

Hietogramas Instantáneos del Modelo DIT en el Área Serrana de la Provincia de Córdoba.

Andrea Rico¹, Clarita Dasso^{1,2,3}, Gabriel Caamaño Nelli

1Instituto Nacional del Agua-Centro de la Región Semiárida, 2Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, 3Universidad Nacional de Córdoba

Vélez Sarsfield y Ambrosio Olmos. (5000) Córdoba. Tel.: 0351-4682781.

E-mail: an_rico@yahoo.com.ar

RESUMEN

La escases de registros pluviográficos que permiten encontrar la distribución temporal de lluvias máximas (hietogramas tipo) mediante síntesis de series históricas (Huff y Pilgrim), ha llevado a incursionar en métodos basados en la extracción de la función i-d-T, como el caso del Hietograma de Intensidad Instantánea. En tal sentido, el modelo DIT para la obtención de la relación i-d-T ha introducido adelantos en cuanto a regionalización y zonalización, en esta región del país y el Hietograma Instantáneo, II-DIT 3p, de dicho modelo se presenta como una alternativa ventajosa.

El objetivo de este trabajo es la aplicación de la función del hietograma instantáneo derivado del Modelo DIT a láminas máximas extraídas en la estación La Suela , Prov. de Córdoba, con la finalidad de encontrar las distribuciones temporales tipo y compararlas con patrones obtenidos por métodos de síntesis.

La metodología consistió en la obtención de hietogramas para duraciones de 30, 60, 90 y 120 min y recurrencia de 20 años, utilizando pasos de cálculo de 1,3 y 5 min, en la Estación La Suela. Los mismos fueron comparados con los deducidos por síntesis y con hietogramas instantáneos de la Estación Ceres (Sta. Fé).

Los resultados indican que en los hietogramas instantáneos de la estación La Suela, la pérdida de volumen se corrige con la disminución del paso de tiempo, como sucedió en los Hietogramas II-DIT 3P de la Estación Ceres. Se constató también, que los máximos de Intensidad Instantánea de estos, son acordes los de los hietogramas obtenidos por síntesis.

INTRODUCCIÓN

La escasez de registros pluviográficos que permiten sintetizar, a partir de lluvias máximas, la distribución temporal interna o hietogramas tipo, como son los métodos de Distribución Acumulada, (Huff, 1967) o el de Ordenamiento de Intervalos, (Pilgrim et al. 1969,1975), ha llevado al desarrollo de los métodos basados en la extracción del hietograma a partir de la función i-d-T, como son los métodos de Intensidad Instantánea (Keifer y Chu,1957) o el de Bloques Alternos (Chow et al., 1994).

Estos dos últimos métodos evitan la demanda de series históricas y garantizan coherencia entre la distribución y la lámina, ya que ambas se deducen de la misma función i-d-T, en particular, el método de la Intensidad Instantánea. Esta técnica origina una traza continua de la distribución, especialmente cuando se conoce la ecuación de la i-d-T, permitiendo arribar a una expresión analítica del hietograma tipo, simplificando su predicción.

Siguiendo ese enfoque, Caamaño Nelli et al. (2007), derivaron el Hietograma Instantáneo de la función i-d-T del Modelo DIT (Caamaño Nelli y García, 1999), usando el método de Intensidad Instantánea (II-DIT). En su aplicación con series pluviográficas de la Estación Ceres (Santa Fé) y su comparación con los hietogramas de síntesis, los resultados revelaron la alta sensibilidad de la forma de los hietogramas instantáneos ante el paso de cálculo empleado y la merma del volumen cuando aumenta dicho intervalo (Caamaño Nelli, Dasso y Colladon,2007, 2009a).

La necesidad de operar con paso fijo de cálculo y la eliminación de un parámetro del Modelo DIT (Caamaño Nelli et al., 2012), ahora denominado DIT 3p, condujeron a repetir las experiencias ya ensayadas en Ceres bajo las nuevas condiciones (Caamaño Nelli et al., 2013; Dasso. et al, 2014).

El objetivo del presente trabajo es la aplicación de la función del Hietograma Instantáneo derivado del Modelo DIT 3p, a láminas máximas de distintas duraciones extraídas de la función i-d-T de la estación La Suela (Prov. de Córdoba) para encontrar las distribuciones temporales tipo y compararlas entre sí y con los datos por otros métodos.

La Estación La Suela (31° 38'S; 64° 35' O; 892 msnm) operada por el INA-CIRSA, es representativa de la Zona Sierras para los estudios de Diseño Hidrológico en la Provincia de Córdoba (Caamaño y Dasso, 2003). Dispone una serie pluviográfica de 22 años, en el período 1972-1995, procesada cada 5 minutos.

Hietogramas extraídos de la relación i-d-T

Las técnicas extractivas generan moldes dimensionales, en mm/hora, con las ventajas de tener coherencia automática con la i-d-T de partida y no requerir información adicional a ella.

