})$	3.223	R	2,038	32
$\alpha(24 \text{ hr})$	1.344	A	2,045	28
$\alpha(48 \text{ hr})$	1.155	A	2,776	4
05/06/1993				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-2.387	R	1,988	89
$\alpha(15 \text{ hr})$	-6.370	R	1,990	84
$\alpha(20 \text{ hr})$	-5.945	R	1,992	79
$\alpha(24 \text{ hr})$	-1.239	A	1,994	75
$\alpha(48 \text{ hr})$	0.284	A	2,011	51
28/08/1993				
$\alpha(10 \text{ hr})$	9.242	R	1,989	87
$\alpha(15 \text{ hr})$	-0.868	A	1,991	82
$\alpha(20 \text{ hr})$	-5.720	R	1,993	77
$\alpha(24 \text{ hr})$	2.789	R	1,993	73
$\alpha(48 \text{ hr})$	-0.806	R	2,012	49
30/04/1995				
$\alpha(10 \text{ hr})$	7.076	R	1,960	114
$\alpha(15 \text{ hr})$	2.506	R	1,982	109
$\alpha(20 \text{ hr})$	5.110	R	1,982	104
$\alpha(24 \text{ hr})$	2.534	R	1,984	100
$\alpha(48 \text{ hr})$	5.535	R	1,994	76
11/07/1995				
$\alpha(10 \text{ hr})$	2.772	R	1,980	93
$\alpha(15 \text{ hr})$	-2.392	R	1,988	88
$\alpha(20 \text{ hr})$	3.587	R	1,990	83
$\alpha(24 \text{ hr})$	1.111	A	1,992	79
$\alpha(48 \text{ hr})$	2.077	A	2,006	55
28/07/1995				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-2.757	R	1,996	72
$\alpha(15 \text{ hr})$	3.142	R	1,997	67
$\alpha(20 \text{ hr})$	-0.231	A	2,000	62
$\alpha(24 \text{ hr})$	2.314	R	2,003	58
$\alpha(48 \text{ hr})$	4.391	R	2,036	34
17/09/1995				
$\alpha(10 \text{ hr})$	5.448	R	1,960	121
$\alpha(15 \text{ hr})$	3.293	R	1,960	116
$\alpha(20 \text{ hr})$	-1.230	A	1,960	111
$\alpha(24 \text{ hr})$	2.028	A	1,960	107
$\alpha(48 \text{ hr})$	5.117	R	1,990	83

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Tabla N° 25: U de Mann-Whitney, según intervalo de tiempo considerado, a partir del modelo exponencial 2 ($Q(t) = Q_0 e^{-\alpha * t^{\wedge}n}$).

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
12/06/1982				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-1.235	A	2,009	52
$\alpha(15 \text{ hr})$	1.123	A	2,015	47
$\alpha(20 \text{ hr})$	-0.322	A	2,019	42
$\alpha(24 \text{ hr})$	1.278	A	2,030	38
$\alpha(48 \text{ hr})$	2.114	A	2,145	14
15/07/1982				
$\alpha(10 \text{ hr})$	2.996	R	1,996	73
$\alpha(15 \text{ hr})$	-1.586	A	1,997	68
$\alpha(20 \text{ hr})$	1.505	A	2,000	63
$\alpha(24 \text{ hr})$	3.937	R	2,002	59
$\alpha(48 \text{ hr})$	1.850	A	2,030	35
27/08/1982				
$\alpha(10 \text{ hr})$	4.571	R	1,960	130
$\alpha(15 \text{ hr})$	5.857	R	1,960	125
$\alpha(20 \text{ hr})$	-0.187	A	1,960	120
$\alpha(24 \text{ hr})$	-0.995	A	1,960	116
$\alpha(48 \text{ hr})$	-1.802	A	1,985	92
12/09/1982				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-2.210	R	1,960	130
$\alpha(15 \text{ hr})$	-1.802	A	1,960	125
$\alpha(20 \text{ hr})$	-0.995	A	1,960	120
$\alpha(24 \text{ hr})$	-0.187	A	1,960	116
$\alpha(48 \text{ hr})$	0.621	A	1,987	92
03/10/1982				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-0.995	A	2,009	52
$\alpha(15 \text{ hr})$	-9.796	R	2,015	47
$\alpha(20 \text{ hr})$	-3.757	R	2,019	42
$\alpha(24 \text{ hr})$	-0.187	A	2,030	38
$\alpha(48 \text{ hr})$	-3.216	R	2,145	14
20/10/1982				
$\alpha(10 \text{ hr})$	4.609	R	1,960	130
$\alpha(15 \text{ hr})$	11.281	R	1,960	125
$\alpha(20 \text{ hr})$	11.394	R	1,960	120
$\alpha(24 \text{ hr})$	11.270	R	1,960	116
$\alpha(48 \text{ hr})$	11.093	R	1,987	92

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Continuación Tabla N° 25

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
20/06/1983				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-8.292	R	1,996	73
$\alpha(15 \text{ hr})$	-0.792	A	1,997	68
$\alpha(20 \text{ hr})$	3.428	R	2,000	63
$\alpha(24 \text{ hr})$	5.595	R	2,002	59
$\alpha(48 \text{ hr})$	0.722	A	2,030	35
06/07/1983				
$\alpha(10 \text{ hr})$	7.060	R	2,007	54
$\alpha(15 \text{ hr})$	7.635	R	2,012	49
$\alpha(20 \text{ hr})$	7.828	R	2,017	44
$\alpha(24 \text{ hr})$	7.705	R	2,020	40
$\alpha(48 \text{ hr})$	0.000	A	2,12	16
28/08/1983				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-4.593	R	1,960	113
$\alpha(15 \text{ hr})$	-3.368	R	1,983	108
$\alpha(20 \text{ hr})$	2.601	R	1,984	103
$\alpha(24 \text{ hr})$	-2.663	R	1,985	99
$\alpha(48 \text{ hr})$	-0.265	A	1,994	75
19/06/1984				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-0.648	A	2,009	50
$\alpha(15 \text{ hr})$	-0.650	A	2,015	45
$\alpha(20 \text{ hr})$	-3.339	R	2,019	40
$\alpha(24 \text{ hr})$	-2.985	R	2,030	36
$\alpha(48 \text{ hr})$	1.905	A	2,145	12
24/04/1986				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-0.729	A	1,999	64
$\alpha(15 \text{ hr})$	-4.256	R	2,002	59
$\alpha(20 \text{ hr})$	-1.772	A	2,007	54
$\alpha(24 \text{ hr})$	-0.084	A	2,011	50
$\alpha(48 \text{ hr})$	-1.883	A	2,056	26
17/05/1986				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-0.615	A	2,030	39
$\alpha(15 \text{ hr})$	-1.460	A	2,036	34
$\alpha(20 \text{ hr})$	-0.101	A	2,045	29
$\alpha(24 \text{ hr})$	-0.766	A	2,06	25
$\alpha(48 \text{ hr})$	0.000		12,706	1
24/08/1986				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-0.574	A	1,999	64
$\alpha(15 \text{ hr})$	1.660	A	2,002	59
$\alpha(20 \text{ hr})$	1.886	A	2,007	54
$\alpha(24 \text{ hr})$	-0.655	A	2,011	50
$\alpha(48 \text{ hr})$	-0.165	A	2,056	26

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Continuación Tabla N° 25

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
26/11/1986				
$\alpha(10 \text{ hr})$	9.175	R	1,998	65
$\alpha(15 \text{ hr})$	9.169	R	2,001	60
$\alpha(20 \text{ hr})$	-0.676	A	2,006	55
$\alpha(24 \text{ hr})$	0.000	R	2,011	51
$\alpha(48 \text{ hr})$	-0.055	A	2,056	27
03/06/1987				
$\alpha(10 \text{ hr})$	6.785	R	1,991	82
$\alpha(15 \text{ hr})$	0.523	A	1,993	77
$\alpha(20 \text{ hr})$	2.903	R	1,996	72
$\alpha(24 \text{ hr})$	4.716	R	1,997	68
$\alpha(48 \text{ hr})$	-2.796	R	2,017	44
28/07/1988				
$\alpha(10 \text{ hr})$	9.812	R	1,988	89
$\alpha(15 \text{ hr})$	-4.549	R	1,990	84
$\alpha(20 \text{ hr})$	-1.385	A	1,992	79
$\alpha(24 \text{ hr})$	0.789	A	1,994	75
$\alpha(48 \text{ hr})$	0.164	A	2,011	51
03/09/1989				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-2.279	R	1,991	71
$\alpha(15 \text{ hr})$	0.810	A	1,996	66
$\alpha(20 \text{ hr})$	2.368	R	2,001	61
$\alpha(24 \text{ hr})$	-0.054	A	2,002	57
$\alpha(48 \text{ hr})$	-1.148	A	2,038	33
10/09/1990				
$\alpha(10 \text{ hr})$	8.949	R	1,960	133
$\alpha(15 \text{ hr})$	11.176	R	1,960	128
$\alpha(20 \text{ hr})$	-1.226	A	1,960	123
$\alpha(24 \text{ hr})$	-0.167	A	1,960	119
$\alpha(48 \text{ hr})$	-0.569	A	1,986	95
17/07/1991				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-2.191	R	2,013	48
$\alpha(15 \text{ hr})$	-0.255	A	2,019	43
$\alpha(20 \text{ hr})$	-0.613	A	2,030	38
$\alpha(24 \text{ hr})$	2.355	R	2,036	34
$\alpha(48 \text{ hr})$	0.000	A	2,228	10
28/04/1992				
$\alpha(10 \text{ hr})$	9.186	R	1,982	105
$\alpha(15 \text{ hr})$	0.053	A	1,984	100
$\alpha(20 \text{ hr})$	-6.930	R	1,986	95
$\alpha(24 \text{ hr})$	-3.021	R	1,987	91
$\alpha(48 \text{ hr})$	-0.874	A	1,997	67

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Continuación Tabla N° 25

Grecida	Z Calculado		t(0,05)	N
30/08/1992				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-7.018	R	2,019	42
$\alpha(15 \text{ hr})$	0.001	A	2,035	37
$\alpha(20 \text{ hr})$	3.563	R	2,038	32
$\alpha(24 \text{ hr})$	-3.021	R	2,045	28
$\alpha(48 \text{ hr})$	-2.009	A	2,776	4
05/06/1993				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-0.860	A	1,988	89
$\alpha(15 \text{ hr})$	-4.885	R	1,990	84
$\alpha(20 \text{ hr})$	4.898	R	1,992	79
$\alpha(24 \text{ hr})$	-2.268	R	1,994	75
$\alpha(48 \text{ hr})$	0.298	A	2,011	51
28/08/1993				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-9.206	R	1,989	87
$\alpha(15 \text{ hr})$	7.605	R	1,991	82
$\alpha(20 \text{ hr})$	8.009	R	1,993	77
$\alpha(24 \text{ hr})$	-3.411	R	1,993	73
$\alpha(48 \text{ hr})$	-5.347	R	2,012	49
30/04/1995				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-1.696	A	1,960	114
$\alpha(15 \text{ hr})$	0.628	A	1,982	109
$\alpha(20 \text{ hr})$	-0.037	A	1,982	104
$\alpha(24 \text{ hr})$	-1.951	A	1,984	100
$\alpha(48 \text{ hr})$	-0.860	A	1,994	76
11/07/1995				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-0.824	A	1,980	93
$\alpha(15 \text{ hr})$	5.524	R	1,988	88
$\alpha(20 \text{ hr})$	2.950	R	1,990	83
$\alpha(24 \text{ hr})$	1.175	A	1,992	79
$\alpha(48 \text{ hr})$	0.643	A	2,006	55
28/07/1995				
$\alpha(10 \text{ hr})$	7.723	R	1,996	72
$\alpha(15 \text{ hr})$	-0.029	A	1,997	67
$\alpha(20 \text{ hr})$	3.798	R	2,000	62
$\alpha(24 \text{ hr})$	-0.243	A	2,003	58
$\alpha(48 \text{ hr})$	1.595	A	2,036	34
17/09/1995				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-4.851	R	1,960	121
$\alpha(15 \text{ hr})$	3.427	R	1,960	116
$\alpha(20 \text{ hr})$	-2.337	R	1,960	111
$\alpha(24 \text{ hr})$	0.328	A	1,960	107
$\alpha(48 \text{ hr})$	2.214	R	1,990	83

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Tabla N° 26: U de Mann-Whitney, según intervalo de tiempo considerado, a partir del modelo potencial $Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2}$.

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
12/06/1982				
$\alpha(10 \text{ hr})$	1.104	A	2,009	52
$\alpha(15 \text{ hr})$	1.354	A	2,015	47
$\alpha(20 \text{ hr})$	3.095	R	2,019	42
$\alpha(24 \text{ hr})$	2.213	R	2,030	38
$\alpha(48 \text{ hr})$	2.665	R	2,145	14
15/07/1982				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-6.331	R	1,996	73
$\alpha(15 \text{ hr})$	-5.422	R	1,997	68
$\alpha(20 \text{ hr})$	-2.383	R	2,000	63
$\alpha(24 \text{ hr})$	-1.372	A	2,002	59
$\alpha(48 \text{ hr})$	-0.995	A	2,030	35
27/08/1982				
$\alpha(10 \text{ hr})$	10.545	R	1,960	130
$\alpha(15 \text{ hr})$	-6.405	R	1,960	125
$\alpha(20 \text{ hr})$	-3.602	R	1,960	120
$\alpha(24 \text{ hr})$	-0.885	A	1,960	116
$\alpha(48 \text{ hr})$	-1.359	A	1,985	92
12/09/1982				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-2.308	R	1,960	130
$\alpha(15 \text{ hr})$	1.487	A	1,960	125
$\alpha(20 \text{ hr})$	1.281	A	1,960	120
$\alpha(24 \text{ hr})$	-0.411	A	1,960	116
$\alpha(48 \text{ hr})$	0.538	A	1,987	92
03/10/1982				
$\alpha(10 \text{ hr})$	3.121	R	2,009	52
$\alpha(15 \text{ hr})$	-5.025	R	2,015	47
$\alpha(20 \text{ hr})$	-1.986	A	2,019	42
$\alpha(24 \text{ hr})$	0.935	A	2,030	38
$\alpha(48 \text{ hr})$	-2.665	R	2,145	14
20/10/1982				
$\alpha(10 \text{ hr})$	10.389	R	1,960	130
$\alpha(15 \text{ hr})$	11.433	R	1,960	125
$\alpha(20 \text{ hr})$	9.344	R	1,960	120
$\alpha(24 \text{ hr})$	8.584	R	1,960	116
$\alpha(48 \text{ hr})$	-8.204	R	1,987	92

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Continuación Tabla N° 26

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
20/06/1983				
$\alpha(10 \text{ hr})$	6.789	R	1,996	73
$\alpha(15 \text{ hr})$	5.353	R	1,997	68
$\alpha(20 \text{ hr})$	2.447	R	2,000	63
$\alpha(24 \text{ hr})$	-0.121	A	2,002	59
$\alpha(48 \text{ hr})$	3>107	R	2,030	35
06/07/1983				
$\alpha(10 \text{ hr})$	7.521	R	2,007	54
$\alpha(15 \text{ hr})$	7.677	R	2,012	49
$\alpha(20 \text{ hr})$	7.511	R	2,017	44
$\alpha(24 \text{ hr})$	7.650	R	2,020	40
$\alpha(48 \text{ hr})$	-4.824	R	2,12	16
28/08/1983				
$\alpha(10 \text{ hr})$	3.360	R	1,960	113
$\alpha(15 \text{ hr})$	4.671	R	1,983	108
$\alpha(20 \text{ hr})$	3.182	R	1,984	103
$\alpha(24 \text{ hr})$	0.546	A	1,985	99
$\alpha(48 \text{ hr})$	-4.804	R	1,994	75
19/06/1984				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-2.165	R	2,009	50
$\alpha(15 \text{ hr})$	-2.191	R	2,015	45
$\alpha(20 \text{ hr})$	-1.453	A	2,019	40
$\alpha(24 \text{ hr})$	0.473	A	2,030	36
$\alpha(48 \text{ hr})$	0.462	A	2,145	12
24/04/1986				
$\alpha(10 \text{ hr})$	0.496	A	1,999	64
$\alpha(15 \text{ hr})$	4.420	R	2,002	59
$\alpha(20 \text{ hr})$	0.766	A	2,007	54
$\alpha(24 \text{ hr})$	1.642	A	2,011	50
$\alpha(48 \text{ hr})$	3.407	R	2,056	26
17/05/1986				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-1.064	A	2,030	39
$\alpha(15 \text{ hr})$	-0.994	A	2,036	34
$\alpha(20 \text{ hr})$	-1.252	A	2,045	29
$\alpha(24 \text{ hr})$	-0.805	A	2,06	25
$\alpha(48 \text{ hr})$	0.000	A	12,706	1
24/08/1986				
$\alpha(10 \text{ hr})$	1.401	A	1,999	64
$\alpha(15 \text{ hr})$	-0.837	A	2,002	59
$\alpha(20 \text{ hr})$	-1.352	A	2,007	54
$\alpha(24 \text{ hr})$	0.221	A	2,011	50
$\alpha(48 \text{ hr})$	0.119	A	2,056	26

