



USO “RACIONAL” DE LA FORMULA RACIONAL

LUDWIG STÖWHAS B.

Departamento Obras Civiles, Universidad Técnica Federico Santa María, Casilla 110-V, Valparaíso, lstowhas@ociv.utfsm.cl

RESUMEN

Se analiza en forma teórica la respuesta de una cuenca bajo el enfoque de la Fórmula Racional, proponiéndose expresiones analíticas para una estimación más objetiva del coeficiente de escorrentía, en función de la magnitud de la precipitación, el tiempo de concentración de la cuenca y la tasa de abstracción o infiltración. Las expresiones propuestas se cotejan favorablemente con resultados y coeficientes obtenidos en forma empírica. Las expresiones propuestas son válidas para regiones donde las curvas intensidad - duración de las precipitaciones puedan representarse por la ley de Grunsky.

ABSTRACT

A theoretical analysis is performed of the behaviour of a watershed under the Rational Method approach and analytical expressions are proposed for a more objective estimation of the runoff coefficient, as a function of the precipitation magnitude, the time of concentration of the basin and the abstraction or infiltration rates. The proposed expressions are validated against empirical coefficients and results. The proposed method is applicable in regions where the intensity - duration curves can be represented by the Grunsky formula.



USO "RACIONAL" DE LA FORMULA RACIONAL

1.- INTRODUCCION

Tal vez, la fórmula hidrológica más utilizada a nivel mundial, sea la denominada "fórmula racional", que pretende reproducir el caudal máximo instantáneo de una crecida pluvial en cuencas pequeñas, a través de la expresión:

$$Q = c * i * A \quad (1)$$

donde Q= caudal máximo instantáneo

A= área de la cuenca

i= intensidad media máxima de lluvia para una duración correspondiente al tiempo de concentración de la cuenca.

c= coeficiente de escorrentía de origen empírico que valida la igualdad establecida por la fórmula.

El origen de la popularidad de la fórmula racional estriba indudablemente en su extraordinaria simplicidad; el área de la cuenca es fácilmente determinable, la información respecto a intensidades medias máximas de lluvias está frecuentemente disponible, restando sólo establecer el tiempo de concentración de la cuenca y el valor del coeficiente de escorrentía.

Respecto del primero, t_c , se han propuesto diversas fórmulas que permiten su estimación (1), con un nivel de exactitud aún no adecuadamente establecido; respecto del coeficiente de escorrentía, se argumenta que la gran experiencia que se dispone respecto de su cuantificación, es precisamente una de las ventajas de la aplicación de la fórmula racional. De hecho, en un estudio desarrollado para la DGÁ (2), se propone, entre otras, el uso de esta fórmula, extendiendo su aplicabilidad a tamaños de cuencas bastante mayores a los tradicionalmente utilizados, recomendándose valores regionales para el coeficiente de escorrentía.

Sin embargo, en la experiencia del autor al respecto, ha podido constatar una gran incertidumbre en cuanto a la cuantificación del coeficiente de escorrentía, desconocimiento de las hipótesis simplificadoras en las que descansa el método, interpretaciones físicas discutibles del significado del coeficiente de escorrentía, o aplicación de la fórmula a condiciones y tamaños de cuencas fuera de su rango de validez.

En el presente trabajo se discuten algunos conceptos que permiten orientar hacia una utilización más "racional" de la fórmula racional, en particular en cuanto a su aplicabilidad y cuantificación del coeficiente de escorrentía.

2.- CONCEPTOS BASICOS.

2.1.- Diagrama Tiempo - Area.



Dada una cuenca específica, es conceptualmente posible establecer la ubicación de las líneas isocronas o líneas de igual tiempo de viaje hasta la sección de salida de la misma. Calculando el área de la cuenca ubicada aguas abajo de cada línea isocrona y graficando ésta en función del tiempo de viaje, se obtiene el denominado diagrama tiempo - área, que representa la variación del área aportante de la cuenca en función del tiempo, hasta alcanzar el área total de la misma para el tiempo de concentración de la cuenca, t_c .