En el mecanismo de Bloques Alternos (Chow, Maidment y Mays, 1994) se deducen configuraciones discretas tomando intervalos sucesivos, hasta la duración total, y calculando la intensidad en cada uno de

ellos, por diferencia entre las láminas actual y previa, que surgen de las tasas medias dadas por la relación intensidad-duración-recurrencia. La intensidad baja al crecer la duración y cada traza de retorno fijo de la i - d - T refleja este hecho. De modo que un patrón temporal derivado así, decae monótonamente desde su inicio.

Como un perfil semejante no representa la variación natural, en especial de lluvias breves, en el método de Bloques Alternos (BA) cada nuevo intervalo se acopla una vez a derecha y otra a izquierda del máximo. La punta ocupa la posición central del hietograma, salvo si se conoce el coeficiente de avance, en cuyo caso el segundo bloque se sitúa sobre la rama más larga.

En tanto, el método de la Intensidad Instantánea (Chow, Maidment y Mays, 1994), ideado por Keifer y Chu (1957) conduce a una traza continua, donde las intensidades en la rama ascendente, i_a , y en la descendente, i_b , son funciones de las duraciones respectivas, d_a y d_b , medidas desde el pico de intensidad, cuya suma es la duración d de la precipitación.

$$d = d_a + d_b \quad (1)$$

A medida que se incrementa d , hasta alcanzar el tiempo de lluvia deseado, d_a y d_b crecen en proporción, siendo el coeficiente de avance, a , el factor de peso para la rama ascendente y $1-a$ el de la rama descendente. Para cada duración la intensidad en ambas ramas es igual:

$$i_a = i_b \quad (2)$$

Siendo i la intensidad media de lluvia en el evento, provista por la función i - d - T , el área bajo el hietograma representa la lámina precipitada en el *intervalo de máxima anual* (IMA), h , que, por definición, es

$$h = d \cdot i \quad (3)$$

y su valor resulta de integrar por partes. Empleando d como símbolo de diferencial, será

$$h = \int_0^{a \cdot d} f(d_a) \cdot dd_a + \int_0^{(1-a) \cdot d} f(d_b) \cdot dd_b \quad (4)$$

Derivando ahora con respecto a la duración, se obtiene, de las ecuaciones (2), (3) y (4):

$$\frac{dh}{dd} = i_a = i_b = i + d \cdot \frac{di}{dd} \quad (5)$$

La (5), ecuación característica de Intensidad Instantánea, da sólo dos resultados iguales, uno para cada rama de la curva. Esto hace necesario resolverla para duraciones crecientes, hasta alcanzar la base del hietograma, y situar en el tiempo cada par de puntos respetando el coeficiente de avance establecido. En el presente caso, tanto para este método como para Bloques Alternos, la expresión intensidad-duración-recurrencia se obtuvo con el modelo DIT.

Hietograma instantáneo del modelo DIT

DIT (Caamaño Nelli y García, 1999) es un modelo conceptual de la relación i-d-T, que plantea el logaritmo natural de la intensidad como una función lineal del factor de frecuencia, Φ (Chow, 1951), y de un factor de persistencia δ (Caamaño Nelli y Dasso, 2003), relacionados a través de dos parámetros locales, propios de la estación de medición, A y C, y uno zonal, B

$$\ln i = A \cdot \Phi - B \cdot \delta + C \quad (6)$$

Con base en la hipótesis de distribución probabilística lognormal de los máximos de lluvia anual, el factor de frecuencia tiene una relación biunívoca con el período de retorno, T,

$$\Phi = 2,584458 \cdot (\ln T)^{3/8} - 2,252573 \quad (7)$$

El factor δ depende de la duración de la lluvia, mediante un cuarto parámetro q, zonal:

$$\delta = (\ln d)^q \quad (8)$$

La expresión explícita de la intensidad, equivalente a la ecuación (6), resulta ser

$$i = c \cdot a^\Phi / b^\delta \quad (9)$$

$$\text{donde} \quad a = e^A \quad b = e^B \quad c = e^C \quad (10)$$

Expresada la intensidad media de lluvia en el *intervalo de máxima anual* IMA conforme a la función (9), la intensidad instantánea en cada rama del hietograma surge de sustituir i en la ecuación (5) y sacar fuera de la derivada resultante los factores $c \cdot a^\Phi$ independientes de la duración

$$i_a = i_b = \frac{c \cdot a^\Phi}{b^\delta} + d \cdot c \cdot a^\Phi \cdot \frac{d(1/b^\delta)}{dd} \quad (11)$$

Llamando entonces y al cociente a derivar, se tendrá que,

$$\frac{dy}{dd} = \frac{-1}{b^{2\delta}} \cdot b^\delta \cdot \ln b \cdot \frac{q \cdot \delta}{\ln d} \cdot \frac{1}{d} = \frac{-\ln b \cdot q \cdot \delta}{b^\delta \cdot \ln d \cdot d} \quad (12)$$