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Continuación Tabla N° 26

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
26/11/1986				
$\alpha(10 \text{ hr})$	8.989	R	1,998	65
$\alpha(15 \text{ hr})$	9.028	R	2,001	60
$\alpha(20 \text{ hr})$	3.588	R	2,006	55
$\alpha(24 \text{ hr})$	-6.214	R	2,011	51
$\alpha(48 \text{ hr})$	-3.140	R	2,056	27
03/06/1987				
$\alpha(10 \text{ hr})$	6.148	R	1,991	82
$\alpha(15 \text{ hr})$	5.581	R	1,993	77
$\alpha(20 \text{ hr})$	2.613	R	1,996	72
$\alpha(24 \text{ hr})$	0.065	A	1,997	68
$\alpha(48 \text{ hr})$	1.302	A	2,017	44
28/07/1988				
$\alpha(10 \text{ hr})$	9.835	R	1,988	89
$\alpha(15 \text{ hr})$	8.311	R	1,990	84
$\alpha(20 \text{ hr})$	6.592	R	1,992	79
$\alpha(24 \text{ hr})$	5.163	R	1,994	75
$\alpha(48 \text{ hr})$	-6.134	R	2,011	51
03/09/1989				
$\alpha(10 \text{ hr})$	1.965	A	1,991	71
$\alpha(15 \text{ hr})$	0.337	A	1,996	66
$\alpha(20 \text{ hr})$	-0.422	A	2,001	61
$\alpha(24 \text{ hr})$	0.026	A	2,002	57
$\alpha(48 \text{ hr})$	-0.853	A	2,038	33
10/09/1990				
$\alpha(10 \text{ hr})$	7.309	R	1,960	133
$\alpha(15 \text{ hr})$	8.863	R	1,960	128
$\alpha(20 \text{ hr})$	3.040	R	1,960	123
$\alpha(24 \text{ hr})$	0.048	A	1,960	119
$\alpha(48 \text{ hr})$	0.185	A	1,986	95
17/07/1991				
$\alpha(10 \text{ hr})$	11.259	R	2,013	48
$\alpha(15 \text{ hr})$	11.634	R	2,019	43
$\alpha(20 \text{ hr})$	11.913	R	2,030	38
$\alpha(24 \text{ hr})$	12.234	R	2,036	34
$\alpha(48 \text{ hr})$	5.844	R	2,228	10
28/04/1992				
$\alpha(10 \text{ hr})$	8.007	R	1,982	105
$\alpha(15 \text{ hr})$	5.546	R	1,984	100
$\alpha(20 \text{ hr})$	2.136	R	1,986	95
$\alpha(24 \text{ hr})$	5.717	R	1,987	91
$\alpha(48 \text{ hr})$	2.921	R	1,997	67

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Continuación Tabla N° 26

Crecida	Z Calculado		t(0,05)	N
30/08/1992				
$\alpha(10 \text{ hr})$	1.224	A	2,019	42
$\alpha(15 \text{ hr})$	5.189	R	2,035	37
$\alpha(20 \text{ hr})$	4.262	R	2,038	32
$\alpha(24 \text{ hr})$	4.031	R	2,045	28
$\alpha(48 \text{ hr})$	-0.704	A	2,776	4
05/06/1993				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-3.592	R	1,988	89
$\alpha(15 \text{ hr})$	-5.769	R	1,990	84
$\alpha(20 \text{ hr})$	-6.379	R	1,992	79
$\alpha(24 \text{ hr})$	-3.125	R	1,994	75
$\alpha(48 \text{ hr})$	-4.099	R	2,011	51
28/08/1993				
$\alpha(10 \text{ hr})$	9.702	R	1,989	87
$\alpha(15 \text{ hr})$	7.118	R	1,991	82
$\alpha(20 \text{ hr})$	3.427	R	1,993	77
$\alpha(24 \text{ hr})$	3.376	R	1,993	73
$\alpha(48 \text{ hr})$	4.281	R	2,012	49
30/04/1995				
$\alpha(10 \text{ hr})$	5.875	R	1,960	114
$\alpha(15 \text{ hr})$	1.421	A	1,982	109
$\alpha(20 \text{ hr})$	4.951	R	1,982	104
$\alpha(24 \text{ hr})$	1.508	R	1,984	100
$\alpha(48 \text{ hr})$	4.326	R	1,994	76
11/07/1995				
$\alpha(10 \text{ hr})$	-3.461	R	1,980	93
$\alpha(15 \text{ hr})$	-3.512	R	1,988	88
$\alpha(20 \text{ hr})$	-0.699	A	1,990	83
$\alpha(24 \text{ hr})$	0.099	A	1,992	79
$\alpha(48 \text{ hr})$	-0.027	A	2,006	55
28/07/1995				
$\alpha(10 \text{ hr})$	0.699	A	1,996	72
$\alpha(15 \text{ hr})$	1.368	A	1,997	67
$\alpha(20 \text{ hr})$	0.935	A	2,000	62
$\alpha(24 \text{ hr})$	0.320	A	2,003	58
$\alpha(48 \text{ hr})$	3.483	R	2,036	34
17/09/1995				
$\alpha(10 \text{ hr})$	5.004	R	1,960	121
$\alpha(15 \text{ hr})$	4.641	R	1,960	116
$\alpha(20 \text{ hr})$	-2.110	R	1,960	111
$\alpha(24 \text{ hr})$	1.257	A	1,960	107
$\alpha(48 \text{ hr})$	4.478	R	1,990	83

Z Calculado : es el valor del estadístico empleado.

N : Número total de datos utilizados en el test estadístico.

A : Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R : Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

5.3. - Almacenamiento de la Cuenca.

Desde la Tabla N° 27 hasta la Tabla N° 32, se presentan los resultados obtenidos para la capacidad de almacenamiento de la cuenca, en los tres modelos propuestos, y tanto para el planteamiento original como para el modificado.

Planteamiento Original.

Tabla N° 27: Capacidad de almacenamiento de la cuenca (Hm³), a partir del modelo exponencial 1 $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$.

Crecida	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
12/06/1982	8,00	8,05	8,65	9,13	12,73
15/07/1982	10,85	11,48	11,71	11,59	13,37
27/08/1982	13,44	11,48	9,60	11,52	16,47
12/09/1982	24,84	13,45	13,85	14,38	18,15
03/10/1982	14,50	12,16	10,31	12,37	14,12
20/10/1982	8,65	8,56	8,51	9,18	11,33
20/06/1983	1,75	1,91	2,15	2,23	3,28
06/07/1983	16,66	15,79	13,78	12,32	12,39
28/08/1983	6,58	7,98	8,89	10,67	7,93
19/06/1984	3,91	3,32	3,29	3,54	4,57
24/04/1986	1,73	1,52	1,66	1,44	1,82
17/05/1986	9,61	8,91	7,27	6,92	6,36
24/08/1986	14,85	13,29	13,15	13,99	16,50
26/11/1986	4,09	54,65	14,06	6,78	6,91
03/06/1987	2,01	2,10	2,19	2,35	2,58
28/07/1988	2,49	2,83	2,51	2,22	2,80
03/09/1989	8,28	6,05	6,36	13,07	10,59
10/09/1990	3,62	3,52	3,44	4,13	5,76
17/07/1991	7,45	9,23	9,94	9,20	10,81
28/04/1992	0,72	0,79	0,93	0,99	1,44
30/08/1992	6,96	7,84	8,32	7,96	9,15
05/06/1993	6,15	6,34	6,82	7,22	8,27
28/08/1993	8,60	8,10	8,05	7,55	8,77
30/04/1995	1,21	1,27	1,45	1,37	1,87
11/07/1995	4,79	5,50	6,55	6,57	9,02
28/07/1995	8,84	8,25	8,17	8,51	9,71
17/09/1995	4,56	4,87	5,76	5,98	8,16
\bar{X}	7,59	8,86	7,31	7,53	8,70

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 28: Capacidad de almacenamiento de la cuenca (Hm^3), a partir del modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha * t^n}$.

Crecida	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
12/06/1982	1,49	1,50	1,49	1,49	1,54
15/07/1982	1,54	1,53	1,50	1,48	1,43
27/08/1982	0,93	0,92	0,93	0,92	0,96
12/09/1982	3,42	1,01	0,91	0,87	0,77
03/10/1982	76,25	37,09	32,73	15,58	7,68
20/10/1982	1,68	1,71	1,70	1,68	1,70
20/06/1983	0,33	0,32	0,32	0,31	0,33
06/07/1983	2,05	1,74	1,77	1,82	1,95
28/08/1983	1,29	0,89	0,83	0,73	1,04
19/06/1984	0,39	0,47	0,50	0,48	0,45
24/04/1986	0,18	0,24	0,22	0,27	0,23
17/05/1986	3,32	24,62	1,97	1,89	1,64
24/08/1986	10,49	8,63	6,96	5,60	3,83
26/11/1986	0,45	0,57	0,62	0,45	0,49
03/06/1987	0,33	0,32	0,32	0,32	0,31
28/07/1988	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22
03/09/1989	1,11	1,50	1,31	0,84	1,04
10/09/1990	44,26	21,36	18,00	13,20	10,29
17/07/1991	1,06	0,78	0,78	0,88	0,85
28/04/1992	0,26	0,24	0,23	0,23	0,22
30/08/1992	5,09	2,18	1,77	1,84	1,45
05/06/1993	1,05	1,11	1,10	1,07	1,07
28/08/1993	0,65	0,67	0,65	0,60	0,57
30/04/1995	0,72	0,48	0,36	0,38	0,29
11/07/1995	4,20	1,81	1,26	1,25	0,96
28/07/1995	0,70	0,91	0,98	0,95	0,92
17/09/1995	0,53	0,56	0,52	0,52	0,51
\bar{X}	6,07	4,20	2,96	2,07	1,58

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 29: Capacidad de almacenamiento de la cuenca (Hm^3), a partir del modelo potencial $Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2}$.

Crecida	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
12/06/1982	15,25	14,99	15,82	16,49	21,99
15/07/1982	20,76	21,55	21,54	20,94	22,39
27/08/1982	26,44	22,31	18,35	22,02	30,90
12/09/1982	48,48	25,14	25,37	25,97	30,81
03/10/1982	28,30	23,29	19,24	23,09	25,01
20/10/1982	16,62	16,11	15,68	16,75	19,49
20/06/1983	3,26	3,46	3,82	3,87	5,42
06/07/1983	32,72	30,69	26,37	23,22	22,01
28/08/1983	12,83	15,46	17,13	20,55	14,30
19/06/1984	7,58	6,28	6,10	6,51	8,01
24/04/1986	3,23	3,60	3,04	3,02	3,46
17/05/1986	18,89	5,79	13,90	13,07	11,21
24/08/1986	28,93	25,45	24,80	26,17	29,44
26/11/1986	7,86	108,83	27,50	12,81	12,37
03/06/1987	3,82	3,90	3,98	4,23	4,24
28/07/1988	4,85	5,46	4,76	4,12	4,97
03/09/1989	16,35	11,77	12,29	25,64	20,17
10/09/1990	7,05	6,73	6,48	7,78	10,57
17/07/1991	14,57	17,97	19,24	17,63	20,11
28/04/1992	1,26	1,33	1,52	1,57	2,09
30/08/1992	21,60	21,11	20,63	18,50	18,83
05/06/1993	11,70	11,79	12,45	13,03	13,79
28/08/1993	16,86	15,69	15,41	14,27	15,92
30/04/1995	2,30	2,36	2,67	2,47	3,18
11/07/1995	54,42	21,47	19,12	22,95	22,34
28/07/1995	17,34	15,99	15,67	16,22	17,83
17/09/1995	8,83	9,32	10,95	11,29	14,97
\bar{X}	6,07	4,20	2,96	2,07	1,58

Fuente: Elaboración propia.

Planteamiento modificado (Qo al tercer punto de quiebre).

Tabla N° 30: Capacidad de almacenamiento de la cuenca (Hm³), a partir del modelo exponencial 1 $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha (t - t_0)}$.

Crecida	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
12/06/1982	9,7	9,6	10,5	11,5	13,5
15/07/1982	22,4	17,4	12,5	11,6	12,3
27/08/1982	4,6	31,7	23,2	19,1	19,3
12/09/1982	12,4	12,4	15,5	17,2	17,6
03/10/1982	21,6	131,0	43,2	25,6	40,7
20/10/1982	9,5	10,3	8,6	11,2	14,6
20/06/1983	2,1	3,2	4,3	5,1	4,0
06/07/1983	6,7	6,3	6,0	5,8	-30,1
28/08/1983	7,8	7,9	10,5	12,6	17,1
19/06/1984	4,9	4,9	3,8	3,8	4,3
24/04/1986	1,9	1,5	2,0	2,5	1,9
17/05/1986	6,3	6,3	6,2	5,9	5,7
24/08/1986	11,8	14,2	15,2	13,6	14,6
26/11/1986	2,4	2,7	7,5	18,3	18,0
03/06/1987	1,5	2,2	3,0	3,6	3,5
28/07/1988	1,8	2,7	3,6	4,4	8,8
03/09/1989	4,8	7,2	6,3	5,5	6,0
10/09/1990	2,6	2,1	4,1	5,0	3,9
17/07/1991	13,2	13,3	13,4	12,9	3,5
28/04/1992	0,9	1,3	1,7	1,3	1,9
30/08/1992	11,0	8,0	8,0	9,6	13,5
05/06/1993	7,9	11,9	10,4	7,2	6,7
28/08/1993	3,7	11,2	15,0	8,9	11,7
30/04/1995	1,4	2,1	1,9	2,2	2,1
11/07/1995	9,0	13,5	8,7	10,5	10,3
28/07/1995	18,7	11,8	9,9	11,9	10,3
17/09/1995	8,0	12,0	16,0	11,3	11,4
\bar{X}	7,73	13,29	10,04	9,56	9,15

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 31: Capacidad de almacenamiento de la cuenca (Hm^3), a partir del modelo exponencial 2 $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha * t^n}$.

Crecida	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
12/06/1982	1,23	1,27	1,24	1,23	1,23
15/07/1982	2,64	3,46	3,91	3,70	5,53
27/08/1982	901,50	1,46	4,01	8,00	0,94
12/09/1982	4,11	3,88	3,38	3,29	2,25
03/10/1982	2,01	0,93	1,06	1,75	1,67
20/10/1982	3,84	3,09	3,58	2,98	1,51
20/06/1983	0,38	0,28	0,27	0,27	0,32
06/07/1983	0,62	0,67	0,68	0,68	0,43
28/08/1983	1,90	1,74	1,38	1,27	0,67
19/06/1984	0,84	0,84	0,95	0,92	0,85
24/04/1986	0,12	0,08	0,08	0,09	0,06
17/05/1986	0,91	0,91	0,91	0,94	0,93
24/08/1986	1,72	1,53	1,54	1,65	1,69
26/11/1986	28,49	11,09	1,68	0,72	1,22
03/06/1987	0,32	0,24	0,23	0,23	0,27
28/07/1988	0,29	0,23	0,22	0,23	0,25
03/09/1989	0,74	0,52	0,62	0,68	0,70
10/09/1990	0,60	0,67	0,49	0,48	0,55
17/07/1991	1,11	0,74	0,91	0,84	0,71
28/04/1992	0,21	0,15	0,15	0,17	0,18
30/08/1992	1,41	1,00	1,19	1,12	1,23
05/06/1993	1,24	0,87	1,04	1,29	1,27
28/08/1993	0,89	0,86	1,04	0,51	0,58
30/04/1995	0,23	0,18	0,21	0,20	0,22
11/07/1995	2,52	1,29	2,22	1,90	2,07
28/07/1995	0,57	0,88	0,84	0,74	0,60
17/09/1995	1,09	0,73	0,68	0,88	0,98
\bar{X}	35,61	1,47	1,28	1,36	1,07

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 32: Capacidad de almacenamiento de la cuenca (Hm^3), a partir del modelo potencial $Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2}$.

Crecida	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
12/06/1982	18,91	18,46	19,93	21,76	24,31
15/07/1982	44,36	34,04	24,14	22,20	22,54
27/08/1982	8,87	62,98	45,88	37,47	42,56
12/09/1982	24,00	23,52	29,29	32,51	31,36
03/10/1982	42,96	261,56	85,92	50,54	48,49
20/10/1982	18,43	19,97	16,20	21,29	26,87
20/06/1983	4,16	6,24	8,32	9,98	9,67
06/07/1983	13,21	12,26	11,65	11,11	-61,12
28/08/1983	15,28	15,35	20,47	24,57	33,16
19/06/1984	9,71	9,49	7,35	7,24	8,08
24/04/1986	2,72	3,25	3,46	3,06	3,16
17/05/1986	12,41	12,28	12,06	11,35	10,44
24/08/1986	23,17	27,65	29,40	26,03	26,87
26/11/1986	4,73	5,15	14,66	36,29	35,18
03/06/1987	2,90	4,35	5,81	6,97	6,63
28/07/1988	3,56	5,34	7,12	8,55	17,10
03/09/1989	9,39	14,09	12,20	10,68	11,25
10/09/1990	5,08	4,02	7,92	9,51	9,47
17/07/1991	33,34	24,52	21,36	25,64	78,47
28/04/1992	1,65	2,48	3,31	2,54	2,78
30/08/1992	34,98	25,51	22,03	26,44	29,84
05/06/1993	15,60	23,39	20,24	13,77	12,04
28/08/1993	7,28	22,23	29,64	17,48	22,67
30/04/1995	2,78	4,18	3,57	4,28	3,83
11/07/1995	17,74	26,61	17,01	20,41	19,45
28/07/1995	37,14	23,34	19,35	23,23	19,65
17/09/1995	15,79	23,69	31,58	22,13	21,82
\bar{X}	15,93	26,51	19,62	18,77	19,13

Fuente: Elaboración propia.

6.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1.- Análisis de los Resultados.

Dado que las modelaciones generaron una gran cantidad de información distribuida en el espacio y tiempo, el análisis de los resultados se realizará sobre la base de las condiciones más particulares presentadas en cada uno de los modelos propuestos, y bajo los dos planteamientos, original y modificado, en relación al inicio de la curva recesiva.

6.1.1 .- Análisis de las crecidas seleccionadas.

Respecto a las crecidas seleccionadas, se puede destacar que éstas se encuentran entre los meses de abril y noviembre, en donde la crecida del 03/10/1983 es la que presenta la mayor cantidad de datos (horas), que corresponden a 176.