2.2.- Hidrograma de escorrentía directa.

Si ocurre sobre la cuenca una precipitación uniformemente repartida en el espacio, cuyo hietograma de precipitación efectiva sea conocido, el caudal de salida dependerá de la función de transferencia de la cuenca. En cuanto a las características de esta función de transferencia, aún cuando la metodología para su análisis en base al comportamiento de sistemas no lineales fue propuesta hace más de 25 años, ésta no ha tenido mayor acogida, posiblemente debido a que la eventual mejora de los resultados respecto a una hipótesis de comportamiento lineal, no compensa el notable aumento de complejidad del análisis. Aceptando, en consecuencia, que la cuenca se comporta como un sistema lineal, siendo el diagrama tiempo - área invariante, entonces el caudal en la sección de salida en un instante dado viene expresado por la integral de convolución,

$$Q(t) = \int_0^t i_e(t-T) * u(T) dT \quad (2)$$

donde $i_e(t-T)$ es el hietograma de precipitación efectiva,
 $u(T) = \delta A / \delta T$ es la derivada del diagrama tiempo - área y
 T es una variable muda de integración.

La estructura de la fórmula (2) es idéntica a la definición del Hidrograma Unitario Instantáneo, de donde resulta que bajo las hipótesis impuestas, el diagrama tiempo - área es proporcional al hidrograma en S y su derivada o histograma de tiempo - área, corresponde al Hidrograma Unitario Instantáneo de la cuenca. Esta función es en consecuencia determinística estando definida en el tiempo desde el inicio de la tormenta hasta el tiempo de concentración de la cuenca, t_c .

El hietograma de precipitación efectiva, por otra parte, es una función aleatoria que se anula a partir del tiempo de duración de la lluvia efectiva, t_e .

La evaluación de la convolución, en consecuencia, dependerá del tiempo de duración de la lluvia efectiva, del tiempo de concentración de la cuenca y del tiempo de estimación del caudal o límite de integración t .

Diversos estudios se han realizado para establecer la existencia de secuencias típicas o distribuciones temporales preferenciales de las tormentas (3,4), sin haberse obtenido resultados concluyentes. Ante lo anterior, sólo es posible estimar a priori el caudal, bajo el enfoque de la fórmula racional, utilizando un valor promedio esperado de la intensidad de la lluvia. En consecuencia, la integral de convolución se transforma en:



$$Q(t) = \bar{i}_e(t) \int_0^t u(T) dT = \bar{i}_e(t) * A(t) \quad (3)$$

donde $\bar{i}_e(t)$ es la intensidad media de la precipitación efectiva para la duración t .

Considerando todas las combinaciones posibles de duración de lluvia, tiempo de concentración de la cuenca e instante de evaluación del caudal, se obtienen los siguientes resultados:

$$Q(t) = \bar{i}_e(t) * A(t) \quad \text{para } t < t_e \quad (4.1)$$

$$Q(t) = \bar{i}_e(t_e) * (A(t) - A(t - t_e)) \quad \text{para } t_e < t < t_c \quad (4.2)$$

$$Q(t) = \bar{i}_e(t) * A \quad \text{para } t_c < t < t_e \quad (4.3)$$

$$Q(t) = \bar{i}_e(t_c + t_e - t) * (A - A(t - t_e)) \quad \text{para } t > t_c \quad (4.4)$$

donde $Q(t)$ es el caudal esperado para el instante t y A es el área total de la cuenca.

El caudal máximo para una duración " t " resultará utilizando el valor máximo de \bar{i}_e , es decir, la intensidad media máxima para la duración de lluvia correspondiente. A su vez, el caudal máximo instantáneo de la crecida, resultará determinando el valor del tiempo t que maximice el valor del caudal, previo establecimiento del tiempo de concentración de la cuenca y de la duración de la lluvia efectiva.

2.3.- Intensidad - Duración de la Lluvia.