De modo que las intensidades instantáneas dadas en (11) serán, con arreglo a (12)

$$i_a = i_b = \frac{c \cdot a^\Phi}{b^\delta} + d \cdot c \cdot a^\Phi \cdot \frac{-\ln b \cdot q \cdot \delta}{b^\delta \cdot \ln d \cdot d} \quad (13)$$

Luego, si se sustituye el valor de i, indicado por DIT en (9), y se saca factor común resulta

$$i_a = i_b = i \cdot \left(1 - \frac{\ln b \cdot q \cdot \delta}{\ln d} \right) \quad (14)$$

O bien, si se enuncia **ln b** conforme a la ecuación (10) y δ según la (8),

$$i_a = i_b = i \cdot \left[1 - B \cdot q \cdot (\ln d)^{q-1} \right] \quad (15)$$

De esta manera, la intensidad instantánea es proporcional a la intensidad media aportada por la relación i-d-T. El factor vinculante depende de la duración considerada en cada paso de cálculo y de los dos parámetros zonales del DIT, B y q, asociados precisamente a la duración por la función principal del modelo, que es la ecuación (6).

Existe actualmente una versión de DIT 3 parámetros, donde se ha fijado el valor del parámetro q en 5/3. Por lo tanto la ecuación 15 queda definida como:

$$i_a = i_b = i \cdot \left[1 - 5/3 \cdot B \cdot (\ln d)^{2/3} \right] \quad (16)$$

Y en el caso específico de la estación La Suela donde el parámetro B es igual a 0.1363, la ecuación para las intensidades instantáneas, tanto en la rama ascendente como descendente, varía únicamente con el ln d.

$$i_a = i_b = i \cdot \left[1 - 0.227 \cdot (\ln d)^{2/3} \right] \quad (17)$$

METODOLOGÍA

El estudio constó de dos partes:

- A. Examinar los efectos de variar el paso de cálculo sobre hietogramas extraídos según el procedimiento II-DIT 3p y evaluar la conveniencia de rectificarlos planteando la forma de hacerlo. Para precisar la influencia del paso de cálculo en la forma y en la superficie de los HT se eligieron incrementos pequeños: 1, 3 y 5 minutos, que brindan un buen grado de detalle y dividen los IMA contemplados en un número entero de intervalos. Se tomaron IMA de 30, 60, 90 y 120 minutos de duración. Para el cómputo de la intensidad media de la lluvia, i, con la ecuación (6), se requiere un valor del factor de frecuencia, y, por lo tanto, según (7), de la recurrencia, T. Pero como lo que se analiza es la evolución temporal de la lámina, T actúa sólo como factor de escala, sin alterar la forma de los hietogramas, razón por la cual se estableció un valor de T = 20 años. Se calcularon los coeficientes de avance a para cada duración de IMA, como la relación entre el tiempo de intensidad pico y la duración del IMA, en base a los datos de los hietogramas tipo por Ordenamiento de Intervalos de la estación La Suela.

- B. Comparar los hietogramas tipo de IMA deducidos con la rutina de Ordenamiento de Intervalos (OI) y de Distribución Acumulada (DA), con los de II-DIT 3p de la estación La Suela, y discutir la representatividad de estos últimos.

Como los mecanismos de síntesis no son aplicables para duraciones menores a la de los datos de partida, 5 minutos en este caso, se adoptó dicho intervalo de tiempo. Las duraciones de lluvia tratadas fueron 30, 60, 90 y 120 minutos, expresadas por 6 a 24 bloques. Para DA se adoptó probabilidad de no excedencia $P = 0,5$ (mediana de la distribución).

La semejanza entre los hietogramas, en cuanto a forma e intensidad pico, se evaluó con tres índices: un coeficiente de pico, C_p , el coeficiente de determinación, R^2 , y una función objetivo FO, producto de los dos anteriores.

RESULTADOS

Hietogramas Instantáneos en La Suela

En las Figuras 1, 2 y 3 se presentan los Hietogramas Instantáneos del Modelo DIT para la estación La Suela, con recurrencia $T=20$ años, obtenidos mediante la ecuación (17), para duraciones de 30, 60, 90 y 120 minutos y paso de cálculo t de 5,3 y 1 minuto, respectivamente. El tiempo al pico se determinó mediante los coeficientes de avance a (Tabla 1), para cada duración de IMA, en base a los datos históricos de los métodos de síntesis en la estación La Suela.

Tabla 1.- Valores del coeficiente de avance a .