Por otro lado, de los resultados presentados en la tabla N°1, se establece que la crecida del 12/09/1982 registró el mayor caudal inicial de la curva recesiva (Q_0), cuyo valor es de $67,0 \text{ m}^3/\text{s}$, en tanto la crecida del 24/04/1986, fue la que mostró el menor caudal, correspondiente a $5,6 \text{ m}^3/\text{s}$.

6.2.- Análisis de los Resultados bajo el Planteamiento Original y Planteamiento Modificado.

En los caudales estimados a partir de las 27 crecidas seleccionadas y modeladas a los valores α ya señalados, se observa que para los tres modelos en estudio y en ambos planteamientos, se produce en general una subestimación de los caudales simulados en comparación con los caudales reales. Sin embargo, es el modelo potencial, en términos generales, el que presenta menor subestimación que los modelos exponenciales.

Al analizar el comportamiento gráfico de los modelos en cada una de las crecidas, se observó que a partir de $t = 30$ horas, después de iniciada la aportación exclusiva de

aguas subterráneas, los caudales modelados y los caudales observados dan inicio a la separación clara de sus curvas, determinando así, la sobre o subestimación de los caudales modelados.

Cabe hacer notar, que no se presentaron modelaciones de alta calidad en los tres modelos en estudio, ya que fue posible observar gráficamente diferencias notorias entre los caudales reales y los estimados. Sin embargo, es el modelo potencial, bajo los dos planteamientos ya descritos, quien entrega las mejores aproximaciones gráficas.

6.3.- Análisis de los parámetros de los modelos involucrados.

6.3.1. - Coeficiente de agotamiento (α).

Los resultados obtenidos por el modelo exponencial 1, muestran que el comportamiento de sus coeficientes de agotamiento (α), disminuyen en la medida que aumentan los lapsos considerados para la estimación de este coeficiente. Ello no ocurre en los modelos exponencial 2 y potencial, quienes presentan la condición inversa. Estas conclusiones pueden ser apreciadas por los valores entregados en las tablas N° 1; N° 2; N° 3; N° 4; N° 5; N° 6; N° 7 y N° 8. Luego, a pesar que es sabido que el coeficiente de agotamiento es particular a cada cuenca, se demuestra que éste es función importante del tipo de modelo matemático que se use.

Comparando entre los modelos ya vistos, y bajo ambos planteamientos, es el modelo potencial el que presenta los valores en promedio más bajos de los coeficientes de agotamiento (α), concentrados principalmente en el lapso de estimación de $\alpha = 48$ horas.

Es posible apreciar en las tablas N° 33 y N° 34, las cuales se entregan a continuación, que los valores obtenidos del parámetro α por el modelo exponencial 2 y para ambos planteamientos, dejan entrever la alta variabilidad del coeficiente. Asimismo, lo anterior se basa en que al comparar los valores del Coeficiente de Variación, se observa que el

modelo exponencial 2 es el que entrega las mayores diferencias, particularmente en el lapso de ajuste α 48 horas.

Tabla N° 33: Valores comparativos de α para los tres modelos y bajo el Planteamiento original (2° Punto de Quiebre).

Mod-Exp. 1	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)	α Total
Promedio	0,0141	0,0136	0,0132	0,0129	0,0105	0.0063
CV	0,6464	0,6195	0,5244	0,5060	0,4096	0.3514
Max	0,0506	0,0458	0,0390	0,0369	0,0253	0.0111
min	0,0052	0,0012	0,0045	0,0033	0,0040	0.0020
Rango	0,0454	0,0447	0,0345	0,0336	0,0212	0.0091
Mod-Exp. 2						
Promedio	0,0370	0,0399	0,0425	0,0441	0,0476	0.0243
CV	1,8388	1,8511	1,8044	1,7637	1,8647	1.1153
Max	0,3617	0,3660	0,3627	0,3517	0,3517	0.1108
min	0,0010	0,0007	0,0005	0,0003	0,0001	0.0016
Rango	0,3607	0,3654	0,3622	0,3513	0,3516	0.1092
Mod-Potencial						
Promedio	0,0071	0,0074	0,0071	0,0069	0,0060	0.0041
CV	0,7531	0,6958	0,6094	0,6048	0,5071	0.0315
Max	0,0288	0,0273	0,0238	0,0232	0,0174	0.0086
min	0,0013	0,0006	0,0023	0,0017	0,0021	0.0011
Rango	0,0274	0,0268	0,0216	0,0215	0,0153	0.0849

Promedio = Promedio del total de los datos simulados.

CV = Coeficiente de variación

Max = Valor máximo obtenido

Min = Valor mínimo obtenido

Rango = Diferencia entre el valor máximo y mínimo.

Tabla N° 34: Valores comparativos de α para los tres modelos y bajo el Planteamiento modificado (3° Punto de Quiebre).

Mod-Exponencial 1		α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
Promedio		0,0080	0,0066	0,0059	0,0057	0,0048
CV		0,4144	0,5334	0,4420	0,4070	0,5511
Max		0,0133	0,0160	0,0113	0,0097	0,0094
min		0,0022	0,0004	0,0013	0,0017	-0,0014
Rango		0,0111	0,0156	0,0100	0,0081	0,0108
Mod-Exponencial 2						
Promedio		0,0079	0,0077	0,0073	0,0071	0,0100
CV		0,7611	1,3002	1,2787	1,2502	1,8618
Max		0,0316	0,0532	0,0493	0,0469	0,1000
min		0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Rango		0,0312	0,0532	0,0492	0,0469	0,0999
Mod-Potencial						
Promedio		0,0041	0,0033	0,0031	0,0030	0,0027
CV		0,4348	0,5586	0,4477	0,4197	0,5509
Max		0,0069	0,0085	0,0060	0,0052	0,0053
min		0,0011	0,0002	0,0007	0,0008	0,0007
Rango		0,0058	0,0083	0,0053	0,0043	0,0059

Promedio = Promedio del total de los datos simulados.

CV = Coeficiente de variación

Max = Valor máximo obtenido

Min = Valor mínimo obtenido

Rango = Diferencia entre el valor máximo y mínimo.

Por otra parte y conforme a la información con que se cuenta, se descarta para los tres modelos la existencia de una relación entre los valores registrados del caudal inicial (Q_0) y el coeficiente de almacenamiento (α), ya que para valores muy similares o iguales de Q_0 , éstos presentan valores de α totalmente diferentes.

6.3.2. - Coeficiente adimensional “n” del modelo Exponencial 2.

El coeficiente adimensional “n” es un parámetro propio del modelo exponencial 2, el cual está asociado al caudal inicial (Q_0) y al coeficiente de almacenamiento (α) propio del mismo.

A partir de los resultados expuestos en las tablas N° 3 y N° 7 (planteamiento original y planteamiento modificado, respectivamente), es posible apreciar que los valores de “n” tienden a disminuir a medida que los tiempos de estimación se incrementan.

Por otra parte, a partir de los resultados entregados a continuación en las tablas N° 35 y N° 36, es posible apreciar que en la medida que se van incrementando los tiempos de estimación, el coeficiente de variación tiende a disminuir. Esto puede tener relación con el número de datos (horas) que estarían involucradas en cada una de las estimaciones del coeficiente, puesto que a un mayor número de datos (horas), la pendiente de la curva tiende a disminuir y con ello a suavizarse; esto se aprecia para todos los valores de α , a excepción de $\alpha = 10$ y $\alpha = 15$ horas y para el ambos planteamiento

Tabla N° 35: Valores comparativos de “n” bajo Planteamiento original (2° Punto de Quiebre).

2° Punto de Quiebre	n (α 10 hr)	n (α 15 hr)	n (α 20 hr)	n (α 24 hr)	n (α 48 hr)	n Total
Mod-Exp. 2						
Promedio	0,944	0,987	0,936	0,890	0,838	0,780
CV	0,489	0,372	0,307	0,283	0,235	0,358
Max	2,061	1,925	1,695	1,498	1,287	1,280
min	0,154	0,205	0,211	0,230	0,247	0,453
Rango	1,907	1,720	1,485	1,268	1,040	0,827

Promedio = Promedio del total de los datos simulados.

CV = Coeficiente de variación

Max = Valor máximo obtenido

Min = Valor mínimo obtenido

Rango = Diferencia entre el valor máximo y mínimo.

Tabla N° 36: Valores comparativos de “n” bajo el Planteamiento modificado (3° Punto de Quiebre).

3° Punto de Quiebre	n (α 10 hr)	n (α 15 hr)	n (α 20 hr)	n (α 24 hr)	n (α 48 hr)
Mod-Exponencial 2					
Promedio	1,089	0,809	0,796	0,802	0,785
CV	0,372	0,407	0,373	0,340	0,320
Max	2,534	1,577	1,427	1,424	1,269
min	0,270	0,083	0,066	0,180	0,296
Rango	2,263	1,494	1,361	1,244	0,973

Promedio = Promedio del total de los datos simulados.

CV = Coeficiente de variación

Max = Valor máximo obtenido

Min = Valor mínimo obtenido

Rango = Diferencia entre el valor máximo y mínimo.

6.4.- Análisis de la validación de los modelos involucrados.

6.4.1. - Coeficiente de determinación (R^2).

La gran variabilidad que presentan los Coeficientes de Determinación (R^2) en los tres modelos en estudio, tanto para las crecidas producidas durante los meses de invierno como las de verano, muestra la falta de una tendencia clara en el comportamiento de este coeficiente, producto que a medida que aumentan o disminuyen los lapsos considerados, no se mantiene un comportamiento definido. Sin embargo, en el modelo potencial se aprecia una leve tendencia a disminuir los R^2 en la medida que aumentan los tiempos de estimación.

Se hace importante señalar, que para el modelo exponencial 1 y exponencial 2, entre el 50% y el 81% de las crecidas modeladas, presentan un valor de coeficiente de determinación igual a 0 (cero). En cambio en el modelo potencial, bajo el 30% de las crecidas modeladas presentan esta condición, la cual se concentra principalmente en los $\alpha=20$ horas y $\alpha=48$ horas.

Es posible apreciar en las tablas N° 37 y N° 38 que en el modelo potencial los valores en promedio de R^2 más altos, se estarían concentrando en los primeros lapsos de ajuste,

sean éstos $\alpha = 10$ horas y $\alpha = 15$ horas. Asimismo, los valores más bajos registrados por el coeficiente de variación correspondieron a este mismo modelo y para ambas condiciones.

Por otro lado, son los modelos exponenciales los que presentan los más bajos promedios de R^2 y las mayores diferencias del coeficiente de determinación, demostrando así que no resultan ser buenos modelos predictivos, por lo menos para esta cuenca y los datos que presenta.

Tabla N° 37: Valores comparativos de R^2 para los tres modelos bajo el Planteamiento original (2° Punto de Quiebre).

2° Punto de Quiebre	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)	α Total
Mod-Ex. 1						
Promedio	0,174	0,088	0,100	0,123	0,106	0,576
CV	1,500	2,341	2,504	2,166	2,471	0,527
Max	0,837	0,680	0,942	0,928	0,944	0,979
min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rango	0,837	0,680	0,942	0,928	0,944	0,979
Mod-Exp. 2						
Promedio	0,193	0,245	0,190	0,121	0,108	0,795
CV	1,712	1,550	1,585	2,147	2,288	0,289
Max	0,981	0,939	0,968	0,951	0,881	0,980
min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rango	0,981	0,939	0,968	0,951	0,881	0,980
Mod-Potencial						
Promedio	0,373	0,336	0,296	0,328	0,297	0,709
CV	0,983	1,044	1,171	1,112	1,309	0,420
Max	0,943	0,952	0,944	0,981	0,947	0,980
min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rango	0,943	0,952	0,944	0,981	0,947	0,980

Promedio = Promedio del total de los datos simulados.

CV = Coeficiente de variación

Max = Valor máximo obtenido

Min = Valor mínimo obtenido

Rango = Diferencia entre el valor máximo y mínimo.

Tabla N° 38: Valores comparativos de R^2 para los tres modelos bajo el Planteamiento modificado (3° Punto de Quiebre).

3° Punto de Quiebre	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
Mod-Exponencial 1					
Promedio	0,203	0,210	0,323	0,443	0,260
CV	1,566	1,664	1,164	0,911	1,399
Max	0,895	0,953	0,967	0,931	0,925
min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rango	0,895	0,953	0,967	0,931	0,925
Mod-Exponencial. 2					
Promedio	0,203	0,033	0,060	0,105	0,035
CV	1,817	4,889	3,603	2,371	5,196
Max	0,945	0,843	0,808	0,818	0,948
min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rango	0,945	0,843	0,808	0,818	0,948
Mod-Potencial					
Promedio	0,281	0,325	0,361	0,423	0,190
CV	1,359	1,162	1,036	0,974	1,693
Max	0,903	0,937	0,999	0,980	0,955
min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rango	0,903	0,937	0,999	0,980	0,955

Promedio = Promedio del total de los datos simulados.

CV = Coeficiente de variación

Max = Valor máximo obtenido

Min = Valor mínimo obtenido

Rango = Diferencia entre el valor máximo y mínimo.

6.4.2. - Error Estándar de Estimación.

Para los tres modelos utilizados en el presente estudio, los valores obtenidos por el error estándar de estimación denotan una tendencia a que los valores medios de cada uno de estos modelos, tiendan a disminuir en la medida que aumentan los lapsos de estimación considerados, siendo específicamente el modelo exponencial 2, el que presenta las mayores diferencias entre los valores simulados y los observados. Esto puede ser apreciado en las tablas N° 39 y N° 40, las cuales se presentan a continuación.

Tabla N° 39: Valores comparativos de E.E.E para los tres modelos bajo el Planteamiento original (2° Punto de Quiebre).

2° Punto de Quiebre	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)	α Total
Mod-Exp. 1						
Promedio	3,360	3,694	3,427	3,204	2,306	2,089
CV	0,570	0,640	0,716	0,679	0,676	0,717
Max	8,386	9,490	9,135	8,590	6,607	5,922
min	0,637	0,975	0,493	0,492	0,286	0,246
Rango	7,749	8,514	8,642	8,098	6,320	5,676
Mod-Exp. 2						
Promedio	5,362	4,867	4,602	4,213	3,475	1,310
CV	1,281	1,242	1,266	1,289	1,372	0,748
Max	32,953	28,126	27,304	26,618	23,262	3,896
min	0,441	0,452	0,406	0,796	0,311	0,224
Rango	32,512	27,673	26,898	25,821	22,951	3,672
Mod-Potencial						
Promedio	2,266	2,346	2,165	1,927	1,434	1,473
CV	0,728	0,717	0,714	0,686	0,800	0,627
Max	7,781	6,861	5,923	5,426	5,071	3,624
min	0,377	0,326	0,511	0,279	0,266	0,313
Rango	7,404	6,534	5,412	5,147	4,804	3,311

Promedio = Promedio del total de los datos simulados.

CV = Coeficiente de variación

Max = Valor máximo obtenido

Min = Valor mínimo obtenido

Rango = Diferencia entre el valor máximo y mínimo.

6.4.3. - Prueba U de Mann-Whitney.

El nivel de ajuste mostrado por los tres modelos en estudio, empleando 27 test para cada lapso de ajuste considerado, y empleando el nivel del 95 % de confianza para cada una de ellas, determina que en términos generales se rechaza la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alternativa, expresando de esta manera, que la distribución de la población de los caudales observados (reales) y los caudales modelados, no son similares.

En las tablas N° 41 y N° 42, se expone el porcentaje de pruebas aceptadas por los tres modelos en estudio, en las 27 crecidas modeladas para un nivel de confianza del 95% y en cada uno de los lapsos de ajuste considerados.

Tabla N° 41: Porcentaje de pruebas aceptadas, para un nivel de confianza del 95% para los tres modelos en estudio y para los lapsos de ajuste considerados bajo el Planteamiento original (2° Punto de Quiebre).

Modelo	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
Exponencial 1	3,70	3,70	11,1	11,1	3,70
Exponencial 2	44,4	40,74	59,23	48,15	14,81
Potencial	14,8	14,80	3,70	14,81	22,22
Sumatoria (*)	17	16	20	20	11

(*) Los valores en la sumatoria corresponden al total de pruebas aceptadas de un total 81 crecidas evaluadas considerando a los 3 modelos aplicados.

Tabla N° 42: Número total de pruebas aceptadas, en porcentaje, para el nivel de ajuste del 95 % para los tres modelos en estudio y para los lapsos de ajuste considerados bajo el Planteamiento modificado (3° Punto de Quiebre).

Modelo	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
Exponencial 1	25,93	18,52	29,63	51,85	33,33
Exponencial 2	33,33	51,85	44,44	48,15	70,37
Potencial	25,93	22,2	29,63	55,56	37,04
Sumatoria (*)	23	25	28	42	38

(*) Los valores en la sumatoria corresponden al total de pruebas aceptadas de un total 81 crecidas evaluadas considerando a los 3 modelos aplicados.

De lo expuesto anteriormente se desprende que, el lapso de ajuste $\alpha = 24$ horas es el que entrega el mayor número de estimaciones aprobadas para los tres modelos en estudio y en ambas condiciones de modelación. Asimismo, es el modelo exponencial 2, en el planteamiento modificado, el que entrega el mayor porcentaje de crecidas aprobadas.

Por otra parte, los modelos exponencial 1 y potencial presentan el menor porcentaje de pruebas aceptadas. Es posible apreciar que a pesar de haber aumentado el número de pruebas aceptadas para dichos modelos bajo el planteamiento modificado, éstos no superan el 30% de aprobación en el total de crecidas modeladas y evaluadas.

