

Desagregación de lluvias

EDUARDO J. ARANDA-OLIVER (*)
ADELA GARCIA GUZMAN (**)

RESUMEN. Entendemos por desagregación de lluvias el proceso mediante el cual se reparte la precipitación total de una lluvia en cantidades que corresponden a períodos de tiempo menores que en la serie histórica. En este artículo se propone un método que realiza una estimación de la duración que tendrían las lluvias después de desagregadas y del que posteriormente se deriva una metodología de desagregación de cantidades de lluvia. La metodología se ha verificado con buenos resultados en tres estaciones del Sur de España, y se ha realizado una aplicación consistente en estimar la distribución de las máximas intensidades de lluvia en media hora a partir de datos horarios.

RAINFALL DISAGGREGATION

ABSTRACT. *Rainfall disaggregation is a procedure used to break down overall rainfall quantities into rainfall intensities for shorter time-intervals within that overall period. This study proposes a method for estimating the duration of a disaggregated storm and the water depths recorded at each time-interval. The effectiveness of this method was endorsed by studies carried out with three raingauges in Southern Spain. Using the above method, the distribution of the maximum 30-min rainfall intensity was estimated on the basis of hourly data.*

1. INTRODUCCION

La distribución temporal de la lluvia, y particularmente la cuantificación de las máximas intensidades de lluvia en períodos cortos de tiempo, es un factor esencial en estudios hidráulicos, tales como estudios de erosión, determinación de usos del agua, daños por inundaciones, diseño de estructuras de control de aguas o sistemas de almacenamiento y manejo de agua, etc.

Frecuentemente, los datos de que se dispone aportan poca información respecto a la distribución temporal de la lluvia, por tratarse de registros de la lluvia total diaria o, a lo sumo, registros de precipitaciones horarias. Por contra, de cara a su uso en estudios hidráulicos sería interesante disponer de datos de precipitaciones en intervalos cortos de tiempo del orden de media hora o incluso menos tiempo.

La necesidad de disponer de datos de lluvia registrados en intervalos cada vez más cortos de tiempo ha sido reconocida por múltiples autores, que han abordado este problema desde diferentes puntos de vista y niveles de agregación. Así, Valencia y Schaake (1973) desarrollaron un modelo de regresión que permite desagregar la lluvia anual en datos estacionales e incluso mensuales; este modelo, mejorado con las aportaciones de Mejía y Rousselle (1976) y Lin (1990), requiere datos de lluvia anual y estacional (o mensual) para ajustar los parámetros, lo que limita su aplicación en zonas que carezcan

de datos desagregados. En otra escala, Hershenhorn y Woolhiser (1987) estudiaron un modelo estocástico para desagregar la precipitación diaria en períodos más cortos de lluvia ininterrumpida; a partir de datos de lluvia diaria, el modelo permite simular, día a día, el número de períodos lluviosos, así como la duración, intensidad y tiempo de inicio de cada período; pero, igual que el trabajo de Valencia y Schaake, necesita datos desagregados para estimar los parámetros. En un estudio posterior, Econopoulou, Davis y Woolhiser (1990) comprobaron que los parámetros estimados para el modelo de Hershenhorn y Woolhiser se podían transferir a otras zonas dentro de la misma región climatológica. Otros modelos más simples para desagregar lluvias horarias en períodos de 20 minutos o en intervalos entre 1 y 30 minutos, han sido propuestos por Ormsbee (1989); en ninguno de ellos es preciso estimar parámetros, ya que la desagregación de la lluvia en una hora dada se realiza a partir de las precipitaciones en las horas precedente y siguiente.

Un aspecto poco estudiado, excepto en el modelo de Hershenhorn y Woolhiser, es el tiempo de inicio de la precipitación dentro de un período que se considera lluvioso. Cuando se pretende desagregar una lluvia registrada cada cierto tiempo (por ejemplo, horas) en precipitaciones correspondientes a unidades de tiempo menores (10, 15, 30 minutos...) se ha de tener en cuenta que las precipitaciones en las horas extremas (inicial o final) probablemente no correspondan a una hora real de lluvia, sino a un tiempo inferior.