Duración, d (minutos)	30	60	90	120
a	0,403	0,365	0,119	0,305

Los resultados evidencian, a simple vista, una variación en la forma de los Hietogramas Instantáneos y en el pico, al disminuir el paso de cálculo t . En el caso de la Figura 1, con $t=5$ minutos la gráfica presenta forma de meseta en contraposición a los casos de $t=1$ y 3 minutos, donde ésta resulta empinada. Este hecho se debe a que, si algún punto computado coincide con el tiempo al pico, reflejará plenamente su valor, como acontece con dos de las duraciones probadas; en cambio, si los puntos computados que rodean al máximo distan de éste, se mostrarán sólo valores intermedios de ambas ramas de la curva. Este efecto es propio de cualquier interpolación en la que la función presenta un máximo relativo en un intervalo y suele darse también en hietogramas sintéticos.

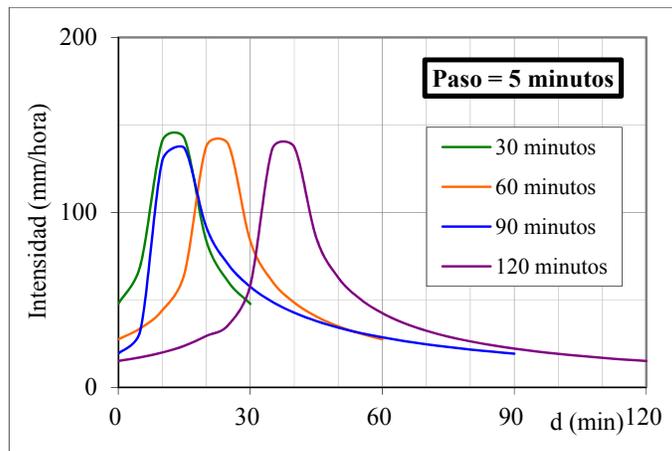


Figura 1.- Hietogramas Instantáneos II-DIT3p, Estación La Suela. Paso 5 minutos.

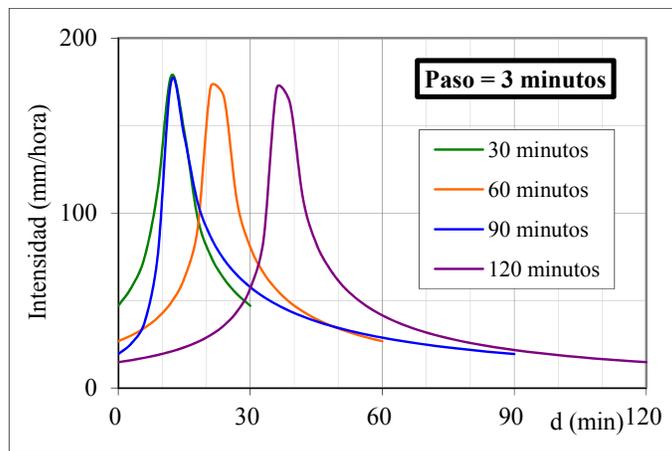


Figura 2.- Hietogramas Instantáneos II-DIT3p, Estación La Suela. Paso 3 minutos.

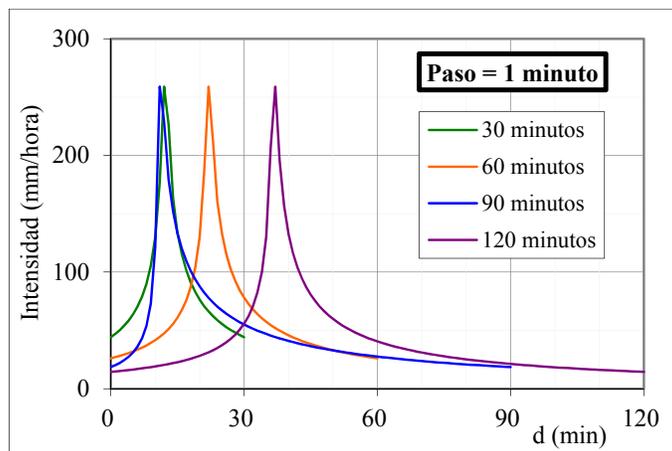


Figura 3.- Hietogramas Instantáneos II-DIT3p, Estación La Suela. Paso 1 minuto.

En cuanto a la disminución de la intensidad máxima al incrementar el paso de cálculo t , podemos constatar que se debe a la valoración de la ecuación (17) en el pico, donde la duración d equivale a t . Para el caso de 1 minuto $d = 1$ y $\ln d = 0$, por lo tanto $i_a = i_b = i$, igual a la intensidad máxima de la i - d - T para la recurrencia fijada. Para t mayores, $d > 1$ y $\ln d$ es no nulo y por lo tanto $i_a = i_b < i$. La Tabla 2 refleja la diferencia en las intensidades pico planteada, y evidencia una disminución de casi el 50% para el caso de $t = 5$ minutos.

Tabla2.- Diferencia entre picos con respecto al de paso 1 minuto.