En virtud de lo señalado, es importante mencionar que los resultados obtenidos por esta prueba son considerados deficientes, ya que únicamente el modelo exponencial 2 a un tiempo de ajuste de $\alpha = 20$ horas, sobrepasa el 50 % de aprobación. Cabe señalar que en general se ve que ningún moldeo aprueba satisfactoriamente las pruebas estadísticas y solo el error estándar es bajo.

Haciendo frente a la problemática presentada por los modelos al momento de simular caudales reales, se puede comentar que ninguno de los modelos utilizados puede considerarse como un buen modelo predictivo y éste basado en las pruebas estadísticas ya realizadas. Sin embargo, al relacionar el promedio de los EEE seleccionados, con los caudales promedio de cada una de las crecidas de todos los modelos en estudio y para los todos los lapsos de ajuste considerados bajo ambos Planteamiento, es posible inferir que el valor obtenido por el EEE puede considerarse bajo.

Esta relación ó cuociente permite señalar que existen diferencias del orden de un 39% a 15% entre los caudales modelados y los simulados para el planteamiento original, y entre un 19% y 6% para el Planteamiento Modificado.

En las tablas N° 43 y N° 44, se exponen los valores del cuociente entre el EEE y promedio de los caudales observados para las 27 crecidas modeladas y los valores obtenidos del bajo ambos Planteamiento y en cada uno de los lapsos de ajuste considerados

Tabla N° 43: Cuociente entre el EEE y el promedio de caudales observados para los tres modelos en estudio y para los lapsos de ajuste considerados bajo el Planteamiento original (2° Punto de Quiebre).

Modelo	$(EEE/Q\bar{x}) * 100$				
	α (10 h)	α (15 h)	α (20 h)	α (24 h)	α (48 h)
Exponencial 1	31	34	31	30	24
Exponencial 2	39	37	35	34	31
Potencial	20	22	20	19	15

EEE : Error Estándar de Estimación

$Q\bar{x}$: Promedio de los caudales observados.

Tabla N° 44: Cuociente entre el EEE y el promedio de caudales observados para los tres modelos en estudio y para los lapsos de ajuste considerados bajo el Planteamiento modificado (3° Punto de Quiebre).

Modelo	$(EEE/Q\bar{x}) * 100$				
	α (10 h)	α (15 h)	α (20 h)	α (24 h)	α (48 h)
Exponencial 1	19	17	12	10	12
Exponencial 2	16	14	11	9	8
Potencial	10	9	7	6	5

EEE : Error Estándar de Estimación

$Q\bar{x}$: Promedio de los caudales observados.

De acuerdo a las tablas N° 43 y N° 44, es el modelo potencial, bajo la condición de Planteamiento modificado, el que obtiene las menores diferencias de la relación entre los EEE y el promedio de los caudales reales, siendo el lapso de estimación $\alpha = 48$ horas el que entrega los valores más bajos.

Se puede apreciar además, que en la medida que aumentan los lapsos de ajuste considerados, existe una clara disminución de las diferencias registradas por el Error Estándar y el promedio de los caudales reales.

En este marco, es posible señalar que a la luz de los resultados obtenidos, es el modelo potencial quien ofrece los resultados más satisfactorios en comparación con los dos modelos exponenciales, encontrándose los mejores resultados en el planteamiento modificado. Esto último hace presumir que fue correcto la variación en la obtención del caudal inicial (Q_0).

Por consiguiente, se cree que una de las probables causas por qué los modelos utilizados no puedan explicar una mayor proporción de los caudales reales, radicaría en el desconocimiento de ciertos procesos que se llevan a cabo en la cuenca, y que los modelos no logran abordar matemáticamente. En otras palabras, una posible fuente de error la constituiría el tipo de modelos utilizados que no es suficientemente dúctil para explicar comportamientos particulares de la cuenca del Estero Upeo.

De esta manera, se puede decir que, conforme a los resultados, sería más adecuado utilizar el modelo potencial bajo el planteamiento modificado en el trabajo de estimación de caudales subterráneos, teniendo siempre presente que los resultados entregados por las pruebas estadísticas no son los mejores, por lo cual sería conveniente comparar sus resultados con otros modelos no trabajados en esta investigación.

6.5. - Capacidad de almacenamiento.

En el punto 5.4 de la presentación de resultados, pueden ser apreciados los valores obtenidos por la capacidad de almacenamiento de la cuenca de los tres modelos en estudio, los cuales fueron trabajados bajo el planteamientos original y modificado.

Dentro de estas tablas, es posible advertir la existencia de 5 capacidades de almacenamiento distintas para cada crecida, determinadas por el hecho de presentar 5 lapsos de ajuste diferentes. De esta manera, para el modelo exponencial 1 y modelo potencial, es posible observar una leve tendencia en el comportamiento en sus volúmenes almacenados, ya que en la medida que se ven incrementados los tiempos de estimación, es posible apreciar en más del 50 % del total de las crecidas modeladas, un aumento de la estimación de los volúmenes de almacenamiento de la cuenca. Sin embargo, uno de los volúmenes más altos registrados, se encuentra en los lapsos de ajuste más bajos presentados por el modelo exponencial 2, correspondiendo a 901,5 Hm^3 para $\alpha = 10$ horas.

De acuerdo a los resultados presentados por las tablas N° 45 y N° 46, las cuales se presentan a continuación, es posible apreciar que el modelo potencial, condición modificada, es el que presenta los volúmenes promedio más altos, alcanzando en el lapso de ajuste de $\alpha = 15$ horas, un volumen de 26,52 Hm^3 . Por lo tanto, es el modelo Potencial el que entrega los volúmenes de almacenamiento más altos de la cuenca, seguido del modelo exponencial 1 y finalmente el modelo exponencial 2, ya que este último no supera en promedio los 1,47 Hm^3 . No obstante, se hace necesario señalar que para el modelo exponencial 2, condición modificada y un $\alpha=10$ horas, se alcanza un

valor de capacidad de almacenamiento de 35,61 Hm³, valor que se genera a partir de una modelación atípica de la crecida del 27/08/1982, ya que el parámetro α alcanzó un valor muy bajo (0,0003) y el valor de “n” fue muy alto (2,534), lo que alteró el resultado promedio.

Es posible señalar que, de los tres modelos presentados y bajo ambos planteamientos, es el modelo potencial el que debe considerarse para futuras estimaciones para determinar la capacidad de almacenamiento en la cuenca, ya que además de entregar las estimaciones más altas de volumen almacenado, es quien ostenta los mejores resultados de las pruebas estadísticas realizadas.

Tabla N° 45: Valores comparativos de la Capacidad de almacenamiento de la cuenca (Hm³) para los tres modelos en estudio y bajo la condición original (2° Punto de Quiebre).

2° Punto de Quiebre	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
Mod-Exponencial 1					
Promedio	7,60	8,86	7,31	7,52	8,70
CV	0,73	1,13	0,56	0,55	0,55
Max	24,84	54,65	14,06	14,38	18,15
min	0,72	0,79	0,93	0,99	1,44
Rango	24,12	53,86	13,13	13,40	16,71
Mod-Exponencial 2					
Promedio	6,07	4,20	2,96	2,07	1,58
CV	2,70	2,12	2,33	1,79	1,45
Max	76,25	37,09	32,73	15,58	10,29
min	0,18	0,24	0,22	0,23	0,22
Rango	76,07	36,85	32,50	15,35	10,08
Mod-Potencial					
Promedio	16,74	17,33	14,22	14,60	15,77
CV	0,79	1,16	0,56	0,55	0,55
Max	54,42	108,83	27,50	26,17	30,90
min	1,26	1,33	1,52	1,57	2,09
Rango	53,15	107,50	25,97	24,60	28,81

Promedio = Promedio del total de los datos simulados.

CV = Coeficiente de variación

Max = Valor máximo obtenido

Min = Valor mínimo obtenido

Rango = Diferencia entre el valor máximo y mínimo.

Tabla N° 46: Valores comparativos de la Capacidad de almacenamiento de la cuenca (Hm^3) para los tres modelos en estudio y bajo el Planteamiento modificado (3° Punto de Quiebre).

3° Punto de Quiebre	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (24 hr)	α (48 hr)
Mod-Exponencial 1					
Promedio	7,73	13,29	10,04	9,57	9,15
CV	0,78	1,84	0,84	0,61	1,23
Max	22,40	130,99	43,24	25,60	40,70
min	0,78	1,84	0,84	0,61	1,23
Rango	21,63	129,16	42,40	24,99	39,47
Mod-Exponencial 2					
Promedio	35,61	1,47	1,28	1,36	1,07
CV	4,86	1,47	0,91	1,19	0,99
Max	901,50	11,09	4,01	8,00	5,53
min	4,86	1,47	0,91	1,19	0,99
Rango	896,64	9,62	3,10	6,81	4,54
Mod-Potencial					
Promedio	15,93	26,52	19,63	18,78	19,13
CV	0,80	1,84	0,85	0,62	1,20
Max	44,36	261,56	85,92	50,54	78,47
min	0,80	1,84	0,85	0,62	1,20
Rango	43,55	259,73	85,07	49,91	77,27

Promedio = Promedio del total de los datos simulados.

CV = Coeficiente de variación

Max = Valor máximo obtenido

Min = Valor mínimo obtenido

Rango = Diferencia entre el valor máximo y mínimo.

6.6. - Comparación con otro Estudio de Modelación de Caudales Recesivos.

Dentro de esta investigación, se planteó establecer un análisis comparativo con otro estudio en donde se hubiesen aplicado modelos de estimación de caudales recesivos. De acuerdo a esto, se eligió un estudio realizado por Caro (2001), y desarrollado en la misma Región del Maule, pero en un sector de la cordillera de la costa, con características de secano interior en la Cuenca del Río Purapel.

Las primeras diferencias observadas entre esta investigación y la realizada por Caro (2001), dice relación con el número de datos que pudieron ser extraídos de los caudales en los cuales se basa la modelación. Dicho autor realizó su estudio a partir de 20 crecidas, las cuales van desde el año 1990 al año 1995, mientras que el presente estudio consideró 27 crecidas entre los años 1982 y 1995. En cuanto a los valores de los caudales de las crecidas seleccionadas, la cuenca del Río Purapel presenta caudales bajos, (un valor medio de $10,78 \text{ m}^3/\text{s}$), mientras que en la cuenca del Río Lontué se presentan caudales bastantes más elevados con un valor medio de $22,45 \text{ m}^3/\text{s}$.

Otra diferencia que existe entre la cuenca del estero Upeo y la cuenca del Purapel, corresponde a la superficie que existe entre una cuenca y otra. Así, mientras la cuenca del Río Purapel tiene un extensión de 259 Km^2 , la cuenca del Río Lontué presenta una superficie de 2.784 Km^2 , por lo cual se considera que estas diferencias determinarían la presencia de coeficientes de agotamiento más bajos en la cuenca del Río Lontué, y por ende, una mayor capacidad de reserva de agua en el interior de la cuenca.

En la tabla N° 47 se entrega el valor asociado a la capacidad de almacenamiento en función de la unidad de superficie, en donde es posible apreciar que la cuenca del río Lontué, es casi tres veces la capacidad de almacenamiento de la Cuenca del río Purapel. De acuerdo a esto, queda de manifiesto que la Cuenca del río Lontué posee mayor capacidad de almacenamiento por unidad de superficie.

Tabla N° 47: Capacidad de almacenamiento de las cuencas de los ríos Lontué y Purapel, por unidad de superficie.

Capacidad de almacenamiento (m^3/Km^2)	Cuenca Lontué	Cuenca Purapel
Promedio	6224,85	2189,20

Fuente: Elaboración propia

Una diferencia adicional que existió entre este estudio y el realizado por Caro, 2001, dice relación con las características geológicas en cada una de las cuencas, específicamente la permeabilidad de los suelos. Ello, porque mientras la cuenca del Río

Purapel presenta suelos de poca permeabilidad, en la cuenca del Río Lontué, por encontrarse en un sector de precordillera andina, los tipos de suelo presentes son sueltos y disgregados, brindándole una mayor capacidad de infiltración a las escorrentías.

Esta diferencia es importante, debido al tipo de resultados que entregan los modelos. Es así como Caro (2001) afirma que, es el modelo exponencial 1 el que permite tener una mejor estimación de los caudales recesivos, lo cual queda reflejado por los buenos resultados obtenidos asociados a las pruebas estadísticas. Asimismo, plantea que el modelo potencial queda completamente descartado como predictor de caudales recesivos, a pesar que, según Cirujeda (1985), es el modelo potencial quien suele ajustarse mejor en terrenos poco permeables.

En el caso de la cuenca del estero Upeo, es el modelo potencial, condición modificada (3° punto de Quiebre), quien ostenta las mejores estimaciones estadísticas, lo cual se contradice con lo propuesto por Cirujeda (1985), y lo desarrollado por el estudio de Caro (2001). Por ende, no se puede decir *a priori*, qué tipo de modelo es el más adecuado, sin considerar el comportamiento de los datos.

7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan las principales conclusiones y recomendaciones derivadas de la realización del presente estudio.

7.1.- Conclusiones

- a) En la cuenca del Río Lontué se probaron tres modelos de estimación de caudales recesivos y ninguno de éstos presentó buenos resultados. El modelo que entregó los resultados menos negativos fue el modelo potencial, debido a que presentó resultados comparativamente superiores con el resto de los modelos. Lo anterior es avalado por los resultados de las pruebas de bondad de ajuste que se aplicaron.
- b) El objetivo de modificar la obtención de caudal inicial (Q_0) y denominarlo Planteamiento Modificado, tuvo los resultados esperados por esta investigación, ya que fue posible obtener una mejoría de los resultados evaluados por medio de indicadores y pruebas de bondad de ajuste. Asimismo, queda de manifiesto que para ambos planteamientos (Original y Modificado), es el modelo Potencial el que entrega los mejores resultados de dichos estimadores y los valores de capacidad de almacenamiento de la cuenca más altos.
- c) Los modelos exponenciales bajo ambos planteamientos (Original y Modificado) y basándose en los resultados obtenidos por las pruebas de bondad de ajuste que se aplicaron, no resultaron ser buenos modelos predictivos en la modelación de caudales recesivos, por lo menos para esta cuenca y los datos que aquí se trabajaron.
- d) Se cree que una de las probables causas de por qué los modelos utilizados no puedan explicar una mayor proporción de los caudales reales, radicaría en el desconocimiento de ciertos procesos que se llevan a cabo en una cuenca y que los modelos no consiguen interpretar matemáticamente.

- e) De esta manera, se puede decir que, conforme a los resultados, lo más adecuado sería utilizar el modelo potencial bajo el planteamiento modificado en el trabajo de estimación de caudales subterráneos en la cuenca del estero Upeo, teniendo siempre presente que los resultados entregados por las pruebas estadísticas no son los mejores, por lo cual sería conveniente intentar incorporar nuevos modelos no trabajados en esta investigación.

7.2.- Recomendaciones

En función de los resultados obtenidos, las siguientes son algunas recomendaciones derivadas de la realización de este estudio, con el propósito de mejorar las estimaciones de estudios posteriores.

- a) Sería recomendable que este estudio sea complementado y revisado en periodos posteriores, con el fin de apreciar el comportamiento de la cuenca y su capacidad de almacenamiento bajo nuevos eventos climáticos y con un mayor número de tormentas consideradas para el estudio.
- b) Es recomendable ampliar el estudio a otras cuencas de similares características, con el propósito de observar y comparar los resultados de los modelos bajo situaciones geográficas particulares.
- c) Por otra parte, se recomienda emplear, dentro de lo posible, el mayor número de estaciones fluviométricas que cuenten con limnógrafo, a fin de contar con una información de mayor cantidad; de este modo se obtendrían resultados que favorecerían una mejor gestión de los recursos hídricos.
- d) Finalmente, dado los resultados obtenidos, se recomienda complementar el estudio con nuevos modelos, los que permitan realizar estimaciones confiables para una buena planificación de los recursos hídricos de la cuenca del río Lontué y en general para zonas con limitaciones en la disponibilidad de los recursos hídricos.

BIBLIOGRAFÍA

APARICIO, F. 1997. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Editorial Limasa. México. 27-31 p.

BEDIENT, P; HUBER, W. 2002. Hydrology and Floodplain análisis. Tirad Edition. Prentice-Hall. U.S.A. 763 p.

CARO, J. 2001. Modelación de caudales recesivos para la cuenca del Río Purapel, Estación Nirivilo. Universidad de Talca. Talca. Chile. 4-29 p.

CIRUGEDA, J. 1985. Curso Internacional de Hidrología General y Aplicada. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Gabinete de Formación y Documentación. Madrid. España. 66-77 p.

CHOW, V; MAIDMENT, D. y MAYS, L. 1998. Hidrología Aplicada. Editorial Mc Chaw-Hill Interamericana, S.A. Santa Fe de Bogotá. Colombia. 1-3 p.

DAVID, S; DE WIEST, R. 1971. Hidrogeología. Editorial Ariel.

ESTRELA, T. 1992. “Modelación Matemática para la evaluación de los recursos hídricos”. Centro de Estudios Hidrográficos, Ministerio de Obras Públicas. Madrid, España. 55 p.

FARIÁS, C. 2002. “Calibración y Validación de dos modelos de simulación de cuencas, para la cuenca hidrográfica del río Achibueno”.Universidad de Talca. Talca. Chile. 104 p.

FETTER, C. 1994. “Applied Hidrogeology. 2ª.Ed. Prentice may Inc. U.S.A. 500 p.

GUZMÁN, J. 1994. Modelación matemática de caudales recesivos para la cuenca del Río Achibueno, Estación La Recova. Universidad de Talca. Talca. Chile. 4 p.

LINSLEY, R; KOHLER, M y PAULHUS, J. 1988. Hidrología para Ingenieros. 2^a edición de Mc Graw-Hill Latinoamericana. D. F. México. 183-193 p.