En este artículo proponemos un método para estimar a cuánto tiempo de lluvia corresponden realmente

(*) Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad de Córdoba.

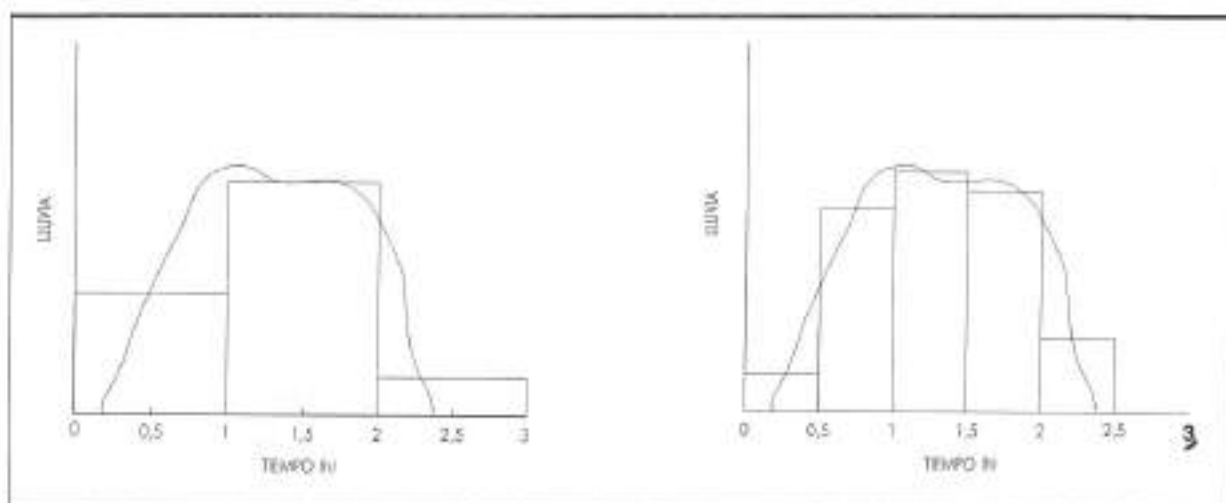


FIGURA 1. Comparación entre la lluvia real (línea continua) y la lluvia registrado cada hora (a) y cada media hora (b).

las horas inicial y final de una tormenta en función de la precipitación registrada. Posteriormente, se deriva una metodología de desagregación de las cantidades de lluvia en las horas, tanto extremas como intermedias, de una tormenta.

2. DESAGREGACION DE LAS HORAS INICIAL Y FINAL DE UNA TORMENTA

Puesto que puede comenzar (o terminar) de llover en cualquier momento, si se pretende desagregar datos de lluvia horaria en datos correspondientes a media hora, hay que tener en cuenta que cierta proporción de veces la primera (y última) media hora son secas, como puede verse en las figuras 1a y 1b. En la primera se observa que una lluvia con duración real algo superior a las 2 horas se registra como una lluvia de 3 horas, mientras que en la segunda figura, la misma lluvia, con un período de agregación de 0,5 horas, se registra con 2,5 horas. Esta diferencia se debe a que la última hora (Fig. 1a) corresponde a 0,5 horas de lluvia y a 0,5 horas de tiempo seco en la figura 1b.

Para decidir si las horas extremas corresponden a uno o dos períodos de media hora, se propone una metodología muy simple que se basa en las precipitaciones registradas. Los datos a tener en cuenta son:

- H_i : Precipitación en la primera hora de lluvia.
- H_f : Precipitación en la última hora de lluvia.
- H_m : Precipitación media en las horas centrales (excluyendo H_i y H_f).