Paso de cálculo	Intensidad Máxima	Diferencia entre picos
1 min.	258,9	0%
3 min.	167,3	-35%
5 min.	131,8	-49%

La incidencia menos evidente, aunque más relevante de t , se da en el área bajo la curva del Hietograma, cuya disminución no sólo depende del paso t , sino también de la duración de la lluvia, tendiendo a ser menor para los eventos más prolongados. La Figura 4 muestra que la proporción en que decae la lámina precipitada, representada por la superficie bajo la curva, puede exceder hasta un 7.4%, para el caso de la zona Sierras, ($d = 30$ minutos, $t = 5$ minutos).

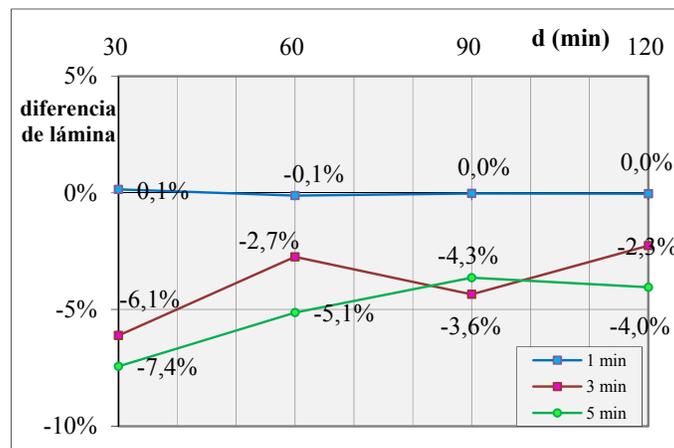


Figura 4.- Diferencias de lámina precipitada según variación de d y t .

Esta diferencia con respecto a la lámina dada por la i - d - T es producto del mecanismo operativo de Intensidad Instantánea, ya que, al incrementar el paso, lo que se está haciendo es eliminar puntos de la contabilidad en la zona más sensible, lo cual genera una disminución de la punta, sin que esa área sea compensada en el resto del hietograma. Esta disminución no ocurre al trabajar con distribuciones discretas, sean de síntesis o no, porque el acomodamiento de los bloques reparte la lámina sustraída en el pico y restituye el total. El déficit de lámina precipitada ha sido solucionado, siguiendo la lógica de otros métodos de reparto, es decir, prorrateando esta diferencia entre láminas en cada punto de cálculo. (Figura 5)

En la segunda parte del trabajo se planteó constatar la representatividad de los Hietogramas Instantáneos de La Suela corregidos, comparándolos con otros obtenidos por síntesis en la misma estación, como es el caso de los HT de Ordenamiento de Intervalos (OI) y los de Distribución Acumulada (DA).

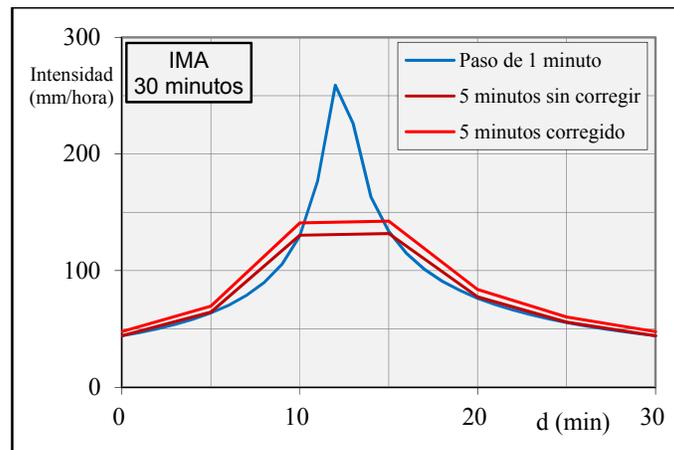


Figura 5.- Corrección de lámina precipitada.

La semejanza entre los hietogramas, en cuanto a forma e intensidad pico, se evaluó con tres índices: un coeficiente de pico C_p , llamando así al cociente entre los montos de lámina en la moda, con el menor como numerador; el coeficiente de determinación R^2 , y una función objetivo FO, producto de los dos anteriores. Debido a cómo fue definido cada índice, dichos atributos van de cero a uno, siendo la unidad el valor óptimo (tabla 3).

En las figuras 6, 7 y 8 quedan representados los hietogramas tipo, cada 5 minutos, sometidos a comparación. Allí se puede apreciar que los hietogramas de OI presentan el mayor pico de intensidad y los de DA, el menor, quedando los de II-DIT3p entre ambos. En cuanto a su empinamiento, los hietogramas extraídos se asemejan mucho más a los de OI que a los de DA, cuantificado por el índice C_p en la tabla 3.

En cuanto a la analogía de forma de las distribuciones, el coeficiente de determinación R^2 es mayor en las regresiones entre los Hietogramas II-DIT3p y los 2 de síntesis considerados, que entre éstos, salvo para 60 minutos, donde particularmente las intensidades sintetizadas en los primeros instantes son mayores.