LLAMAS, J. 1993. “Hidrología General, Principios y Aplicaciones”. Servicio Editorial Universidad del País Vasco. España. 556 p.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTE Y MEDIO AMBIENTE. 1995. Libro blanco de las aguas subterráneas. Edita Secretaría General Técnica, centro de publicaciones MOP, MT y MMA. España. 9-29 p.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS. 2000. Programa de Manejo de Recursos Hídricos. Documento de Trabajo N°2: Cuenca Río Mataquito. Chile. 6 p.

NEWSON, M. 1993. Land, water and development. Sustainable management of river basin systems. Second edición. New York. U.S.A. 423 p

PIZARRO, R. et al 1991. “Predicción de caudales recesivos mediante modelos Matemáticos”. Revista “Universum”. Universidad de Talca. Talca. Chile. 31 p.

PIZARRO, R. 1993. “Elementos Técnicos de Hidrología III”. Proyecto Regional mayor sobre el uso y conservación de recursos hídricos en áreas rurales de América Latina y el Caribe. UNESCO-ORCYT, Uruguay. Editorial Universidad de Talca. Talca. Chile. 133 p

RAGHUNATH, H. 1987. Ground water. Second edición. New York. U.S.A. 561 p.

REMENIERAS, C. 1971. Tratado de hidrología aplicada. Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona. España.

TODD, D. 1980. "Ground water hidrology". Secon Edition. U.S.A. 535 p.

TRAGSA Y TRAGSATEC. 1994. Restauración hidrológica forestal de cuencas y control de erosión. Empresa de Transferencia Agraria S. A. y Tecnologías y servicios Agrarios S. A. Ediciones Multi-Prensa. Madrid. España. 902 p.

ANEXOS

ANEXO I : Red de estaciones Fluviométricas y Pluviométricas en la Cuenca del Mataquito, VII Región. (M.O.P, 2000).

<i>Nombre de la estación.</i>	<i>Latitud. (S)</i>	<i>Longitud. (O)</i>	<i>Altitud. (msnm)</i>	<i>Periodo de información.</i>	<i>Institución de control.</i>
-------------------------------	-------------------------	--------------------------	----------------------------	------------------------------------	------------------------------------

A) Estaciones Fluviométricas que cuentan con plataforma colectora de datos satelitales

Teno después de la junta	34° 59' 39''	70° 49' 14''	680	1947 a la fecha	DGA
Colorado antes de la junta Río Palos	35° 16' 14''	71° 00' 47''	538	1967 a la fecha.	DGA
Palos antes de la junta. Río Colorado	35° 16' 27''	71° 00' 55''	530	1947 a la fecha	DGA
Mataquito del Licantén	71° 00' 47''	71° 00' 47''	15	1987 a la fecha	DGA

B) Estaciones Fluvimétricas que cuentan con limnógrafos electrónicos (datalogger).

Claro en Los Quedes	35° 59' 54''	70° 48' 34''	-----	1929 a la fecha	-----
Estero Upeo en Upeo	35° 10' 23''	71° 05' 28''	-----	1964 a la fecha	-----
Teno bajo Qda. Infiernillo	35° 02' 42''	70° 38' 07''	-----	1985 a la fecha	-----

C) Estaciones de muestro sedimentológico y químico.

Teno en Los Queñes	34° 59' 35''	70° 48' 35'	-----	-----	DGA
Claro en Los Queñes	34° 59' 54''	70° 48' 34''	-----	-----	DGA
Teno antes de la Jta. Río Mataquito	34° 57' 52''	71° 22' 13''	-----	-----	DGA
Lontué después Jta. Ríos Palos y Colorado	35° 16' 05''	71° 00' 55''	-----	-----	DGA
Lontué en Panamericana	35° 01' 24''	71° 14' 51''	-----	-----	DGA
Lontué Sagrada Familia	34° 59' 00''	71° 23' 20''	-----	-----	DGA
Mataquito en Pte Lautaro	35° 02' 12''	72° 03' 55''	-----	-----	DGA

---- = Sin Información.

Fuente: Dirección General de Aguas, VII Región.

ANEXO II: Curvas de descargas para la Estación Estero Upeo en Upeo. (D.G.A., VII Región, 2000)

ESTACIÓN : ESTERO UPEO EN UPEO
 CODIGO BNA : 07116001-7
 LATITUD S : 35 11
 ALTITUD W : 450 msnm
 CUENCA : RÍO MATAQUITO
 SUP. CUENCA : 356 Km²

PERIODO DE VALIDEZ.

DESDE :05-07-84.

HASTA : 24-06-86.

TABULACIÓN DE LA CURVA (m ³ /s)										
H (cm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	.000	.080	.160	.240	.320	.400	.510	.620	.730	.840
30	.950	1.07	1.19	1.31	1.43	1.55	1.68	1.82	1.95	2.09
40	2.22	2.37	2.52	2.67	2.82	2.97	3.15	3.32	3.50	3.67
50	3.85	4.04	4.24	4.43	4.63	4.82	5.03	5.24	5.44	5.65
60	5.86	6.10	6.34	6.57	6.81	7.05	7.31	7.57	7.83	8.09
70	8.35	8.64	8.93	9.22	9.51	9.80	10.1	10.4	10.8	11.1
80	11.4	11.7	12.1	12.4	12.8	13.1	13.5	13.8	14.2	14.5
90	14.9	15.2	15.6	15.9	16.3	16.6	17.0	17.4	17.8	18.2
100	18.6	19.0	19.4	19.9	20.3	20.7	21.1	21.5	22.0	22.4
110	22.8	23.2	23.7	24.1	24.6	25.0	25.4	25.9	26.3	26.8
120	27.2	27.7	28.1	28.6	29.0	29.5	30.0	30.5	30.9	31.4
130	31.9	32.4	32.9	33.3	33.8	34.3	34.8	35.3	35.8	36.3
140	36.8	37.3	37.9	38.4	39.0	39.5	40.0	40.5	41.0	41.5
150	42.0	42.5	43.0	43.5	44.0	44.5	45.0	45.5	46.1	46.6
160	47.1	47.6	48.1	48.7	49.2	49.7	50.2	50.8	51.3	51.9
170	52.4	52.9	53.5	54.0	54.6	55.1	55.6	56.2	56.7	57.3
180	57.8	58.3	58.9	59.4	60.0	60.5	61.1	61.6	62.2	62.7
190	63.3	63.9	64.5	65.0	65.6	66.2	66.8	67.4	67.9	68.5
200	69.1	69.7	70.3	70.9	71.5	72.1	72.7	73.3	73.9	74.5
210	75.1	75.7	76.3	76.9	77.5	78.1	78.7	79.3	79.9	80.5
220	81.1	81.7	82.3	82.9	83.5	84.1	84.7	85.3	86.0	86.6
230	87.2	87.8	88.4	89.1	89.7	90.3	90.9	91.6	92.2	92.9
240	93.5	94.1	94.7	95.4	96.0	96.6	97.2	97.9	98.5	99.2
250	100.	100.	101.	102.	102.	103.	104.	104.	105.	105.
260	106.	107.	107.	108.	108.	109.	110.	111.	111.	112.
270	113.	114.	114.	115.	115.	116.	117.	118.	118.	119.
280	120.	121.	121.	122.	122.	123.	124.	124.	125.	125.
290	126.	127.	127.	128.	128.	129.	130.	131.	131.	132.
300	133.	134.	134.	135.	135.	136.	137.	138.	138.	139.
340	162.	163.	163.	164.	164.	165.	166.	167.	167.	168.

Fuente: Dirección General de Aguas, VII Región.

PERIODO DE VALIDEZ.

DESDE :25-06-86.

HASTA : 12-07-87.

TABULACIÓN DE LA CURVA (m ³ /s).										
H (cm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	.200	.250	.300	.350	.400	.450	.516	.582	.648	.714
50	.780	.878	.976	1.07	1.17	1.27	1.42	1.56	1.71	1.85
60	2.00	2.18	2.36	2.54	2.72	2.90	3.12	3.34	3.56	3.78
70	4.00	4.26	4.52	4.78	5.04	5.30	5.60	5.90	6.20	6.50
80	6.80	7.13	7.46	7.79	8.12	8.45	8.84	9.23	9.62	10.0
90	10.4	10.8	11.3	11.7	12.2	12.6	13.1	13.6	14.0	14.5
100	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5
110	20.0	20.5	21.0	21.6	22.1	22.6	23.1	23.6	24.2	24.7
120	25.2	25.7	26.2	26.8	27.3	27.8	28.3	28.8	29.2	29.7
130	30.2	30.7	31.2	31.8	32.3	32.8	33.3	33.8	34.4	34.9
140	35.4	35.9	36.4	37.0	37.5	38.0	38.5	39.0	39.6	40.1
150	40.6	41.1	41.6	42.2	42.7	43.2	43.7	44.2	44.8	45.3
160	45.8	46.3	46.8	47.4	47.9	48.4	49.0	49.5	50.1	50.6
170	51.2	51.8	52.4	52.9	53.5	54.1	54.7	55.3	56.0	56.6
180	57.2	57.8	58.4	59.0	59.6	60.2	60.8	61.4	62.1	62.7
190	63.3	63.9	64.5	65.2	65.8	66.4	67.0	67.6	68.1	68.7
200	69.3	69.9	70.5	71.0	71.6	72.2	72.8	73.4	73.9	74.5
210	75.1	75.7	76.3	76.9	77.5	78.1	78.7	79.3	79.9	80.5
220	81.1	81.7	82.3	82.9	83.5	84.1	84.7	85.3	86.0	86.6
230	87.2	87.8	88.4	89.1	89.7	90.3	90.9	91.6	92.2	92.9
240	93.5	94.1	94.7	95.4	96.0	96.6	97.2	97.9	98.5	99.2
250	100.	100.	101.	102.	102.	103.	104.	104.	105.	105.
260	106.	107.	107.	108.	108.	109.	110.	110.	111.	111.
270	112.	113.	113.	114.	114.	115.	116.	117.	117.	118.
280	119.	120.	120.	121.	121.	122.	123.	124.	124.	125.
290	126.	127.	127.	128.	128.	129.	130.	131.	131.	132.
300	133.	134.	134.	135.	135.	136.	137.	138.	138.	139.
310	140.	141.	141.	142.	142.	143.	144.	145.	145.	146.
320	147.	148.	148.	149.	149.	150.	151.	152.	152.	153.
330	154.	155.	156.	156.	157.	158.				

Fuente: Dirección General de Aguas, VII Región.

PERIODO DE VALIDEZ.

DESDE : 13-07-87.

HASTA : 22-08-89.

TABULACIÓN DE LA CURVA (m ³ /s).										
H (cm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20						.100	.150	.200	.250	.300
30	.350	.430	.510	.590	.670	.750	.850	.950	1.05	1.15
40	1.25	1.37	1.50	1.62	1.75	1.87	2.01	2.15	2.30	2.44
50	2.58	2.77	2.95	3.14	3.32	3.51	3.71	3.91	4.10	4.30
60	4.50	4.72	4.94	5.16	5.38	5.60	5.83	6.05	6.28	6.50
70	6.73	6.99	7.25	7.50	7.76	8.02	8.30	8.58	8.86	9.14
80	9.42	9.72	10.0	10.3	10.6	10.9	11.3	11.6	12.0	12.3
90	12.7	13.1	13.4	13.8	14.1	14.5	14.9	15.3	15.7	16.1
100	16.5	16.9	17.3	17.7	18.1	18.5	18.9	19.3	19.8	20.2
110	20.6	21.0	21.5	21.9	22.4	22.8	23.3	23.8	24.2	24.7
120	25.2	25.7	26.2	26.8	27.3	27.8	28.3	28.8	29.2	29.7
130	30.2	30.7	31.2	31.8	32.3	32.8	33.3	33.8	34.4	34.9
140	35.4	35.9	36.4	37.0	37.5	38.0	38.5	39.0	39.6	40.1
150	40.6	41.1	41.6	42.2	42.7	43.2	43.7	44.2	44.8	45.3
160	45.8	46.3	46.8	47.4	47.9	48.4	49.0	49.5	50.1	50.6
170	51.2	51.8	52.4	52.9	53.5	54.1	54.7	55.3	56.0	56.6
180	57.2	57.8	58.4	59.0	59.6	60.2	60.8	61.4	62.1	62.7
190	63.3	63.9	64.5	65.2	65.8	66.4	67.0	67.6	68.1	68.7
200	69.3	69.9	70.5	71.0	71.6	72.2	72.8	73.4	73.9	74.5
210	75.1	75.7	76.3	76.9	77.5	78.1	78.7	79.3	79.9	80.5
220	81.1	81.7	82.3	82.9	83.5	84.1	84.7	85.3	86.0	86.6
230	87.2	87.8	88.4	89.1	89.7	90.3	90.9	91.6	92.2	92.9
240	93.5	94.1	94.7	95.4	96.0	96.6	97.2	97.9	98.5	99.2
250	100.	100.	101.	102.	102.	103.	104.	104.	105.	105.
260	106.	107.	107.	108.	108.	109.	110.	110.	111.	111.
270	112.	113.	113.	114.	114.	115.	116.	117.	117.	118.
280	119.	120.	120.	121.	121.	122.	123.	124.	124.	125.
290	126.	127.	127.	128.	128.	129.	130.	131.	131.	132.
300	133.	134.	134.	135.	135.	136.	137.	138.	138.	139.
310	140.	141.	141.	142.	142.	143.	144.	145.	145.	146.
320	147.									

Fuente: Dirección General de Aguas, VII Región.

PERIODO DE VALIDEZ.

DESDE : 23-08-89.

HASTA : 25-05-92.

TABULACION DE LA CURVA (m ³ /s).										
H (cm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0						.050	.070	.090	.110	.130
10	.150	.190	.230	.270	.310	.350	.408	.466	.524	.582
20	.640	.718	.796	.874	.952	1.03	1.14	1.25	1.36	1.47
30	1.58	1.72	1.87	2.01	2.16	2.30	2.48	2.65	2.83	3.00
40	3.18	3.38	3.58	3.77	3.97	4.17	4.40	4.63	4.85	5.08
50	5.31	5.57	5.83	6.09	6.35	6.61	6.90	7.19	7.47	7.76
60	8.05	8.34	8.63	8.92	9.21	9.50	9.80	10.1	10.4	10.7
70	11.0	11.3	11.6	11.9	12.2	12.5	12.8	13.2	13.5	13.9
80	14.2	14.5	14.8	15.2	15.5	15.8	16.2	16.5	16.9	17.2
90	17.6	18.0	18.3	18.7	19.0	19.4	19.8	20.2	20.5	20.9
100	21.3	21.7	22.1	22.4	22.8	23.2	23.6	24.0	24.3	24.7
110	25.1	25.5	26.0	26.4	26.9	27.3	27.7	28.2	28.6	29.1
120	29.5	29.9	30.4	30.8	31.3	31.7	32.1	32.6	33.0	33.5
130	33.9	34.4	34.8	35.3	35.7	36.2	36.7	37.1	37.6	38.0
140	38.5	39.0	39.4	39.9	40.3	40.8	41.3	41.8	42.2	42.7
150	43.2	43.7	44.2	44.6	45.1	45.6	46.1	46.6	47.1	47.6
160	48.1	48.6	49.1	49.6	50.1	50.6	51.1	51.6	52.1	52.6
170	53.1	53.6	54.1	54.6	55.1	55.6	56.1	56.6	57.2	57.7
180	58.2	58.7	59.2	59.8	60.3	60.8	61.3	61.9	62.4	63.0
190	63.5	64.1	64.6	65.2	65.7	66.3	66.9	67.5	68.0	68.6
200	69.2	69.8	70.4	71.0	71.6	72.2	72.8	73.4	73.9	74.5
210	75.1	75.7	76.3	76.9	77.5	78.1	78.7	79.3	79.9	80.5
220	81.1	81.7	82.3	82.9	83.5	84.1	84.7	85.3	86.0	86.6
230	87.2	87.8	88.4	89.1	89.7	90.3	90.9	91.6	92.2	92.9
240	93.5	94.1	94.7	95.4	96.0	96.6	97.2	97.9	98.5	99.2
250	100.	100.	101.	102.	102.	103.	104.	104.	105.	105.
260	106.	107.	108.	108.	109.	110.	111.	111.	112.	112.
270	113.	114.	114.	115.	115.	116.	117.	118.	118.	119.
280	120.	121.	121.	122.	122.	123.	124.	124.	125.	125.
290	126.	127.	128.	128.	129.	130.	131.	131.	132.	132.
300	133.	134.	135.	135.	136.	137.	138.	138.	139.	139.
310	140.	141.	142.	142.	143.	144.	145.	146.	146.	147.
320	148.	149.	149.	150.	150.	151.	152.	153.	153.	154.
330	155.	156.	157.	157.	158.	159.	160.	160.	161.	161.
340	162.	163.	164.	164.	165.	166.	167.	168.	168.	169.
350	170.	171.	171.	172.	172.	173.	174.	175.	175.	176.
360	177.	178.	179.	179.	180.	181.	182.	183.	183.	184.
370	185.	186.	187.	187.	188.	189.	190.	191.	191.	192.
380	193.	194.	195.	195.	196.	197.	198.	199.	199.	200.

Fuente: Dirección General de Aguas, VII Región.

PERIODO DE VALIDEZ.

DESDE : 26-05-92.

HASTA : 05-06-93.