Es evidente que, cuando la duración de la lluvia en las horas extremas es, a lo sumo, de media hora, las cantidades H_i y H_f deben ser pequeñas con relación a H_m . Por tanto, para estimar si la precipitación de una hora extrema corresponde a una duración real de 0,5 horas, se utilizará el criterio:

$$\frac{H_i}{H_m} \leq c_l \quad \text{ó} \quad \frac{H_f}{H_m} \leq c_l \quad [1]$$

siendo c_l una constante a determinar empíricamente a partir de la serie histórica, probando valores en torno a 0,5, de forma que se haga mínimo el error de clasificación.

Bajo el supuesto de que las relaciones H_i/H_m y H_f/H_m son estables para niveles de agregación superiores a 1 hora, y puesto que no se dispone de datos correspondientes al período en que se quiere desagregar la lluvia (en nuestro caso, 0,5 horas), el valor de c_l lo determinamos a partir de la serie histórica agregada a períodos de 2 horas, lo que permite utilizar datos horarios para seleccionar el valor óptimo de c_l . En resumen, el procedimiento de estimación de c_l , representado en la figura 2, consiste en:

1. Agregar los datos originales en períodos de 2 horas. Para ello se agregan las horas impares de lluvia con la siguiente, o bien, si no se conoce la hora de inicio de la tormenta, se supone que dicha hora se alterna entre impar y par.
2. Elegir un valor para c_l y estimar si la duración del primer período de cada lluvia es 1 o 2 horas utilizando la relación H_i/H_m , y la duración del período final utilizando H_f/H_m .
3. Comparar los datos originales con los desagregados y contabilizar el número de aciertos, $A(c_l)$, conseguidos al estimar la duración de los períodos extremos.
4. Repetir los puntos 2 y 3 con diferentes valores de c_l hasta encontrar un punto c_l^* tal que

$$A(c_l^*) > A(c_l)$$

para cualquier c_l del entorno de c_l^* .

Para poner a punto la metodología de desagregación de las horas extremas de una tormenta, se han utilizado

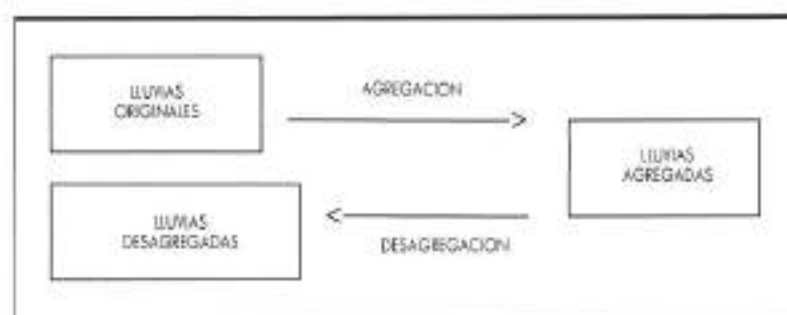


FIGURA 2. Puesta a punto de la metodología de desagregación.

precipitaciones horarias de tres estaciones meteorológicas del Sureste español: Almería (AL), Córdoba (CO) y Lanjarón (LA). Cada lluvia está formada por una secuencia de una o varias horas de precipitación precedidas y seguidas por al menos una hora seca, y una hora se considera seca cuando la precipitación es inferior a 0,1 mm. La tabla 1 resume algunas propiedades estadísticas de estos datos.

Los resultados obtenidos indicaron que una cantidad de lluvia relativa en torno a 0,4 es la que permite acertar una mayor proporción de veces si ese período de lluvia debe desagregarse o no, aunque los resultados son poco sensibles en un intervalo entre 0,3 y 0,5. La tabla 2 muestra las estadísticas de aciertos obtenidos, con un porcentaje global que oscila entre el 70 y el 73 %, lo que confirma que tener en cuenta las precipitaciones registradas es una información adecuada para determinar si las precipitaciones inicial y final deben desagregarse.