Los valores de FO, producto de C_p y R^2 , indican que los Hietogramas Instantáneos se asemejan bastante más a los hietogramas tipo de OI que a los de DA, al evaluar conjuntamente el tamaño del pico y la forma completa, como ocurrió en estudios anteriores como es el caso de los Hietogramas II-DIT3p de la Estación Ceres (Tabla 4).

La diferencia de intensidades pico entre II-DIT3p y OI, se debe al mecanismo analizado anteriormente de utilizar un paso de cálculo que no refleja el máximo (5 minutos), pero a pesar de esta diferencia, no existe déficit de lámina precipitada ya que el área sustraída en la punta fue restituida en el resto del hietograma.

Tabla3.- Índices de semejanza entre II-DIT, OI y DA. Estación La Suela.

DURACIÓN DEL IMA	COEFICIENTE DE PICO, Cp			COEF. DETERMINACIÓN, R ²			FUNCIÓN OBJETIVO, FO		
	II / OI	DA / II	DA / OI	II vs. OI	DA vs. II	DA vs. OI	II vs. OI	DA vs. II	DA vs. OI
30 min.	0,998	0,755	0,757	0,480	0,403	0,056	0,479	0,305	0,042
60 min.	0,993	0,763	0,758	0,592	0,659	0,753	0,587	0,503	0,570
90 min.	0,781	0,948	0,823	0,950	0,564	0,630	0,741	0,535	0,518
120 min.	0,883	0,803	0,909	0,453	0,733	0,519	0,400	0,589	0,472

Tabla4.- Índices de semejanza entre II-DIT, OI y DA. Estación Ceres.

DURACIÓN DEL IMA	COEFICIENTE DE PICO, Cp			COEF. DETERMINACIÓN, R ²			FUNCIÓN OBJETIVO, FO		
	II / OI	DA / II	DA / OI	II vs. OI	DA vs. II	DA vs. OI	II vs. OI	DA vs. II	DA vs. OI
30 min.	0,896	0,759	0,680	0,414	0,743	0,480	0,371	0,564	0,326
60 min.	0,874	0,846	0,739	0,981	0,618	0,700	0,858	0,523	0,518
90 min.	0,872	0,713	0,622	0,651	0,402	0,593	0,567	0,286	0,369
120 min.	0,886	0,584	0,517	0,821	0,579	0,693	0,727	0,338	0,358

Se puede constatar, como en el caso del hietograma por OI de 120 minutos en La Suela (figura 9), que el hietograma II-DIT3p no refleja trazas polimodales, debido a la naturaleza de su estructura ($i_a = i_b$), situación que si puede darse en los métodos de síntesis históricas.

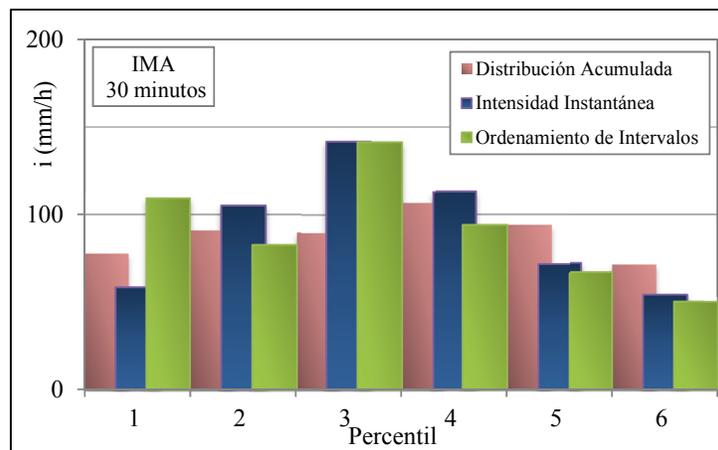


Figura 6.- Hietogramas tipo DA y OI y de II extraídos del DIT3p, Estación La Suela, Córdoba.

Duración del IMA $d = 30$ minutos, paso de cálculo $t = 5$ minutos.

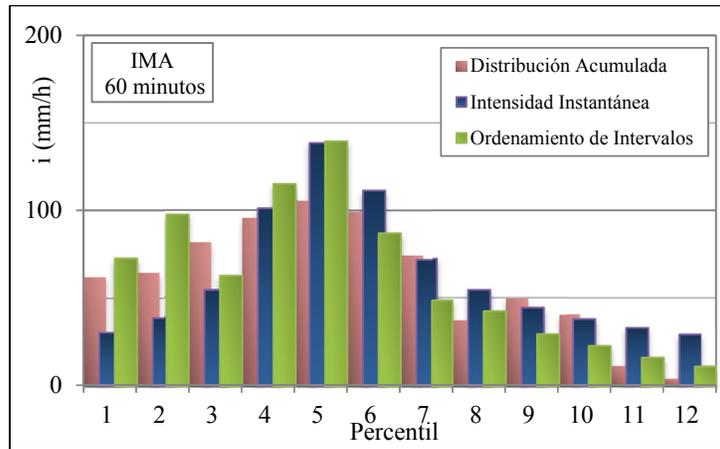


Figura 7.- Hietogramas tipo DA y OI y de II extraídos del DIT3p, Estación La Suela, Córdoba.
Duración del IMA $d = 60$ minutos, paso de cálculo $t = 5$ minutos.