Diversos estudios de curvas de intensidad-duración se han desarrollado tanto en Chile como en el extranjero, determinando coeficientes generalizados de duración.(5,6). Para los efectos prácticos, dentro del nivel de precisión posible de lograr mediante el uso de la fórmula racional, uno de los resultados más interesantes de estos estudios es que ratifican la validez, para tormentas de origen ciclónico y sin un excesivo efecto orográfico, de la llamada fórmula de Grunsky (7), de amplia aplicación en Chile para la estimación de intensidades medias máximas de lluvias de diferentes duraciones.

Según esta fórmula, la intensidad media máxima $\bar{i}(t)$ para una duración cualquiera, se puede estimar como:

$$\bar{i}(t) = i_{24} * \sqrt{\frac{24}{t}} \quad (5)$$

donde i_{24} , es la intensidad media máxima en 24 horas.

Para duraciones extremadamente pequeñas, la estructura de la fórmula de Grunsky tiende a dar intensidades excesivas, por lo que para fines prácticos se recomienda utilizar como intensidad máxima probable, el valor resultante de una duración de aproximadamente 0.1 horas o 6 minutos, es decir,

$$\bar{i}_{max} = 15.5 * i_{24} \quad \text{para } t < 0.1 \text{ horas}$$



Si consideramos una tormenta centrada, simétrica y monomodal, siguiendo el criterio de diseño de los bloques alternantes, por definición de promedio, se tiene,

$$P(t) = \bar{i}(t) * t = \int_{-\frac{t}{2}}^{+\frac{t}{2}} i(T) dT \quad (6)$$

donde t se mide con origen en el instante de máxima intensidad.

Reemplazando (5) en (6) se obtiene,

$$P(t) = i_{24} * \sqrt{24t} = \int_{-\frac{t}{2}}^{+\frac{t}{2}} i(T) dT \quad (7)$$

Por último, la derivada de la ecuación (7) respecto a t , en el presente caso se reduce a

$$i(t') = i_{24} * \sqrt{\frac{3}{t'}} \quad (8)$$

donde $i(t')$ es la intensidad instantánea de precipitación en un instante a una distancia t' del punto de máxima intensidad de una tormenta centrada, simétrica y monomodal, que respete la ley de Grunsky.

2.4 Tasas de infiltración

Las tasas de infiltración o de pérdidas en general, son sin lugar a dudas una de las variables de mayor incertidumbre para los propósitos del análisis y síntesis hidrológicos. De las diversas metodologías o índices utilizados para su cuantificación, la tasa final de infiltración de acuerdo al modelo de Horton o similares, es la más fácil de conceptualizar. Este índice o tasa de infiltración se define como la tasa de infiltración potencial constante a la cual tiende un suelo una vez que se independiza de las condiciones iniciales.

Si aceptamos este modelo, despreciando su variabilidad inicial, la intensidad de precipitación efectiva queda dada por

$$i_e(t) = i(t) - f \quad (9)$$

donde f es la tasa de infiltración o pérdida constante.

Reemplazando (8) en (9) e imponiendo la condición de que la precipitación efectiva sea nula, se obtiene una expresión para la duración de la precipitación efectiva:

$$t_e = 6 * \left(\frac{i_{24}}{f}\right)^2 \quad (10)$$

de donde resulta que su intensidad media para la duración efectiva total, vale

$$\bar{i}_e(t_e) = i_{24} \sqrt{\frac{24}{t_e}} - f \quad (11)$$



Reemplazando (10) en (11) se obtiene

$$\bar{i}_e(t_e) = f \quad (12)$$

Nótese que si la precipitación efectiva total de la tormenta fuese conocida, producto de la aplicación de algún método como el de la Curva Número o similar, la intensidad media de la precipitación efectiva, igual a la tasa de infiltración, resulta,

$$\bar{i}_e(t_e) = f = \frac{P_{ef}}{t_e} = 6 * \frac{(i_{24})^2}{P_{ef}} \quad (13)$$

2.5.- Caudal máximo de la crecida.