TABULACIÓN DE LA CURVA (m ³ /s).										
H (cm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
60	.300	.404	.508	.612	.716	.820	.946	1.07	1.20	1.32
70	1.45	1.59	1.74	1.88	2.03	2.17	2.34	2.50	2.67	2.83
80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00
90	5.25	5.60	5.95	6.30	6.65	7.00	7.46	7.92	8.38	8.84
100	9.30	9.76	10.2	10.7	11.1	11.6	12.1	12.6	13.1	13.6
110	14.1	14.6	15.1	15.7	16.2	16.7	17.2	17.7	18.3	18.8
120	19.3	19.8	20.4	20.9	21.5	22.0	22.6	23.1	23.7	24.2
130	24.8	25.4	26.0	26.6	27.2	27.8	28.4	29.0	29.6	30.2
140	30.8	31.4	32.0	32.7	33.3	33.9	34.5	35.1	35.8	36.4
150	37.0	37.6	38.2	38.9	39.5	40.1	40.7	41.3	42.0	42.6
160	43.2	43.8	44.4	45.1	45.7	46.3	46.9	47.5	48.2	48.8
170	49.4	50.0	50.6	51.3	51.9	52.5	53.1	53.8	54.4	55.1
180	55.7	56.3	56.9	57.6	58.2	58.8	59.4	60.1	60.7	61.4
190	62.0	62.6	63.2	63.9	64.5	65.1	65.7	66.4	67.0	67.7
200	68.3	68.9	69.5	70.2	70.8	71.4	72.0	72.7	73.3	74.0
210	74.6	75.2	75.8	76.5	77.1	77.7	78.3	79.0	79.6	80.3
220	80.9	81.5	82.1	82.8	83.4	84.0	84.6	85.3	85.9	86.6
230	87.2	87.8	88.4	89.1	89.7	90.3	90.9	91.6	92.2	92.9
240	93.5	94.1	94.7	95.4	96.0	96.6	97.2	97.9	98.5	99.2
250	100.	100.	101.	102.	102.	103.	104.	104.	105.	105.
260	106.	107.	108.	108.	109.	110.	111.	111.	112.	112.
270	113.	114.	114.	115.	115.	116.	117.	118.	118.	119.
280	120.	121.	121.	122.	122.	123.	124.	124.	125.	125.
290	126.	127.	128.	128.	129.	130.	131.	131.	132.	132.
300	133.	134.	135.	135.	136.	137.	138.	138.	139.	139.
310	140.	141.	142.	142.	143.	144.	145.	146.	146.	147.
320	148.	149.	149.	150.	150.	151.	152.	153.	153.	154.
330	155.	156.	157.	157.	158.	159.	160.	160.	161.	161.
340	162.	163.	164.	164.	165.	166.	167.	168.	168.	169.
350	170.	171.	171.	172.	172.	173.	174.	175.	175.	176.
360	177.	178.	179.	179.	180.	181.	182.	183.	183.	184.
370	185.									

Fuente: Dirección General de Aguas, VII Región.

PERIODO DE VALIDEZ.

DESDE : 06-06-93.

HASTA : 24-07-94.

TABULACION DE LA CURVA (m ³ /s).										
H (cm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	.100	.176	.252	.328	.404	.480	.564	.648	.732	.816
60	.900	1.00	1.11	1.21	1.32	1.42	1.55	1.68	1.80	1.93
70	2.06	2.22	2.38	2.53	2.69	2.85	3.04	3.23	3.42	3.61
80	3.80	4.01	4.23	4.44	4.66	4.87	5.13	5.38	5.64	5.89
90	6.15	6.44	6.73	7.01	7.30	7.59	7.93	8.27	8.62	8.96
100	9.30	9.76	10.2	10.7	11.1	11.6	12.1	12.6	13.1	13.6
110	14.1	14.6	15.1	15.7	16.2	16.7	17.2	17.7	18.3	18.8
120	19.3	19.8	20.4	20.9	21.5	22.0	22.6	23.1	23.7	24.2
130	24.8	25.4	26.0	26.6	27.2	27.8	28.4	29.0	29.6	30.2
140	30.8	31.4	32.0	32.7	33.3	33.9	34.5	35.1	35.8	36.4
150	37.0	37.6	38.2	38.9	39.5	40.1	40.7	41.3	42.0	42.6
160	43.2	43.8	44.4	45.1	45.7	46.3	46.9	47.5	48.2	48.8
170	49.4	50.0	50.6	51.3	51.9	52.5	53.1	53.8	54.4	55.1
180	55.7	56.3	56.9	57.6	58.2	58.8	59.4	60.1	60.7	61.4
190	62.0	62.6	63.2	63.9	64.5	65.1	65.7	66.4	67.0	67.7
200	68.3	68.9	69.5	70.2	70.8	71.4	72.0	72.7	73.3	74.0
210	74.6	75.2	75.8	76.5	77.1	77.7	78.3	79.0	79.6	80.3
220	80.9	81.5	82.1	82.8	83.4	84.0	84.6	85.3	85.9	86.6
230	87.2	87.8	88.4	89.1	89.7	90.3	90.9	91.6	92.2	92.9
240	93.5	94.1	94.7	95.4	96.0	96.6	97.2	97.9	98.5	99.2
250	100.	100.	101.	102.	102.	103.	104.	104.	105.	105.
260	106.	107.	108.	108.	109.	110.	111.	111.	112.	112.
270	113.	114.	114.	115.	115.	116.	117.	118.	118.	119.
280	120.	121.	121.	122.	122.	123.	124.	124.	125.	125.
290	126.	127.	128.	128.	129.	130.	131.	131.	132.	132.
300	133.	134.	135.	135.	136.	137.	138.	138.	139.	139.
310	140.	141.	142.	142.	143.	144.	145.	146.	146.	147.
320	148.	149.	149.	150.	150.	151.	152.	153.	153.	154.
330	155.	156.	157.	157.	158.	159.	160.	160.	161.	161.
340	162.	163.	164.	164.	165.	166.	167.	168.	168.	169.
350	170.	171.	171.	172.	172.	173.	174.	175.	175.	176.
360	177.	178.	179.	179.	180.	181.	182.	183.	183.	184.
370	185.	186.	187.	187.	188.	189.	190.	191.	191.	192.
380	193.	194.	195.	195.	196.	197.	198.	199.	199.	200.
390	201.	202.	203.	203.	204.	205.	206.	207.	207.	208.
400	209.	210.	211.	211.	212.	213.	214.	215.	215.	216.

Fuente: Dirección General de Aguas, VII Región.

PERIODO DE VALIDEZ.

DESDE : 25-07-94.

HASTA : 27-06-95.

TABULACION DE LA CURVA (m ³ /s).										
H (cm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	.000	.040	.080	.120	.160	.200	.316	.432	.548	.664
50	.780	.900	1.02	1.14	1.26	1.38	1.52	1.67	1.81	1.96
60	2.10	2.25	2.40	2.56	2.71	2.86	3.04	3.23	3.41	3.60
70	3.78	3.98	4.19	4.39	4.60	4.80	5.03	5.25	5.48	5.70
80	5.93	6.18	6.44	6.69	6.95	7.20	7.48	7.76	8.04	8.32
90	8.60	8.90	9.20	9.50	9.80	10.1	10.4	10.7	11.1	11.4
100	11.7	12.0	12.4	12.7	13.1	13.4	13.8	14.1	14.5	14.8
110	15.2	15.6	16.0	16.3	16.7	17.1	17.5	18.0	18.4	18.9
120	19.3	19.8	20.4	20.9	21.5	22.0	22.6	23.1	23.7	24.2
130	24.8	25.4	26.0	26.6	27.2	27.8	28.4	29.0	29.6	30.2
140	30.8	31.4	32.0	32.7	33.3	33.9	34.5	35.1	35.8	36.4
150	37.0	37.6	38.2	38.9	39.5	40.1	40.7	41.3	42.0	42.6
160	43.2	43.8	44.4	45.1	45.7	46.3	46.9	47.5	48.2	48.8
170	49.4	50.0	50.6	51.3	51.9	52.5	53.1	53.8	54.4	55.1
180	55.7	56.3	56.9	57.6	58.2	58.8	59.4	60.1	60.7	61.4
190	62.0	62.6	63.2	63.9	64.5	65.1	65.7	66.4	67.0	67.7
200	68.3	68.9	69.5	70.2	70.8	71.4	72.0	72.7	73.3	74.0
210	74.6	75.2	75.8	76.5	77.1	77.7	78.3	79.0	79.6	80.3
220	80.9	81.5	82.1	82.8	83.4	84.0	84.6	85.3	85.9	86.6
230	87.2	87.8	88.4	89.1	89.7	90.3	90.9	91.6	92.2	92.9
240	93.5	94.1	94.7	95.4	96.0	96.6	97.2	97.9	98.5	99.2
250	100.	100.	101.	102.	102.	103.	104.	104.	105.	105.
260	106.	107.	108.	108.	109.	110.	111.	111.	112.	112.
270	113.	114.	114.	115.	115.	116.	117.	118.	118.	119.
280	120.	121.	121.	122.	122.	123.	124.	124.	125.	125.
290	126.	127.	128.	128.	129.	130.	131.	131.	132.	132.
300	133.	134.	135.	135.	136.	137.	138.	138.	139.	139.
310	140.	141.	142.	142.	143.	144.	145.	146.	146.	147.
320	148.	149.	149.	150.	150.	151.	152.	153.	153.	154.
330	155.	156.	157.	157.	158.	159.	160.	160.	161.	161.
340	162.	163.	164.	164.	165.	166.	167.	168.	168.	169.
350	170.	171.	171.	172.	172.	173.	174.	175.	175.	176.
360	177.	178.	179.	179.	180.	181.	182.	183.	183.	184.
370	185.	186.	187.	187.	188.	189.	190.	191.	191.	192.
380	193.	194.	195.	195.	196.	197.	198.	199.	199.	200.
390	201.	202.	203.	203.	204.	205.	206.	207.	207.	208.
400	209.	210.	211.	211.	212.	213.	214.	215.	215.	216.

Fuente: Dirección General de Aguas, VII Región.

ANEXO III: Coeficiente de Determinación (R^2) (Farías, 2001).

Mediante el Coeficiente de Determinación (R^2), se estableció qué proporción de la variación total de la variable dependiente (caudales observados), es explicada por la variable independiente (caudales modelados). La forma de determinarla es la siguiente:

$$\sum (y - \bar{y})^2 = \sum (y - \hat{y})^2 + \sum (\hat{y} - \bar{y})^2$$

$$\sum (y - \bar{y})^2 = \sum (y - \hat{y})^2 + \sum (\hat{y} - \bar{y})^2 \quad \Bigg/ \quad \frac{1}{\sum (y - \bar{y})^2}$$

$$1 = \frac{\sum (\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2}$$

$$1 = R^2 + \frac{\sum (y - \hat{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2}$$

así,

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y - \hat{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2}$$

Donde;

y = caudal observado.

\hat{y} = caudal modelado.

\bar{y} = promedio de los caudales observados.

**ANEXO IV: Prueba U de Mann-Whitney para muestras pequeñas: $n < 25$ y
muestras grandes: $n > 25$ (Fariás, C, 2001).**

Esta es una de las pruebas no paramétricas más poderosas y constituye la alternativa más útil ante la prueba paramétrica t de Student, ya que esta prueba no requiere de los supuestos de normalidad e igualdad de las varianzas.

El objetivo de la prueba U, es determinar si dos grupos independientes han sido tomados de una misma población.

Esta es la metodología utilizada en la prueba U de Mann Whitney

1. Dado dos muestras pequeñas (n_1 y $n_2 < 25$), de las variables r_1 y r_2 , se desea establecer si sus distribuciones corresponden a la misma población. Así, se establecen las hipótesis nula y alternativa.

H_0 : Las distribuciones de las variables r_1 y r_2 son idénticas.

H_a : Las distribuciones de las variables r_1 y r_2 no son idénticas.

- Se deben ordenar los datos de forma creciente o decreciente de la combinación de ambas variables.
- Se le asigna un valor ordinal de forma correlativa y ascendente, a cada una de las variables o elementos ordenados, para posteriormente sumar los números asignados a cada variable.
- Se calcula el estadístico de prueba para muestras pequeñas $n < 25$:

$$U_l = (n_1 * n_2) + \frac{n_1 + n_2 + 1}{2} - \sum R_1$$

Donde:

n_1 : Tamaño de la muestra r_1

n_2 : Tamaño de la muestra r_2

$\sum R_1$: Suma de los rangos para la muestra r_1

$\sum R_2$: Suma de los rangos para la muestra r_2

- Regla de decisión: se rechaza H_0 , a un nivel de significancia α , si

$$Z \geq Z_{\alpha}$$

Donde Z_{α} : Valor crítico obtenido de la tabla normal estándar, a un nivel de significancia de α del orden de 0.05 y 0.01.

2. Dado dos muestras grandes (n_1 y $n_2 > 25$), de las variables r_1 y r_2 , se desea establecer si las variables corresponden a la misma población. Así, se establecen las hipótesis nula y alternativa.

H_0 : Las distribuciones de frecuencias relativas de las poblaciones observada y modelada son idénticas.

H_a : Las distribuciones de frecuencias relativas de las dos poblaciones están desfasadas con respecto a su ubicación relativa, por lo tanto no son idénticas.

- Se deben ordenar los datos de forma creciente o decreciente de la combinación de ambas variables.
- Se le asigna un valor ordinal de forma correlativa y ascendente, a cada una de las variables o elementos ordenados, para posteriormente sumar los números asignados a cada variable.
- Se calcula el estadístico de prueba para muestras grandes $n > 25$:

$$Z = \frac{\sum R_1 - \sum R_2 - \left[(n_1 - n_2) \right] \frac{n_1 + n_2 + 1}{2}}{\sqrt{n_1 * n_2 \left[\frac{n_1 + n_2 + 1}{3} \right]}}$$

Donde:

n_1 : Tamaño de la muestra r_1

n_2 : Tamaño de la muestra r_2

$\sum R_1$: Suma de los rangos para la muestra r_1

$\sum R_2$: Suma de los rangos para la muestra r_2

- Regla de decisión: se rechaza H_0 , a un nivel de significancia α , si

$$Z \pm Z_\alpha$$

Donde Z_α : Valor crítico obtenido de la tabla normal estándar, a un nivel de significancia de α del orden de 0.05 y 0.01.

ANEXO V: Error Estándar de Estimación, (Caro. J, 2001)

Este estándar permite calcular la disparidad promedio entre los caudales observados y los estimados o modelados de cada crecida, en donde los valores más cercanos a cero indican que el modelo hace una buena descripción de los caudales. Por otra parte, un valor grande, indica que el modelo hace una descripción deficitaria de los caudales.

$$E.E.E = \sqrt{\frac{\sum (y - \hat{y})^2}{(n - 2)}}$$

Donde;

y : caudal observado.

\hat{y} = caudal modelado.

n : número de caudales.

E.E.E : Error estándar de estimación.

APÉNDICE

Tablas y representaciones gráficas de los caudales Observados y Modelados para el modelo Potencial bajo la condición original.

- Q_o : Caudal Observado
- Q₁₀ : Caudal Modelado α hora 10
- Q₁₅ : Caudal Modelado α hora 15
- Q₂₀ : Caudal Modelado α hora 20
- Q₂₄ : Caudal Modelado α hora 24
- Q₄₈ : Caudal Modelado α hora 48

* De acuerdo al número total de crecidas modeladas y la extensión de las mismas, se presentarán a juicio del autor, las crecidas más representativas de los resultados obtenidos.

Tabla N° 48

12/06/82

Q Observado	Q 10	Q 15	Q 20	Q 24	Q 48
42,2					
41,6					
40,6					
40,1					
39					
38					
37,4					
37					
36,4					
35,4					
34,9					
34,4					
33,8	34,27				
33,3	33,67				
32,8	33,07				
32,50	32,50				
31,8	31,94				
31,2	31,39	31,48			
31,2	30,86	30,95			
30,7	30,34	30,43			
30,2	29,83	29,93			
29,7	29,34	29,44			
29,2	28,86	28,96	29,23		
28,8	28,39	28,49	28,77		
28,8	27,93	28,04	28,32		
28,3	27,48	27,59	27,88		
27,8	27,04	27,16	27,45		
27,8	26,62	26,73	27,03	27,88	
27,3	26,20	26,32	26,61	27,46	
27,3	25,79	25,91	26,21	27,06	
26,5	25,40	25,52	25,82	26,67	
26,5	25,01	25,13	25,44	26,28	
26,2	24,63	24,75	25,06	25,90	
25,7	24,26	24,38	24,70	25,53	
25,7	23,90	24,02	24,34	25,17	
25,7	23,54	23,67	23,99	24,82	
25,7	23,20	23,32	23,64	24,47	
25,2	22,86	22,98	23,31	24,13	
25,2	22,52	22,65	22,98	23,80	
				23,47	

Continuación. I

Q Observado	Q 10	Q 15	Q 20	Q 24	Q 48
24,7	22,20	22,33	22,66	23,15	
24,7	21,88	22,01	22,34	22,84	
24,7	21,57	21,70	22,03	22,53	
24,7	21,27	21,40	21,73	22,23	
24,7	20,97	21,10	21,43	21,94	
24,7	20,68	20,81	21,14	21,65	
24,7	20,39	20,52	20,86	21,37	
24,2	20,11	20,24	20,58	21,09	
24,2	19,84	19,97	20,31	20,82	
24,2	19,57	19,70	20,04	20,55	
23,8	19,31	19,44	19,78	20,29	
23,8	19,05	19,18	19,52	20,03	23,55
23,3	18,80	18,93	19,27	19,78	23,31
23,3	18,55	18,68	19,02	19,53	23,08
22,8	18,31	18,44	18,78	19,29	22,84
22,8	18,07	18,20	18,54	19,05	22,61
22,3	17,84	17,97	18,30	18,82	22,38
22,3	17,61	17,74	18,07	18,59	22,16
22,3	17,38	17,51	17,85	18,36	21,94
21,8	17,16	17,29	17,63	18,14	21,72
21,8	16,95	17,08	17,41	17,92	21,51
21,8	16,73	16,86	17,20	17,71	21,30
21,4	16,53	16,65	16,99	17,50	21,09
21,4	16,32	16,45	16,78	17,30	20,89
20,9	16,12	16,25	16,58	17,09	20,69
20,9	15,92	16,05	16,39	16,89	20,49
20,9	15,73	15,86	16,19	16,70	20,29
20,9	15,54	15,67	16,00	16,51	20,10
20,4	15,35	15,48	15,81	16,32	19,91
20,4	15,17	15,30	15,63	16,13	19,72
20,4	14,99	15,12	15,45	15,95	19,54
20,4	14,82	14,94	15,27	15,77	19,35
20,4	14,64	14,77	15,09	15,60	19,17
20,4	14,47	14,60	14,92	15,42	19,00
20,4	14,30	14,43	14,75	15,25	18,82