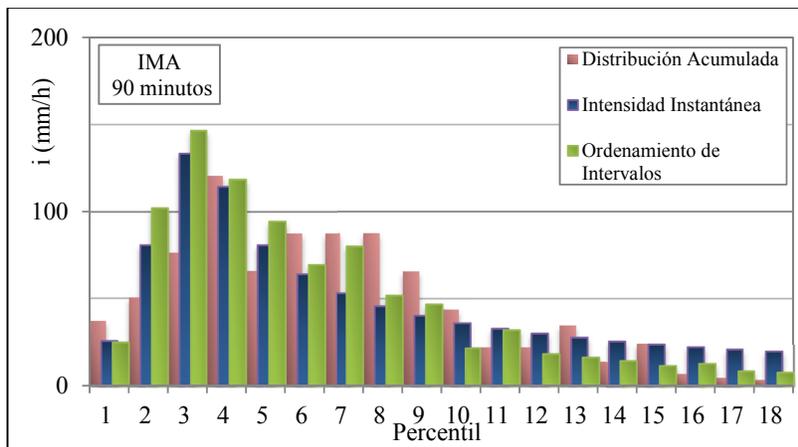


Figura 8.- Hietogramas tipo DA y OI y de II extraídos del DIT3p, Estación La Suela, Córdoba.
Duración del IMA $d = 90$ minutos, paso de cálculo $t = 5$ minutos.

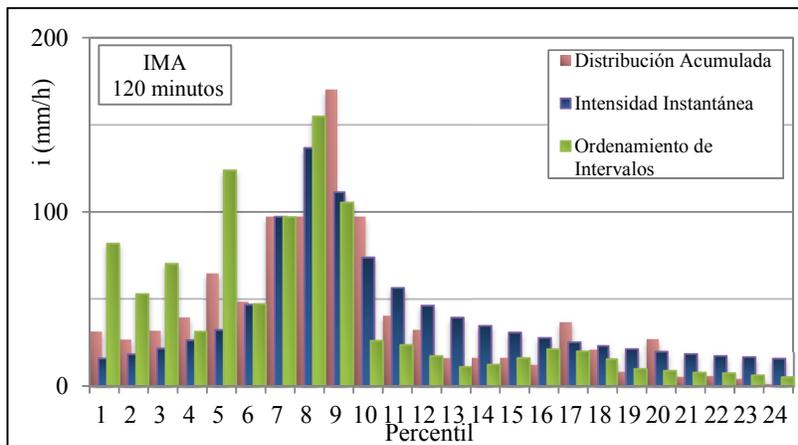


Figura 9.- Hietogramas tipo DA y OI y de II extraídos del DIT3p, Estación La Suela, Córdoba.
Duración del IMA $d = 120$ minutos, paso de cálculo $t = 5$ minutos.

CONCLUSIONES

En los hietogramas tipo obtenidos por el método extractivo II-DIT3p la variación del paso de cálculo, t , afecta sustancialmente las lluvias predichas, tanto en su intensidad máxima como en la forma de la distribución y la lámina precipitada.

Aumentar el paso de cálculo excluye valores de intensidad y en el intervalo de un máximo relativo, al interpolar éste con intensidades menores, ambas ramas de la curva representarán sólo valores intermedios, dando como resultado un gráfico en forma de meseta, obviando la intensidad máxima en el tiempo al pico.

Se evidencia una diferencia de casi el 50% en el valor de la intensidad en el pico al aumentar t de 1 a 5 minutos, esto se debe a que el factor que vincula a la intensidad dada por la i - d - T en la ecuación del hietograma II-DIT3p, se hace igual o menor a 1, respectivamente.

El principal efecto de un mayor t , es la reducción del área del hietograma. Esto implica una pérdida parcial de la lámina provista por la función intensidad-duración-recurrencia. Se opta por restituir ésta prorrateando en todos los puntos del hietograma el déficit causado, como hacen implícitamente otros métodos.

El hietograma tipo de II-DIT3p, con $t=5$ minutos y la lámina totalmente restituida, se comparó con los resultantes de las técnicas de síntesis de Pilgrim et al. y de Huff, constatándose que los máximos de Intensidad Instantánea se sitúan entre los de ambas variantes de síntesis.

Los índices de semejanza utilizados revelan que, los hietogramas extraídos tienen mayores similitudes con los HT por Ordenamiento de Intervalos, respecto a su altura, a la forma de las distribuciones y a la valoración conjunta de ambos aspectos.