Del análisis de las ecuaciones (4), se observa que la 4.2 y 4.3 se maximizan para duraciones iguales a t_e y t_c respectivamente. Por otra parte, la ecuación 4.4 puede reducirse mediante un cambio de variable, a una forma equivalente a la ecuación 4.1. En esta última, reemplazando el valor propuesto para la intensidad de la lluvia efectiva y estimando $A(t)$ como

$$A(t) = A * \left(\frac{t}{t_c}\right)^q * c_f * c_p \quad \text{para } t < t_c \quad (14.1)$$

$$A(t) = A \quad \text{para } t > t_c \quad (14.2)$$

es decir, una relación en principio lineal, corregida por un factor de forma q y un factor de pendiente c_p , se obtiene:

$$Q(t) = (i_{24} \sqrt{\frac{24}{t}} - f) * A * \left(\frac{t}{t_c}\right)^q * c_f * c_p \quad (15)$$

Despreciando la variabilidad de los coeficientes q y c_p en las cercanías del máximo caudal, derivando la ecuación (15) e igualando a cero, se obtiene: $t = t_e$

Esta relación es válida para $t_e < t_c$, de donde

$$Q_{max} = \bar{i}_e(t_e) * A_{max}(t_e) \quad (16)$$

A_{max} es la máxima área que puede aportar, para un intervalo igual a la duración de la precipitación efectiva. Si $t_e > t_c$, la ecuación (15) no alcanza un máximo, obteniéndose el máximo caudal para el menor valor posible de t , en este caso, t_c .

De todo lo anterior, concluye que la aplicación de la fórmula racional se reduce a

$$Q_{max} = \bar{i}_e(t_e) * A_{max}(t_e) \quad \text{para } t_e < t_c \quad (17)$$



$$0 \quad Q_{max} = \bar{i}_e(t_c) * A \quad \text{para } t_e > t_c \quad (18)$$

2.6 Coeficientes de forma y de pendiente

El efecto de la forma de la cuenca sobre el diagrama tiempo-área ha sido estudiado en forma teórica, pudiendo calcularse de estos estudios valores típicos de coeficientes de forma para algunos modelos geométricos regulares, según se indica en la Tabla N°1.

Tabla 1 Coeficientes de forma

| t/t_c | Triangular | Rectangular | Cuadrada | Sectorial |
|---------|------------|-------------|----------|-----------|
| 0.2 | 2.3 | 1.2 | 1.4 | 1.7 |
| 0.3 | 1.9 | 1.18 | 1.36 | 1.65 |
| 0.4 | 1.6 | 1.15 | 1.33 | 1.58 |
| 0.6 | 1.4 | 1.10 | 1.26 | 1.4 |
| 0.8 | 1.2 | 1.05 | 1.16 | 1.2 |
| 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

Comparando estas cifras con algunos valores resultantes del análisis de curvas área-tiempo de cuencas reales, se propone, en ausencia de mejor información, la relación aproximada,

$$c_f = \left(\frac{t_e}{t_c} \right)^{-0.325} \quad \text{para } t_e/t_c > 0.047 \quad (19)$$

limitado al valor $c_f = 2.7$ para $t_e/t_c < 0.047$.

Menos información existe respecto a los coeficientes de pendiente, los cuales debieran ser cercanos a la unidad para pendientes uniformes, mayores de 1 para formas cóncavas y menores de 1 para formas convexas, adoptándose en adelante el valor 1.0.

3.- ESTIMACIÓN DE COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA.

De acuerdo a la definición de coeficiente de escorrentía, dado por la fórmula (1), y los resultados de las ecuaciones (17) y (18), se obtienen las siguientes expresiones:

- i) Para duraciones de la precipitación efectiva menores al tiempo de concentración de la cuenca, $t_e < t_c$:

$$c = \frac{\bar{i}_e(t_e) * A_{max}(t_e)}{\bar{i}(t_c) * A} \quad (20)$$

Reemplazando para cada una de las variables las expresiones propuestas por el presente modelo, se obtiene:

$$c = \frac{f * A * t_e / t_c * c_p * c_f}{i_{24} * \sqrt{24} * A} = \frac{f * t_e * c_p * c_f}{i_{24} * \sqrt{24} * t_c} = \frac{1}{2} * \sqrt{\frac{6}{t_c}} * \frac{i_{24}}{f} * c_f * c_p \quad (21)$$



ii) Para duraciones de la precipitación efectiva mayores que el tiempo de concentración de la cuenca, $t_e > t_c$,

$$c = \frac{\bar{i}_e(t_c)}{i(t_c)} = 1 - \frac{1}{2} * \sqrt{\frac{t_c}{6}} * \frac{f}{i_{24}} \quad (22)$$