Continuación 2
12/06/82

Q Observado	Q 10	Q 15	Q 20	Q 24	Q 48
20,4	14,14	14,26	14,59	15,08	18,65
20,4	13,98	14,10	14,42	14,92	18,48
20,4	13,82	13,94	14,26	14,76	18,31
20,4	13,66	13,79	14,11	14,60	18,15
20,4	13,51	13,63	13,95	14,44	17,98
20,4	13,36	13,48	13,80	14,29	17,82

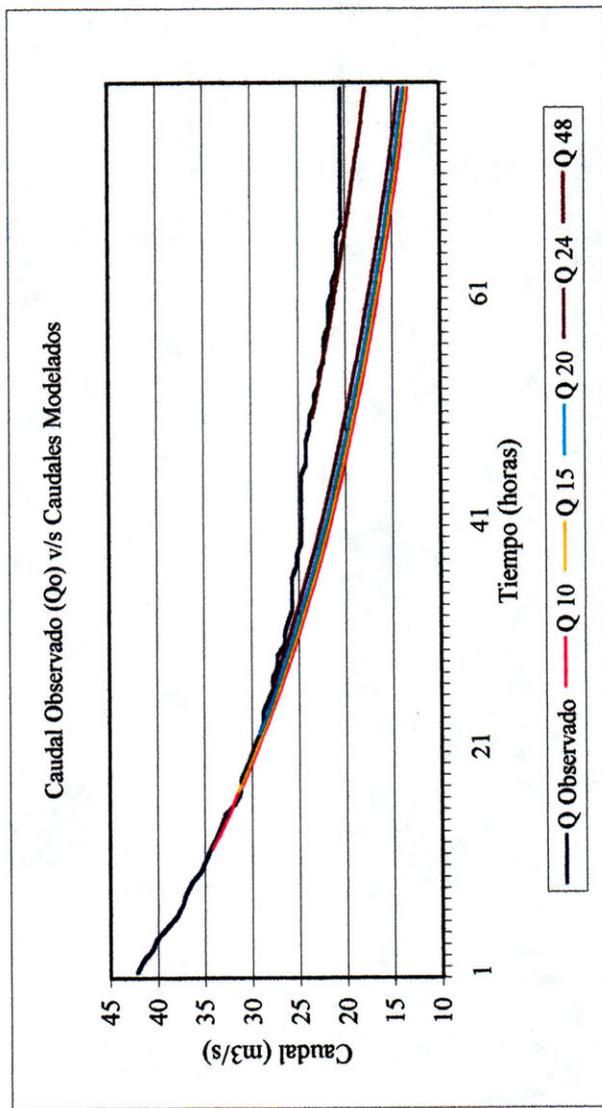


Figura N° 6
12/06/82

Tabla N° 49

15/07/82

Q Observado	Q 10	Q 15	Q 20	Q 24	Q 48
53,5					
52,4					
51,2					
50,1					
49					
47,9					
47,4					
46,8					
45,8					
44,8					
44,8					
44,2	44,05				
43,2	43,32				
42,7	42,60				
42,2	41,91				
41,6	41,23				
40,6	40,56	40,95			
40,1	39,91	40,32			
39,6	39,28	39,70			
39	38,66	39,10			
38,5	38,06	38,51			
38	37,47	37,93	37,92		
37,5	36,90	37,36	37,36		
36,9	36,34	36,81	36,81		
35,9	35,79	36,27	36,27		
35,4	35,25	35,74	35,74	35,40	
34,9	34,72	35,23	35,22	34,88	
34,4	34,21	34,72	34,72	34,37	
33,8	33,71	34,23	34,22	33,87	
33,8	33,22	33,74	33,74	33,38	
33,8	32,74	33,27	33,26	32,90	
32,8	32,27	32,81	32,80	32,43	
32,3	31,81	32,35	32,34	31,97	
31,8	31,36	31,91	31,90	31,53	
31,8	30,92	31,47	31,46	31,09	
31,2	30,48	31,04	31,04	30,66	
31,2	30,06	30,63	30,62	30,23	
30,7	29,65	30,22	30,21	29,82	

Continuación 1

Q Observado	Q 10	Q 15	Q 20	Q 24	Q 48
29,7	28,84	29,42	29,41	29,02	
29,2	28,46	29,03	29,03	28,63	
29,2	28,07	28,66	28,65	28,25	
28,8	27,70	28,28	28,28	27,88	
28,8	27,33	27,92	27,91	27,51	
28,3	26,98	27,56	27,56	27,16	
27,8	26,62	27,21	27,20	26,80	
27,8	26,28	26,87	26,86	26,46	
27,3	25,94	26,53	26,52	26,12	
26,8	25,61	26,20	26,19	25,79	
26,8	25,28	25,88	25,87	25,46	26,48
26,2	24,96	25,56	25,55	25,15	26,16
25,7	24,65	25,25	25,24	24,83	25,85
25,7	24,34	24,94	24,93	24,52	25,54
25,2	24,04	24,64	24,63	24,22	25,24
25,2	23,74	24,34	24,33	23,93	24,94
25,2	23,45	24,05	24,04	23,64	24,65
25,2	23,17	23,76	23,76	23,35	24,37
25,2	22,89	23,48	23,48	23,07	24,09
24,7	22,61	23,21	23,20	22,79	23,81
24,7	22,34	22,94	22,93	22,52	23,54
24,7	22,08	22,67	22,66	22,26	23,27
24,7	21,81	22,41	22,40	22,00	23,01
24,2	21,56	22,15	22,14	21,74	22,76
24,2	21,31	21,90	21,89	21,49	22,50
23,8	21,06	21,65	21,64	21,24	22,25
23,8	20,82	21,41	21,40	21,00	22,01
23,8	20,58	21,17	21,16	20,76	21,77
23,8	20,34	20,93	20,92	20,52	21,53
23,3	20,11	20,70	20,69	20,29	21,30
23,3	19,88	20,47	20,46	20,06	21,07
22,8	19,66	20,25	20,24	19,84	20,84
22,3	19,44	20,03	20,02	19,62	20,62
21,8	19,23	19,81	19,80	19,40	20,40
21,8	19,01	19,60	19,59	19,19	20,19

Continuación 2

15/07/82

Q Observado	Q 10	Q 15	Q 20	Q 24	Q 48
21,4	18,81	19,38	19,38	18,98	19,98
20,9	18,60	19,18	19,17	18,78	19,77
20,9	18,40	18,97	18,97	18,57	19,56
20,9	18,20	18,77	18,77	18,38	19,36
20,9	18,00	18,58	18,57	18,18	19,16
20,4	17,81	18,38	18,38	17,99	18,97
20,4	17,62	18,19	18,18	17,80	18,77
19,9	17,44	18,00	18,00	17,61	18,58
19,9	17,25	17,82	17,81	17,43	18,40
19,9	17,07	17,64	17,63	17,25	18,21
19,9	16,90	17,46	17,45	17,07	18,03
19,5	16,72	17,28	17,27	16,89	17,85
19,5	16,55	17,11	17,10	16,72	17,68
19	16,38	16,93	16,93	16,55	17,50
19	16,21	16,76	16,76	16,38	17,33
19	16,05	16,60	16,59	16,22	17,16
19	15,89	16,43	16,43	16,05	17,00
19	15,73	16,27	16,27	15,89	16,83
19	15,57	16,11	16,11	15,74	16,67
19	15,41	15,96	15,95	15,58	16,51
19	15,26	15,80	15,79	15,43	16,36
18,1	15,11	15,65	15,64	15,28	16,20
18,1	14,96	15,50	15,49	15,13	16,05
18,1	14,82	15,35	15,34	14,98	15,90
18,1	14,67	15,21	15,20	14,84	15,75
18,1	14,53	15,06	15,05	14,69	15,60
17,7	14,39	14,92	14,91	14,55	15,46
17,7	14,26	14,78	14,77	14,42	15,32
17,3	14,12	14,64	14,63	14,28	15,18
17,3	13,99	14,51	14,50	14,15	15,04
17,3	13,86	14,37	14,37	14,01	14,90
16,8	13,73	14,24	14,23	13,88	14,77
16,4	13,60	14,11	14,10	13,75	14,64
16,4	13,47	13,98	13,97	13,63	14,51
16,4	13,35	13,85	13,85	13,50	14,38
16,4	13,22	13,73	13,72	13,38	14,25
16	13,10	13,61	13,60	13,26	14,12
16	12,98	13,48	13,48	13,14	14,00
16	12,86	13,36	13,36	13,02	13,88

Continuación 3

Q Observado	Q 10	Q 15	Q 20	Q 24	Q 48
16	12,75	13,24	13,24	12,90	13,76
15,6	12,63	13,13	13,12	12,78	13,64
15,6	12,52	13,01	13,01	12,67	13,52
15,6	12,41	12,90	12,89	12,56	13,40
15,6	12,30	12,79	12,78	12,45	13,29
15,6	12,19	12,67	12,67	12,34	13,18
15,6	12,08	12,57	12,56	12,23	13,06
15,2	11,98	12,46	12,45	12,12	12,95
15,2	11,87	12,35	12,34	12,02	12,85
15,2	11,77	12,25	12,24	11,91	12,74
15,2	11,67	12,14	12,13	11,81	12,63
15,2	11,57	12,04	12,03	11,71	12,53
15,2	11,47	11,94	11,93	11,61	12,42
14,8	11,37	11,84	11,83	11,51	12,32
14,8	11,27	11,74	11,73	11,41	12,22
14,8	11,18	11,64	11,63	11,32	12,12
14,8	11,08	11,54	11,54	11,22	12,02
14,8	10,99	11,45	11,44	11,13	11,92
14,8	10,90	11,35	11,35	11,04	11,83
14,4	10,81	11,26	11,26	10,95	11,73
14,4	10,72	11,17	11,16	10,86	11,64
14,4	10,63	11,08	11,07	10,77	11,55
14,4	10,54	10,99	10,98	10,68	11,45
14,4	10,46	10,90	10,90	10,59	11,36

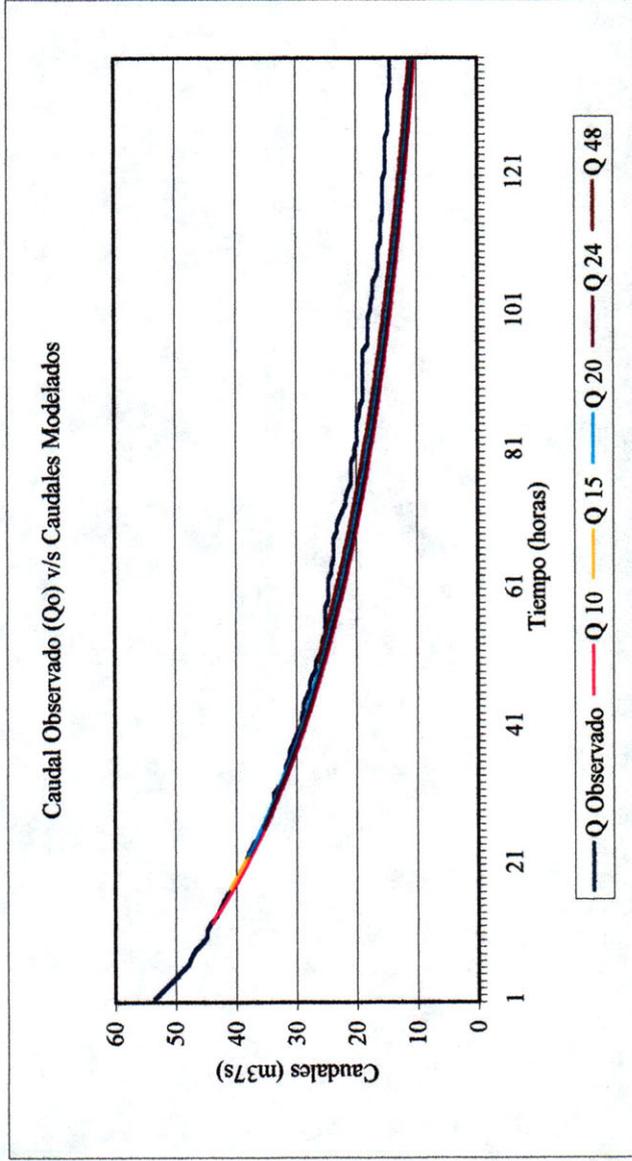


Figura N° 7
15/07/82

Tabla N° 50

12/09/82

Q Observado	Q 10	Q 15	Q 20	Q 24	Q 48
67					
65,8					
63,9					
62,7					
61,4					
61,4					
62,1					
63,3					
63,3					
62,1					
60,8					
59,6	60,23				
57,2	59,66				
53,5	59,11				
52,4	58,56				
51,2	58,02				
50,1	57,48	50,35			
49	56,96	49,52			
48,4	56,44	48,72			
47,9	55,93	47,93			
47,3	55,42	47,16			
46,3	54,92	46,41	46,55		
45,8	54,43	45,68	45,82		
45,3	53,95	44,96	45,11		
44,8	53,47	44,26	44,42		
44,2	53,00	43,58	43,74	44,13	
43,7	52,53	42,91	43,07	43,47	
43,2	52,07	42,26	42,42	42,83	
42,2	51,62	41,63	41,79	42,20	
41,1	51,17	41,00	41,17	41,58	
41,1	50,73	40,39	40,56	40,98	
40,6	50,29	39,80	39,97	40,39	
40,1	49,86	39,22	39,39	39,81	
39	49,44	38,65	38,82	39,25	
38,5	49,02	38,09	38,26	38,70	
38	48,60	37,55	37,72	38,16	
37,5	48,19	37,01	37,19	37,63	
37,5	47,79	36,49	36,66	37,11	

Continuación 1

Q Observado	Q 10	Q 15	Q 20	Q 24	Q 48
37	47,39	35,98	36,15	36,60	
37	46,99	35,48	35,65	36,10	
37	46,61	34,99	35,16	35,62	
37	46,22	34,51	34,69	35,14	
37	45,84	34,04	34,22	34,67	
37	45,47	33,58	33,76	34,21	
37	45,10	33,12	33,30	33,76	
36,4	44,73	32,68	32,86	33,32	
36,4	44,37	32,25	32,43	32,89	
35,9	44,01	31,82	32,00	32,47	
35,4	43,66	31,41	31,59	32,05	
34,9	43,31	31,00	31,18	31,64	35,00
34,9	42,97	30,60	30,78	31,24	34,61
34,4	42,63	30,20	30,39	30,85	34,22
33,8	42,29	29,82	30,00	30,46	33,84
33,3	41,96	29,44	29,62	30,09	33,47
32,8	41,63	29,07	29,25	29,72	33,10
31,8	41,30	28,71	28,89	29,35	32,74
31,8	40,98	28,35	28,53	28,99	32,38
31,8	40,67	28,00	28,18	28,64	32,03
31,8	40,35	27,65	27,83	28,30	31,69
31,2	40,04	27,32	27,50	27,96	31,35
30,7	39,74	26,98	27,16	27,63	31,02
30,2	39,43	26,66	26,84	27,30	30,69
29,7	39,13	26,34	26,52	26,98	30,37
29,7	38,84	26,02	26,20	26,66	30,05
29,7	38,55	25,72	25,90	26,35	29,74
29,7	38,26	25,41	25,59	26,05	29,43
29,7	37,97	25,11	25,29	25,75	29,13
29,7	37,69	24,82	25,00	25,46	28,83
29,7	37,41	24,53	24,71	25,17	28,54
29,7	37,13	24,25	24,43	24,88	28,25
29,2	36,86	23,97	24,15	24,60	27,96
28,8	36,59	23,70	23,88	24,33	27,68

Continuación 2

12/09/82

Q Observado	Q 10	Q 15	Q 20	Q 24	Q 48
27,8	36,32	23,43	23,61	24,06	27,40
27,3	36,06	23,17	23,35	23,79	27,13
27,3	35,79	22,91	23,09	23,53	26,86
26,8	35,54	22,66	22,83	23,28	26,60
26,8	35,28	22,40	22,58	23,02	26,34
26,2	35,03	22,16	22,33	22,77	26,08
26,2	34,78	21,92	22,09	22,53	25,83
25,7	34,53	21,68	21,85	22,29	25,58
25,7	34,28	21,44	21,61	22,05	25,33
25,7	34,04	21,21	21,38	21,82	25,09
25,7	33,80	20,98	21,15	21,59	24,85
25,2	33,56	20,76	20,93	21,36	24,62
24,7	33,33	20,54	20,71	21,14	24,39
24,7	33,09	20,32	20,49	20,92	24,16
24,7	32,86	20,11	20,28	20,71	23,93
24,2	32,64	19,90	20,07	20,49	23,71
24,2	32,41	19,69	19,86	20,29	23,49
23,8	32,19	19,49	19,66	20,08	23,27
23,8	31,97	19,29	19,46	19,88	23,06
23,8	31,75	19,09	19,26	19,68	22,85
23,8	31,53	18,90	19,06	19,48	22,64
23,8	31,32	18,71	18,87	19,29	22,44
23,8	31,11	18,52	18,68	19,10	22,24
23,8	30,90	18,33	18,50	18,91	22,04
23,8	30,69	18,15	18,31	18,72	21,84
23,3	30,48	17,97	18,13	18,54	21,65
22,8	30,28	17,79	17,95	18,36	21,46
22,3	30,08	17,62	17,78	18,18	21,27
22,3	29,88	17,45	17,61	18,01	21,08
22,3	29,68	17,28	17,43	17,84	20,90
21,8	29,48	17,11	17,27	17,67	20,71
21,8	29,29	16,95	17,10	17,50	20,54
21,8	29,10	16,78	16,94	17,33	20,36
21,4	28,91	16,62	16,78	17,17	20,18
20,9	28,72	16,47	16,62	17,01	20,01
20,9	28,53	16,31	16,46	16,85	19,84
20,9	28,35	16,16	16,31	16,70	19,67
20,4	28,17	16,01	16,16	16,54	19,51
19,9	27,99	15,86	16,01	16,39	19,34