Asumiendo que la síntesis es el mecanismo ideal para deducir la distribución característica de las lluvias máximas, el hecho de que los hietogramas tipo sintéticos difieran entre sí en mayor proporción de lo que éstos difieren con los de Intensidad Instantánea, implica que los HT de II-DIT3p son tan representativos como aquellos para tal fin.

No se propone aquí la sustitución de los hietogramas sintéticos por los de Intensidad Instantánea, sino, en ausencia de registros históricos para sintetizar y, en lugar de tomar como patrón un suceso particular, sin respaldo estadístico para suponerlo típico, o adoptar arbitrariamente una forma geométrica, considerar como válida la opción de los hietogramas de II-DIT3p.

Este método aporta una función continua, con expresión analítica y coherencia con la i - d - T . Analiza intervalos de máxima intensidad de lluvia anual, no tormentas severas y es aplicable a eventos breves, de interés para hidrología urbana o para cuencas de pocos Km².

Este estudio avala otros anteriores sobre el método de intensidad instantánea II-DIT3p aplicado a estaciones del centro del país y nos alienta a ampliar la cobertura territorial de la investigación.

REFERENCIAS

- Caamaño Nelli, G. y C. M. Dasso; coordinadores (2003). *Lluvias de Diseño: Conceptos, Técnicas y Experiencias*. Editorial Universitas. 222 páginas. Córdoba, Argentina. ISBN: 987-9406-43-5.
- Caamaño Nelli, G.; C. Dasso; L. Colladon (2007). Patrones temporales de precipitación en Ceres, Santa Fe, extraídos de una función i-d-T Lognormal. *XXI Congreso Nacional del Agua*. CPCNA. San Miguel de Tucumán.
- Caamaño Nelli, G.; C. Dasso y L. Colladon (2009a). Evaluación de la distribución temporal interna de lluvias máximas para diseño hidrológico. *Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. XXIV, N° 2, pp. 37-49. México. ISSN: 0186-4076.
- Caamaño Nelli, G. C. Dasso y Mascuka, E. (2009b) ¿Existe un prototipo de hietograma sintético para diseño hidrológico?. *Cuadernos del CURIHAM: Revista de Estudios Hidroambientales*, UNR, Vol. 15, pp. 1-12. Rosario, RA. ISSN: 1514-2906.
- Caamaño Nelli, G.; Dasso, C.M.; García, Carlos M y Mascuka, E. (2013) Hietogramas Tipo extraídos de la función I-D-T del modelo DIT por el método de Intensidad Instantánea. *IVXX Congreso Nacional del Agua*. Anales del Congreso. Resúmenes de Trabajos Presentados. Tomo 1. ISSN: 1853-7685. San Juan, Argentina.
- Caamaño Nelli, G. y C. M. García (1999). Relación Intensidad-Duración-Recurrencia de Lluvias Máximas: Enfoque a través del Factor de Frecuencia, Caso Lognormal. *Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. XIV, N° 3, septiembre-diciembre, pp. 37-44. D. F., México. ISSN: 0186-4076.
- Caamaño Nelli, G.; A. Rico y C. M. Dasso (2012). El modelo DIT 3p para predicción de lluvias máximas. III *Taller sobre Regionalización de Precipitaciones Máximas*, pp. 71-82, UNR Editora. 286 pág. ISBN 978-950-673-953-9
- Catalini, C.; G. Caamaño Nelli y C. M. Dasso (2011). *Desarrollo y Aplicaciones sobre Lluvias de Diseño en Argentina*. Editorial Académica Española. 284 pág. Saarbrücken, Alemania. ISBN: 978-3-8454-9722-8.
- Chow, V. T.; D. R. Maidment y L. W. Mays (1994). *Tormentas de Diseño. Capítulo 14, pp 455- 505. En Hidrología Aplicada*; ISBN: 958-600-171-7, McGraw-Hill Interamericana S.A. Santafé de Bogotá, Colombia.
- Dasso, C. M.; García, C.M.; Rico, A. y Gabriel Caamaño Nelli (2014). Hietogramas de Intensidad Instantánea de Láminas Extraídas con DIT 3p. *IV Taller de Regionalización de Precipitaciones Máximas*. San Miguel de Tucumán, mayo 2014.
- Huff, F. A. (1967). *Time Distribution of Rainfall en Heavy Storms*. Water Res. Research, Vol. 3, N° 4, 1007-1019. USA.
- Keifer, C.; H. Chu (1957). Synthetic Storm Pattern for Drainage Design. *Journal of Hydraulics Division. American Society of Civil Engineers*, Vol. 83, N° 4, pp. 1-25. USA.
- Pilgrim, D. e I. Cordery (1975). *Rainfall temporal patterns for design floods*. Jr. Hydr. Div. ASCE, 101(HY1): 81-95.
- Pilgrim, D.; I. Cordery y R. French (1969). *Temporal Patterns of Design Rainfall for Sydney*. *Civil Engineering Transactions*, Vol. CE 11, N° 1. The Institution of Engineers. Sydney, Australia.