Definiendo la variable adimensional,

$$t^* = \sqrt{\frac{t_e}{t_c}} = \sqrt{\frac{6}{t_c}} * \frac{i_{24}}{f} \quad (23)$$

la estimación del coeficiente de escorrentía se reduce a

$$c = \frac{1}{2} * t^* * c_f * c_p \quad \text{para } t^* < 1 \quad (24)$$

$$c = \frac{1}{2} \quad \text{para } t^* = 1 \quad (25)$$

$$c = 1 - \frac{1}{2 * t^*} \quad \text{para } t^* > 1 \quad (26)$$

Las expresiones anteriores se basan en una tasa final de infiltración constante. Si la precipitación ocurre sobre un suelo relativamente seco, los coeficientes de escorrentía serían menores a los indicados por las fórmulas propuestas. En este sentido resulta conveniente estimar la tasa de infiltración adecuada a cada situación, a través de la ecuación (13), a partir de una estimación independiente de la precipitación efectiva.

4.- EJEMPLOS DE APLICACIÓN.

4.1.- Valores numéricos del coeficiente de escorrentía.

De todos los considerandos anteriores, se concluye que la magnitud del coeficiente de escorrentía depende de la magnitud de la precipitación, del tiempo de concentración de la cuenca y de la tasa de pérdidas o infiltración. A manera de ejemplo, en la Tabla N°2 se presentan valores resultantes para el coeficiente de escorrentía siguiendo el procedimiento propuesto, para distintas combinaciones de magnitud de la precipitación en 24 horas, tiempo de concentración de la cuenca y distintas tasas de infiltración.

Cotejando las cifras con valores del coeficiente de escorrentía propuestos en diversos textos, (1), resultan valores bastante coherentes para condiciones similares, con la ventaja de que los valores aquí propuestos, resultan mucho mas objetivos.

4.2.- Comparación con cifras propuestas por DGA.

La DGA (2) ha propuesto valores para el coeficiente de escorrentía para distintas cuencas del país, para un período de retorno base de 10 años, así como coeficientes de



TABLA N°2. COEFICIENTES DE ESCORRENTIA.

| f (mm/hr) | CUENCA PEQUEÑA : T _c =0.5 HRS | | | | |
|--------------|--|------|-------|-------|-------|
| | P=60 | P=80 | P=100 | P=120 | P=140 |
| 2 | 0.88 | 0.91 | 0.93 | 0.94 | 0.95 |
| 4 | 0.77 | 0.83 | 0.86 | 0.88 | 0.90 |
| 8 | 0.54 | 0.65 | 0.72 | 0.77 | 0.80 |
| 16 | 0.40 | 0.45 | 0.48 | 0.54 | 0.60 |
| | CUENCA MEDIA: T _c =2.0 HRS | | | | |
| 2 | 0.77 | 0.83 | 0.86 | 0.88 | 0.90 |
| 4 | 0.54 | 0.65 | 0.72 | 0.77 | 0.80 |
| 8 | 0.40 | 0.45 | 0.48 | 0.54 | 0.60 |
| 16 | 0.32 | 0.35 | 0.38 | 0.40 | 0.43 |
| | CUENCA MAYOR: T _c =8 HRS | | | | |
| 2 | 0.54 | 0.65 | 0.72 | 0.77 | 0.80 |
| 4 | 0.40 | 0.45 | 0.48 | 0.54 | 0.60 |
| 8 | 0.32 | 0.35 | 0.38 | 0.40 | 0.43 |
| 16 | 0.18 | 0.24 | 0.30 | 0.32 | 0.33 |
| 32 | 0.07 | 0.12 | 0.15 | 0.18 | 0.21 |