Continuación 3

Q Observado	Q 10	Q 15	Q 20	Q 24	Q 48
19,9	27,81	15,71	15,86	16,24	19,18
19,9	27,63	15,57	15,71	16,09	19,02
19,9	27,45	15,42	15,57	15,95	18,87
19,9	27,28	15,28	15,43	15,81	18,71
19,9	27,11	15,14	15,29	15,66	18,56
19,9	26,94	15,00	15,15	15,52	18,40
19,9	26,77	14,87	15,01	15,39	18,25
19,5	26,60	14,74	14,88	15,25	18,11
19,5	26,43	14,60	14,75	15,12	17,96
19	26,27	14,47	14,62	14,98	17,81
19	26,11	14,35	14,49	14,85	17,67
19	25,95	14,22	14,36	14,72	17,53
19	25,79	14,09	14,23	14,60	17,39
19	25,63	13,97	14,11	14,47	17,25
18,6	25,47	13,85	13,99	14,35	17,12
18,6	25,32	13,73	13,87	14,22	16,98
18,1	25,16	13,61	13,75	14,10	16,85
18,1	25,01	13,49	13,63	13,98	16,72
18,1	24,86	13,38	13,51	13,87	16,59
17,7	24,71	13,26	13,40	13,75	16,46
17,7	24,56	13,15	13,29	13,63	16,33
17,3	24,41	13,04	13,17	13,52	16,21
17,3	24,27	12,93	13,06	13,41	16,08
17,3	24,12	12,82	12,96	13,30	15,96
16,8	23,98	12,72	12,85	13,19	15,84
16,8	23,84	12,61	12,74	13,08	15,72
17,3	23,69	12,51	12,64	12,97	15,60
17,3	23,55	12,40	12,53	12,87	15,48
17,3	23,42	12,30	12,43	12,76	15,37
17,3	23,28	12,20	12,33	12,66	15,25
17,3	23,14	12,10	12,23	12,56	15,14
17,3	23,01	12,00	12,13	12,46	15,03
17,3	22,88	11,91	12,03	12,36	14,92
17,3	22,74	11,81	11,94	12,26	14,81
17,3	22,61	11,72	11,84	12,17	14,70
17,3	22,48	11,62	11,75	12,07	14,59

Continuación 4

12/09/82

Q Observado	Q 10	Q 15	Q 20	Q 24	Q 48
17,3	22,35	11,53	11,65	11,97	14,48
16,8	22,22	11,44	11,56	11,88	14,38
16,8	22,10	11,35	11,47	11,79	14,28
16,4	21,97	11,26	11,38	11,70	14,17
16,4	21,85	11,17	11,29	11,61	14,07
16,4	21,72	11,08	11,21	11,52	13,97
16,4	21,60	11,00	11,12	11,43	13,87
16,4	21,48	10,91	11,03	11,34	13,77
16	21,36	10,83	10,95	11,26	13,68
15,6	21,24	10,75	10,86	11,17	13,58
15,6	21,12	10,66	10,78	11,09	13,49
15,6	21,00	10,58	10,70	11,00	13,39
15,6	20,89	10,50	10,62	10,92	13,30
15,2	20,77	10,42	10,54	10,84	13,21
15,2	20,66	10,34	10,46	10,76	13,11
15,2	20,54	10,27	10,38	10,68	13,02
15,2	20,43	10,19	10,31	10,60	12,93
15,2	20,32	10,11	10,23	10,52	12,85

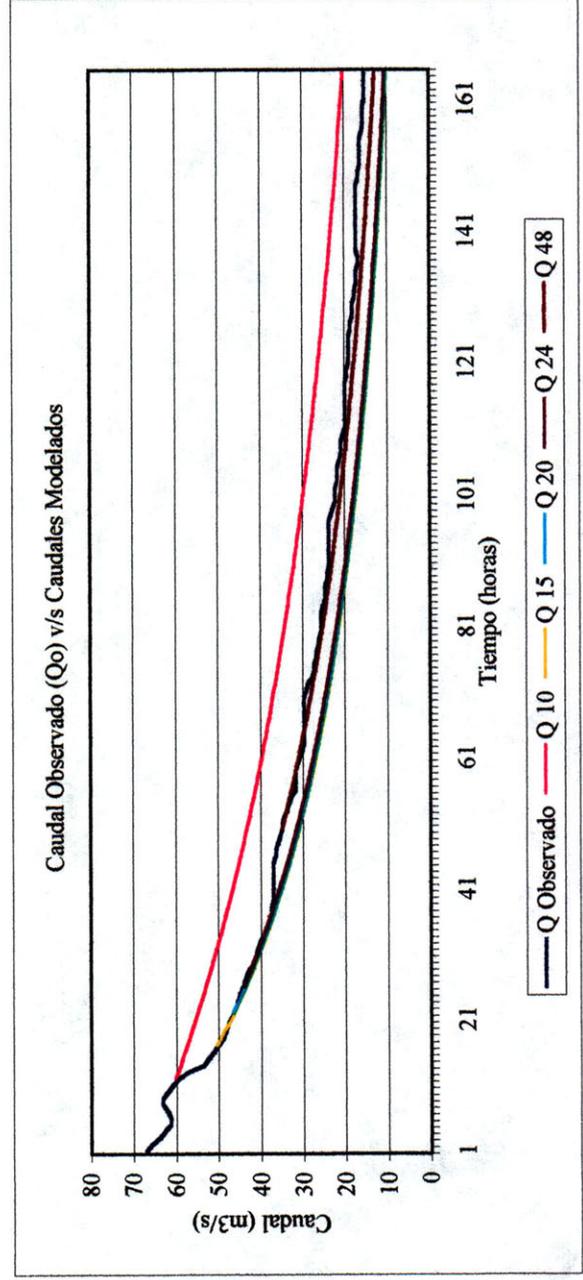


Figura N° 8

Tabla N° 51

03/10/82

Q Observado	Q 10	Q 15	Q 20	Q 24	Q 48
39					
39					
39					
39					
38,5					
38					
37,5					
37					
36,4					
35,9					
35,4					
34,9	35,07				
34,4	34,74				
33,8	34,42				
33,3	34,10				
32,8	33,78				
32,3	33,47	33,35			
31,8	33,17	33,04			
31,2	32,87	32,73			
30,7	32,57	32,43			
29,7	32,28	32,13			
29,7	31,99	31,84			
29,7	31,70	31,55	30,91		
29,7	31,42	31,26	30,27		
29,7	31,14	30,98	29,96		
29,7	30,87	30,70	29,66	29,39	
29,2	30,60	30,42	29,36	29,08	
29,2	30,33	30,15	29,06	28,78	
29,2	30,07	29,88	28,77	28,48	
28,8	29,81	29,62	28,48	28,18	
28,3	29,55	29,36	28,20	27,90	
28,3	29,30	29,10	27,92	27,61	
27,8	29,04	28,85	27,64	27,33	
27,3	28,80	28,60	27,37	27,05	
27,3	28,55	28,35	27,10	26,78	
26,2	28,31	28,11	26,84	26,51	
26,2	28,07	27,86	26,58	26,25	
26,2	27,84	27,63	26,32	25,99	

Continuación 1

Q Observado	Q 10	Q 15	Q 20	Q 24	Q 48
25,7	27,61	27,39	26,07	25,73	
25,7	27,38	27,16	25,82	25,48	
25,2	27,15	26,93	25,58	25,23	
25,2	26,93	26,70	25,34	24,99	
24,2	26,71	26,48	25,10	24,75	
24,2	26,49	26,26	24,86	24,51	
24,2	26,28	26,04	24,63	24,27	
24,2	26,06	25,83	24,40	24,04	
24,2	25,85	25,62	24,18	23,82	
24,2	25,64	25,41	23,96	23,59	
24,2	25,44	25,20	23,74	23,37	
24,2	25,24	24,99	23,52	23,15	23,99
24,2	25,04	24,79	23,31	22,94	23,78
24,2	24,84	24,59	23,10	22,72	23,57
24,2	24,64	24,39	22,89	22,51	23,37
24,2	24,45	24,20	22,69	22,31	23,16
24,2	24,26	24,01	22,49	22,10	22,97
24,2	24,07	23,82	22,29	21,90	22,77
23,3	23,88	23,63	22,09	21,70	22,57
22,8	23,70	23,44	21,90	21,51	22,38
22,3	23,52	23,26	21,70	21,32	22,19
22,3	23,34	23,08	21,52	21,13	22,01
21,8	23,16	22,90	21,33	20,94	21,82
21,4	22,98	22,72	21,15	20,75	21,64
20,9	22,81	22,54	20,96	20,57	21,46
20,4	22,64	22,37	20,78	20,39	21,28
20,4	22,47	22,20	20,61	20,21	21,11
19,9	22,30	22,03	20,43	20,04	20,93
19,5	22,13	21,86	20,26	19,86	20,76
19,5	21,97	21,70	20,09	19,69	20,59
19,5	21,80	21,53	19,92	19,52	20,43
19,5	21,64	21,37	19,76	19,35	20,26
19,5	21,48	21,21	19,59	19,19	20,10
19,5	21,33	21,05	19,43	19,03	19,94
19,5	21,17	20,90	19,27	18,87	19,78
19,9	21,02	20,74	19,11	18,71	19,62
19,9	20,87	20,59	18,96	18,55	19,47
20,4	20,71	20,44	18,80	18,40	19,31

Continuación 2

03/10/82

Q Observado	Q 10	Q 15	Q 20	Q 24	Q 48
20,4	20,57	20,29	18,65	18,24	19,16
20,4	20,42	20,14	18,50	18,09	19,01
19,9	20,27	19,99	18,35	17,94	18,86
19,9	20,13	19,85	18,20	17,80	18,72
19,9	19,99	19,71	18,06	17,65	18,57
19,5	19,84	19,57	17,91	17,51	18,43
19,5	19,70	19,42	17,77	17,37	18,29
19	19,57	19,29	17,63	17,23	18,15
19	19,43	19,15	17,49	17,09	18,01
19	19,29	19,01	17,36	16,95	17,87
18,6	19,16	18,88	17,22	16,82	17,74
18,6	19,03	18,75	17,09	16,68	17,60
18,1	18,90	18,61	16,96	16,55	17,47
18,1	18,77	18,48	16,83	16,42	17,34
18,1	18,64	18,36	16,70	16,29	17,21
17,7	18,51	18,23	16,57	16,16	17,08
17,7	18,38	18,10	16,44	16,04	16,96
17,3	18,26	17,98	16,32	15,91	16,83
17,3	18,14	17,85	16,20	15,79	16,71
17,3	18,01	17,73	16,07	15,67	16,59
17,3	17,89	17,61	15,95	15,55	16,47
17,3	17,77	17,49	15,83	15,43	16,35
17,3	17,66	17,37	15,72	15,31	16,23
17,3	17,54	17,26	15,60	15,20	16,11
17,3	17,42	17,14	15,48	15,08	16,00
17,3	17,31	17,02	15,37	14,97	15,88
17,3	17,19	16,91	15,26	14,86	15,77
16,8	17,08	16,80	15,15	14,75	15,66
16,8	16,97	16,69	15,04	14,64	15,55
16,8	16,86	16,58	14,93	14,53	15,44
16,4	16,75	16,47	14,82	14,42	15,33
16,4	16,64	16,36	14,71	14,32	15,22
16,4	16,53	16,25	14,61	14,21	15,11
16	16,43	16,14	14,50	14,11	15,01
16	16,32	16,04	14,40	14,00	14,91
16	16,22	15,94	14,30	13,90	14,80
16	16,11	15,83	14,20	13,80	14,70
15,6	16,01	15,73	14,10	13,70	14,60
15,6	15,91	15,63	14,00	13,60	14,50

Continuación 3

Q Observado	Q 10	Q 15	Q 20	Q 24	Q 48
15,2	15,81	15,53	13,90	13,51	14,40
15,2	15,71	15,43	13,80	13,41	14,30
14,8	15,61	15,33	13,71	13,32	14,21
14,8	15,51	15,23	13,61	13,22	14,11
14,8	15,42	15,14	13,52	13,13	14,02
14,8	15,32	15,04	13,42	13,04	13,92
15,2	15,23	14,95	13,33	12,95	13,83
15,6	15,13	14,85	13,24	12,86	13,74
15,6	15,04	14,76	13,15	12,77	13,65
16	14,95	14,67	13,06	12,68	13,56
16	14,86	14,58	12,97	12,59	13,47
16	14,77	14,49	12,89	12,50	13,38
16	14,68	14,40	12,80	12,42	13,29
16	14,59	14,31	12,71	12,33	13,20
15,6	14,50	14,22	12,63	12,25	13,12
15,6	14,41	14,14	12,55	12,17	13,03
15,6	14,33	14,05	12,46	12,08	12,95
15,6	14,24	13,96	12,38	12,00	12,87
15,6	14,15	13,88	12,30	11,92	12,78
15,2	14,07	13,80	12,22	11,84	12,70
15,2	13,99	13,71	12,14	11,76	12,62
15,2	13,90	13,63	12,06	11,69	12,54
14,8	13,82	13,55	11,98	11,61	12,46
14,8	13,74	13,47	11,90	11,53	12,38
14,8	13,66	13,39	11,83	11,46	12,30
14,4	13,58	13,31	11,75	11,38	12,23
14,4	13,50	13,23	11,68	11,31	12,15
14,4	13,42	13,15	11,60	11,23	12,07
14,4	13,34	13,07	11,53	11,16	12,00
14,4	13,27	13,00	11,45	11,09	11,93
14,8	13,19	12,92	11,38	11,02	11,85
14,8	13,12	12,85	11,31	10,94	11,78
15,2	13,04	12,77	11,24	10,87	11,71
15,2	12,97	12,70	11,17	10,81	11,63
15,2	12,89	12,62	11,10	10,74	11,56
15,2	12,82	12,55	11,03	10,67	11,49
15,2	12,75	12,48	10,96	10,60	11,42
15,2	12,67	12,41	10,89	10,53	11,35
15,2	12,60	12,34	10,82	10,47	11,29

Continuación 4

03/10/82

Q Observado	Q 10	Q 15	Q 20	Q 24	Q 48
15,2	12,53	12,27	10,76	10,40	11,22
14,8	12,46	12,20	10,69	10,34	11,15
14,8	12,39	12,13	10,63	10,27	11,08
14,8	12,32	12,06	10,56	10,21	11,02
14,8	12,25	11,99	10,50	10,15	10,95
14,4	12,19	11,92	10,43	10,08	10,89
14	12,12	11,86	10,37	10,02	10,82
14	12,05	11,79	10,31	9,96	10,76
14	11,99	11,73	10,25	9,90	10,70
14	11,92	11,66	10,18	9,84	10,63
13,6	11,86	11,60	10,12	9,78	10,57
13,6	11,79	11,53	10,06	9,72	10,51
13,6	11,73	11,47	10,00	9,66	10,45
13,6	11,66	11,41	9,94	9,60	10,39
13,6	11,60	11,34	9,89	9,54	10,33
13,6	11,54	11,28	9,83	9,49	10,27
13,6	11,48	11,22	9,77	9,43	10,21
13,6	11,41	11,16	9,71	9,37	10,15
13,6	11,35	11,10	9,66	9,32	10,09
13,6	11,29	11,04	9,60	9,26	10,04
13,6	11,23	10,98	9,54	9,21	9,98
13,6	11,17	10,92	9,49	9,15	9,92

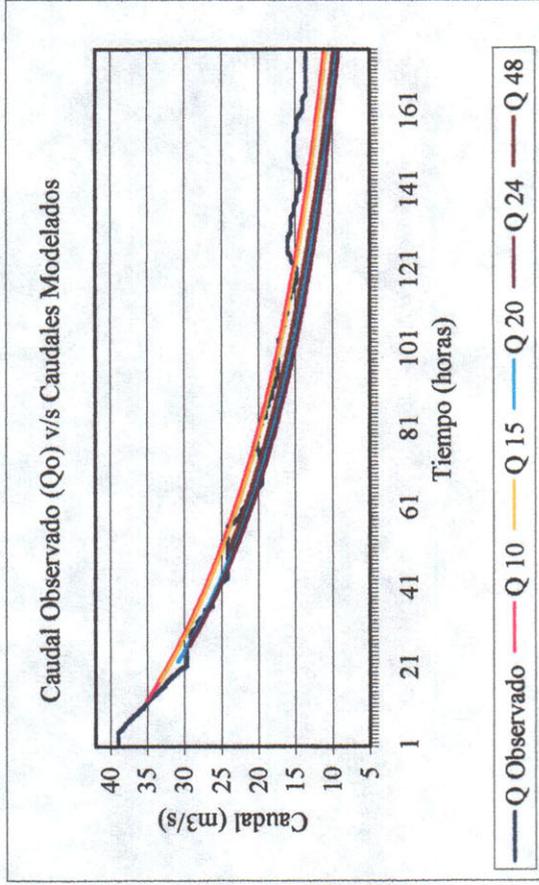


Figura N° 9