Para comprobar la influencia del estado de agregación de los datos de lluvia en el valor de la precipitación relativa límite c_l , aplicamos la metodología de desagregación a datos de lluvia nuevamente agregados en cantidades correspondientes a cuatro horas. Los resultados, recogidos en la tabla 3, mostraron que 0,4 seguía siendo un límite válido para desagregar, obteniéndose además

	AL	CO	LA
DURACION ≤ 2	74,9 %	75,0 %	71,5 %
DURACION > 2 :			
PERIODO INICIAL	67,8 %	67,0 %	68,6 %
PERIODO FINAL	67,4 %	69,7 %	70,9 %
GLOBAL	73,0 %	73,0 %	70,2 %

TABLA 2. Estadísticas de los aciertos en la desagregación de los datos agregados cada 2 horas.

mejores resultados que con los datos relativos a dos horas de lluvia. Por tanto, podemos concluir que, para desagregar datos de lluvia registrados con un nivel de agregación del orden de una o varias horas, podemos utilizar en cualquier caso un valor de precipitación límite $c_l = 0,4$, aunque los resultados serán más fiables cuanto mayor sea el período de agregación debido a que los datos más agregados presentan menos aleatoriedad en la distribución de la lluvia.

También se intentó una forma teórica de obtener el valor de c_l a partir de la proporción esperada de veces que llueve como máximo durante la mitad de tiempo en los períodos extremos. Sin embargo, el cálculo de dicha proporción es inexacto porque requiere una estimación previa de la duración de las lluvias desagregadas. A la vista de que los resultados obtenidos fueron similares, consideramos que es preferible utilizar el método basado en las relaciones H_i/H_m y H_f/H_m debido a su mayor simplicidad.

	AL	CO	LA
LATITUD	36°50' N	37°51' N	36°55' N
LONGITUD	2°32' W	4°51' W	3°27' W
TOTAL LLUVIAS	1.025	1.314	539
TOTAL HORAS DE LLUVIA	3.334	4.030	4.299
TOTAL PRECIPITACION (mm)	4.176,0	5.248,8	7.227,5
DURACION MEDIA DE LAS LLUVIAS (h)	2,77	3,07	7,98
PRECIP. MEDIA POR LLUVIA (mm)	3,47	3,99	13,41
PRECIP. MEDIA HORARIA (mm)	1,25	1,30	1,68

TABLA 1. Situación de las estaciones y estadísticas de duración y precipitación.

	AL	CO	LA
DURACION ≤ 2	84,6 %	84,4 %	79,3 %
DURACION > 2 :			
PERIODO INICIAL	85,2 %	83,2 %	85,2 %
PERIODO FINAL	72,7 %	74,1 %	71,6 %
GLOBAL	84,0 %	83,5 %	78,9 %

TABLA 3. Estadísticas de los aciertos en la desagregación de los datos agregados cada 4 horas.

3. DESAGREGACION DE LAS CANTIDADES DE LLUVIA

Al repartir una cantidad de lluvia correspondiente a cierto período de tiempo en dos cantidades que correspondan a sendos períodos con la mitad de duración, debemos distinguir dos casos según se trate del período inicial o final de la tormenta o bien de un período intermedio de la misma. Si llamamos $q[k]$ a la precipitación en el período k de una lluvia de duración m , y $d[k, 1]$ y $d[k, 2]$ a las cantidades de lluvia que vamos a asignar al primer y segundo subperíodos en que desagregamos el período k , los diferentes valores de lluvia desagregada los obtendremos de la siguiente forma:

a) Períodos extremos. Si la cantidad de lluvia recogida en el período inicial se asigna a un único subperíodo:

$$d[1,1] = 0 \quad \text{y} \quad d[1,2] = q[1] \quad [2]$$

Por el contrario, cuando la cantidad de lluvia recogida en el período inicial debe repartirse en dos, parece razonable distribuirla en proporción a la duración real de cada subperíodo. Como en el momento de inicio de una lluvia es aleatorio (ver Figs. 1a y 1b), el primer período tiene una duración real aleatoria que debemos estimar a partir de su valor medio. Si asignamos a cada período de lluvia una duración relativa igual a 2, el segundo subperíodo en que desagregamos la lluvia tendrá una duración relativa igual a 1, mientras que para el primero podemos suponer que su duración real es uniforme $(\delta, 1 + \delta)$, siendo δ el tiempo mínimo que debe llover para que la precipitación sea detectable. Entonces la duración media del primer subperíodo es $1/2 + \delta$ y se obtiene que:

$$d[1,1] = \frac{q[1]}{\frac{3}{2} + \delta} \left(\frac{1}{2} + \delta \right), \quad d[1,2] = \frac{q[1]}{\frac{3}{2} + \delta} \quad [3]$$

El valor numérico de δ depende de la sensibilidad del aparato medidor y de la intensidad de cada tormenta, y viene dado por:

$$\delta = \frac{q_{\min}}{\frac{q_{\text{med}}}{2}} \quad [4]$$

siendo $q_{\min}$ la cantidad de precipitación mínima que detecta el aparato medidor (en nuestro caso, una décima de mm); y q_{med} la lluvia media en los períodos centrales de la tormenta. (Se divide por dos porque cada período lo desagregamos en dos.) Cuando la duración de la lluvia es de 2 intervalos de tiempo, no existen datos centrales y en este caso se sustituye q_{med} por la precipitación media en el segundo período en lluvias de duración 3.

Análogamente, si el período final se mantiene sin desagregar,

$$d[m,1] = q[m], \quad d[m,2] = 0 \quad [5]$$

asumiendo de esta forma que durante el último subperíodo de la tormenta no llueve. Por el contrario, cuando el período final de lluvia se desagrega:

$$d[m,1] = \frac{q[m]}{\frac{3}{2} + \delta}, \quad d[m,2] = \frac{q[m]}{\frac{3}{2} + \delta} \left(\frac{1}{2} + \delta \right) \quad [6]$$

Como un caso particular consideramos las tormentas de duración 1. Cuando deben desagregarse en dos subperíodos, la distribución que mejor se aproxima a la realidad consiste en repartir en partes iguales la lluvia registrada:

$$d[1,1] = d[1,2] = \frac{q[1]}{2} \quad [7]$$

b) Períodos centrales de la tormenta. Para desagregar las precipitaciones correspondientes a los períodos centrales de la tormenta utilizamos el modelo continuo de desagregación (en su variante determinística) propuesto por Ormsbee (1989). Básicamente, lo que hace este modelo es repartir la lluvia dentro de un período, $q[k]$, de forma proporcional a cómo se reparte la lluvia entre ese período, el anterior y el posterior. De esta forma, la precipitación $q[k]$ se desagrega en dos cantidades,

$$d[k,1] = q[k] \cdot F, \quad d[k,2] = q[k] \cdot (1 - F) \quad [8]$$

empleando una de las siguientes proporciones:

$$F = \frac{q[k-1]}{q^*} 30 - \frac{q[k-1] - q[k]}{2q^*} 30^2 \quad \text{si } t^* > 30$$

$$F = \frac{q[k] + q[k-1]}{2q^*} t^* + \frac{q[k]}{q^*} (30 - t^*) - \frac{q[k] - q[k+1]}{2q^*} \frac{(30 - t^*)^2}{60 - t^*} \quad \text{si } t^* \leq 30 \quad [9]$$

donde

$$q^* = 30 (q[k] + q[k+1]) - \frac{t^*}{2} (q[k+1] - q[k-1])$$

El valor de t^* depende de cómo se reparte la lluvia entre el período k , el anterior y el posterior:

$$t^* = \frac{q[k-1] - q[k]}{q[k-1] - q[k+1]} 60$$

si $q[k-1] > q[k] > q[k+1]$ o $q[k-1] < q[k] < q[k+1]$

$$t^* = \frac{q[k-1] - q[k]}{q[k-1] + q[k+1] - 2q[k]} 60 \quad \text{en otro caso}$$

Como caso especial, si $q[k-1] = q[k] = q[k+1]$ se toma $F = 0,5$.