frecuencia para otros períodos de retorno. En la Tabla N°3 se presentan los coeficientes de escorrentía propuestos por la DGA y las precipitaciones máximas en 24 horas típicas de cada región (8), para un período de retorno de 10 años, junto a las tasas de infiltración requeridas para cuencas de distinto tiempo de concentración, que permitan reproducir dichos coeficientes de escorrentía, con la fórmula propuesta. Para la III Región y cuenca del Elqui, las tasas requeridas superan la tasa máxima de validez de la fórmula propuesta. En otras palabras, no es posible reproducir coeficientes de escorrentía tan bajos para una cuenca homogénea y la escorrentía debiera ser nula. La existencia de escorrentía sólo se explicaría en el caso de una cuenca heterogénea, en la cual sólo una pequeña fracción de la cuenca estuviese aportando. De Limarí al Sur, se obtienen ya tasas de infiltración admisibles, siendo los valores correspondientes a tiempos de concentración de 16 hrs a 48 hrs., los más razonables.

Por último, en la Figura N°1, se presenta la diferencia en porcentaje entre la estimación del coeficiente de escorrentía que resulta para distintos períodos de retorno, de la aplicación de los coeficientes de frecuencia propuestos por la DGA y de la aplicación de la fórmula propuesta, adoptando las precipitaciones diarias típicas para cada período de retorno en cada región.(8).

Tabla N°3. Infiltración necesaria para reproducir coeficientes DGA (mm/hr)

| Región | III | Elqui | Limarí | V-Choapa | VI | VII | VIII | iX |
|-----------------------|-------|-------|--------|----------|------|------|------|------|
| P(10) mm | 40 | 70 | 80 | 85 | 100 | 110 | 100 | 90 |
| Cd(10) DGA | 0.009 | 0.025 | 0.078 | 0.08 | 0.31 | 0.39 | 0.36 | 0.28 |
| T _c =4 hr | 305 | 193 | 71 | 73 | 20 | 11 | 13 | 22 |
| T _c =16 hr | 153 | 96 | 35 | 36 | 10 | 6 | 7 | 11 |
| T _c =48 hr | 88 | 56 | 20 | 21 | 6 | 3 | 4 | 6 |
| Inf. max. | 26 | 45 | 52 | 55 | 65 | 71 | 65 | 58 |



Se observa que en 4 de las 9 regiones comparadas, Limarí, Aconcagua, VII y VIII regiones, las diferencias entre los coeficientes propuestos por la DGA y los que resultan del procedimiento propuesto, no superan el 10%; en la IX Región, las diferencias alcanzan hasta el 20%, mientras en las 4 restantes, III, Elqui, Choapa y VI, las diferencias superan el 50% en los casos más extremos.

Aún cuando estas últimas cifras parecieran ser importantes, el nivel de precisión que puede alcanzarse en este tipo de análisis, absolutamente generalizado, no es muy alto, por lo que los resultados obtenidos, no hacen más que validar, con un nivel de error menor al esperado, el procedimiento propuesto para el cálculo de los coeficientes.

4.3.- Comparación con la fórmula de Verni y King.

Reemplazando los valores propuestos para el coeficiente de escorrentía en la fórmula racional original, los caudales máximos instantáneos de la crecida, en m³/seg, quedan dados por las siguientes expresiones:

$$Q_{max} = 0.03125 * \frac{P_{24}^2}{t_c^2} * \frac{A}{f} \quad \text{para } \Phi < 4.5 \quad (27.1)$$

$$Q_{max} = 0.01287 * \frac{P_{24}^{1.346}}{t_c^{0.673}} * \frac{A}{f^{0.346}} \quad \text{para } 4.5 < \Phi < 96 \quad (27.2)$$

$$Q_{max} = 0.0567 * \left(\frac{P_{24} - f\sqrt{24t_c}}{\sqrt{t_c}} \right) * A \quad \text{para } \Phi > 96 \quad (27.3)$$

donde $\Phi = \frac{P_{24}^2}{t_c * f^2}$ y las unidades son P (mm), t (hr) y A (km²).