Alternativamente al método de Ormsbee, se desagregaron las horas centrales de la tormenta de otras dos formas:

- Realizando un reparto uniforme de la precipitación entre los dos subperíodos, que sería el procedimiento más simple, aunque es evidente que se pierde parte de la variabilidad natural de la lluvia;
- Ajustando un polinomio a diferentes puntos de la curva que representa la lluvia acumulada en función del tiempo, como forma de mantener una posible tendencia en la distribución de la lluvia.

La metodología propuesta por Ormsbee resulta igualmente válida para desagregar la duración de los períodos inicial y final de una tormenta, para lo cual se considera que el primer (o último) período de lluvia corresponde a un único subperíodo cuando el valor obtenido de $d[1,1]$ (o $d[m,2]$) es aproximadamente cero. Sin embargo, los resultados que se obtuvieron fueron ligeramente peores que los obtenidos con el procedimiento descrito en la sección 2, puesto que los aciertos al decidir si un período de lluvia debe desagregarse oscilaron entre el 49,1 % (en Almería) y el 65,3 % (en Lanjarón).

4. VERIFICACION DEL METODO DE DESAGREGACION

Para comprobar la precisión del método de desagregación propuesto se procedió a desagregar las lluvias agregadas en cantidades correspondientes a dos horas, y se calculó el error cometido en la desagregación mediante dos índices:

1. El error calculado con la media de las diferencias en valor absoluto entre las precipitaciones horarias en las lluvias originales, $q_i[1], q_i[2], \dots, q_i[m_i]$, y las precipitaciones en esas mismas lluvias estimadas mediante el método de desagregación, $\hat{q}_i[1], \hat{q}_i[2], \dots, \hat{q}_i[m_i]$:

$$\text{Error medio} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{m_i} \sum_{k=1}^{m_i} |q_i[k] - \hat{q}_i[k]|$$

donde n representa el número total de lluvias y $|x|$ el valor absoluto de x .

2. El error cometido al estimar la máxima precipitación horaria en las lluvias originales y en las desagregadas. Este error lo medimos con la media de las diferencias en valor absoluto entre la intensidad horaria máxima en lluvias originales, $\text{Máx}R_i$, y en las desagregadas, $\text{Máx}E_i$:

$$\text{Error máx} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\text{Máx}R_i - \text{Máx}E_i|$$

	AL	CO	LA
ERROR MEDIO (mm/h)	0,4103	0,4192	0,5332
ERROR EN LA MÁXIMA INTENSIDAD HORARIA (mm/h)	0,4318	0,4347	0,9057

TABLA 4. Errores obtenidos en la desagregación de las lluvias.

Los resultados obtenidos son los que se muestran en la tabla 4. El error medio oscila entre 0,41 y 0,53 mm; mientras que el error en la máxima intensidad horaria varía entre 0,43 y 0,91 mm. Debe observarse que, aunque el error obtenido en LA es mayor, ello se debe a que en LA las máximas intensidades horarias son significativamente mayores que en las otras localidades (4,30 mm de media frente a 1,80 mm en AL y 1,86 mm en CO).

El error medio también se utilizó para comparar los resultados obtenidos al aplicar el modelo de Ormsbee para desagregar los períodos inicial y final de la tormenta. Este error fue prácticamente igual en LA, y algo peor que el obtenido con el modelo propuesto en AL y CO (tabla 5). Teniendo en cuenta además el mayor número de aciertos al decidir si un período de lluvia debe desagregarse, consideramos conveniente mantener el método propuesto para desagregar los períodos extremos de la tormenta.