En la Figura N°2 se comparan los resultados del procedimiento propuesto, para distintas tasas de abstracción o infiltración, con los que arroja la fórmula propuesta por Verni y King (2), para el caso de una cuenca de 500km², con un tiempo de concentración estimado de 8 horas. Nuevamente, la excelente concordancia obtenida, valida el procedimiento propuesto.

5.- Referencias Bibliográficas:

- 1.- Ven Te Chow et al., "Hidrología Aplicada", Mc Graw-Hill, 1996
- 2.- DGA, "Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos", DGA N°1, 1996.
- 3.- Espíldora , B.y Echavarría A., "Criterios para la Caracterización y Selección de Lluvias de Diseño", IV Col. Nac de Hidráulica, SOCHID, 1978
- 4.- Benitez, A. y Verni, F., "Distribución Porcentual de las Precipitaciones para Duraciones entre 12 y 72 horas", VII Cong. Nac. de Hidráulica, SOCHID, 1985
- 5.- Espíldora B., "Estimación de Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia Mediante Coeficientes Generalizados, I Col. Nac. de Hidráulica, SOCHID, 1969.
- 6.- Varas E. y Sánchez S., "Relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia Generalizadas", VI Congr. Nac. de Hidráulica, SOCHID, 1983.



7.- Arretz A., "Método de Grunsky para el Cálculo de Crecidas", Revista Chilena de Ingeniería, N°2, 1943

8.- DGA, "Precipitaciones Máximas en 1,2 y 3 Días", 1991

FIG N°1 DIFERENCIA ENTRE COEFICIENTES DGA Y PROPUESTOS

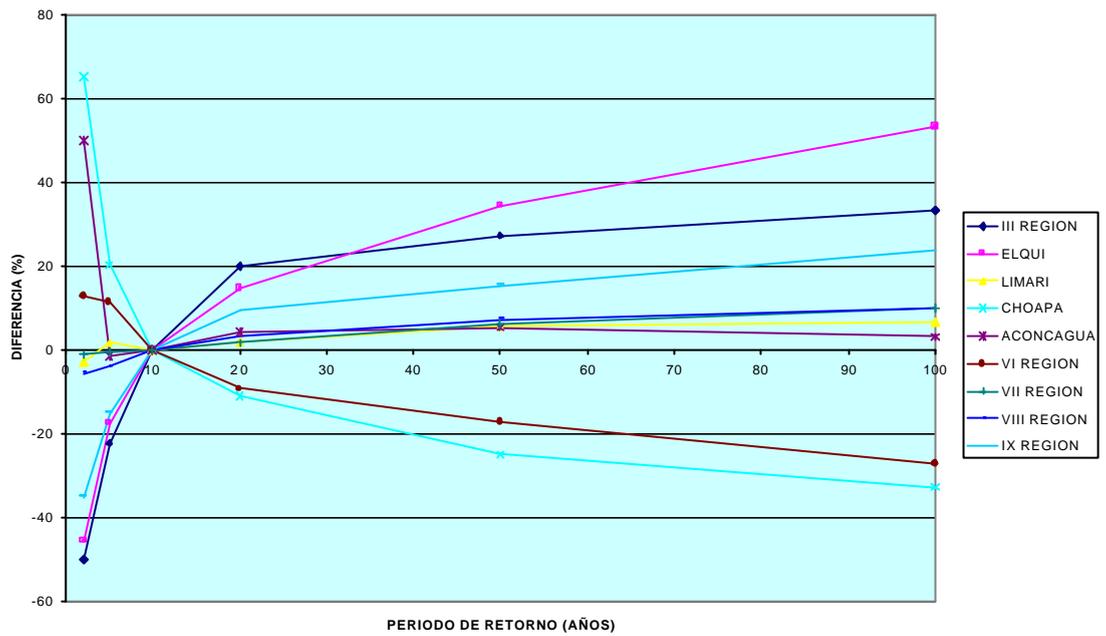


Fig. N° 2 Comparación con Verni y King
A=500 km² Tc=8 hrs