Finalmente, con los otros métodos para desagregar períodos centrales (reparto uniforme y ajuste a un polinomio) se obtuvieron unos errores ligeramente mayores, y por ello se optó por utilizar el método de Ormsbee para estos períodos.

5. APLICACION: ESTIMACION DE LAS MAXIMAS INTENSIDADES EN MEDIA HORA

Como aplicación de la metodología de desagregación que proponemos, hemos desagregado los datos de lluvia horaria de que disponíamos en cantidades correspondientes a media hora. Para cada lluvia hemos calculado su máxima intensidad (expresada con una precisión de 0,1 mm, al igual que los datos reales de lluvia), y hemos obtenido la distribución de frecuencias de estas máximas intensidades de lluvia en media hora (tabla 6).

Para confirmar la fiabilidad de estos resultados, se calcularon las distribuciones de frecuencias de las máximas intensidades horarias en las lluvias reales y en las desagregadas (figura 3). Como era de esperar, se ha obtenido una mayor proporción de valores pequeños de la máxima intensidad horaria debido a que el modelo de desagregación no puede reflejar toda la variabilidad de la lluvia real. Naturalmente, esta variabilidad se va atenuando a medida que aumenta el período de agregación de los datos, y por tanto, el modelo será más preciso con datos referidos a mayores intervalos de tiempo. Sin embargo, las diferencias obtenidas con los datos horarios no son excesivas, y por ello confiamos en que el modelo

ERROR MEDIO (mm/h)	AL	CO	LA
METODO PROPUESTO	0,3617	0,3281	0,4321
METODO DE ORMSBEE	0,3908	0,2514	0,4258

TABLA 5. Errores obtenidos en la desagregación de los períodos extremos.

INTERVALO (mm)	AL	CO	LA
0,1-0,2	23,5	32,0	6,3
0,3-0,5	31,1	21,2	5,9
0,6-1,0	15,4	15,2	9,8
1,1-2,0	15,4	15,1	25,4
2,1-3,0	6,6	7,8	22,3
3,1-4,0	3,2	2,8	14,5
4,1-6,0	2,7	3,7	11,1
6,1-8,0	1,0	1,1	2,0
más de 8,0	1,0	1,1	2,6

TABLA 6. Distribución de frecuencias estimadas (%) de las máximas intensidades en media hora.

puede utilizarse para estimar aceptablemente las máximas intensidades de lluvia en períodos de tiempo de 80 minutos.

6. CONCLUSIONES

1. Hemos propuesto un método muy simple para determinar si los períodos inicial y final de una tormenta deben desagregarse basándonos únicamente en las cantidades de lluvia registradas en los períodos que queremos desagregar y sus adyacentes y en un coeficiente que puede obtenerse de la serie histórica. Los resultados obtenidos en las tres estaciones estudiadas, con un porcentaje de aciertos superior al 70 %, avalan la utilidad del método propuesto y permiten aplicarlo en estudios que requieran estimar la duración que tendrían las lluvias desagregadas. Dado que en tres localidades, con régimen pluviométrico bastante diferente, el valor del coeficiente c_i es constante y los porcentajes de aciertos similares, confiamos en que el uso de este método pueda extenderse a cualquier estación que disponga de datos horarios.

Otros factores, como la proporción de veces que es de esperar que la lluvia de un período corresponda a un solo subperíodo, se mostraron irrelevantes para mejorar los aciertos en la desagregación.

2. Para el reparto de las cantidades de lluvia, los períodos extremos se han desagregado atendiendo a la duración real de la lluvia dentro de cada subperíodo en que se desagregaba, mientras que para los períodos centrales de la tormenta hemos utilizado el modelo propuesto por Ormsbee. Con otros métodos alternativos para desagregar los períodos centrales (reparto uniforme de la precipitación y ajuste de las precipitaciones acumuladas a un polinomio) los resultados fueron algo peores, por lo que debemos admitir que el modelo de Ormsbee refleja

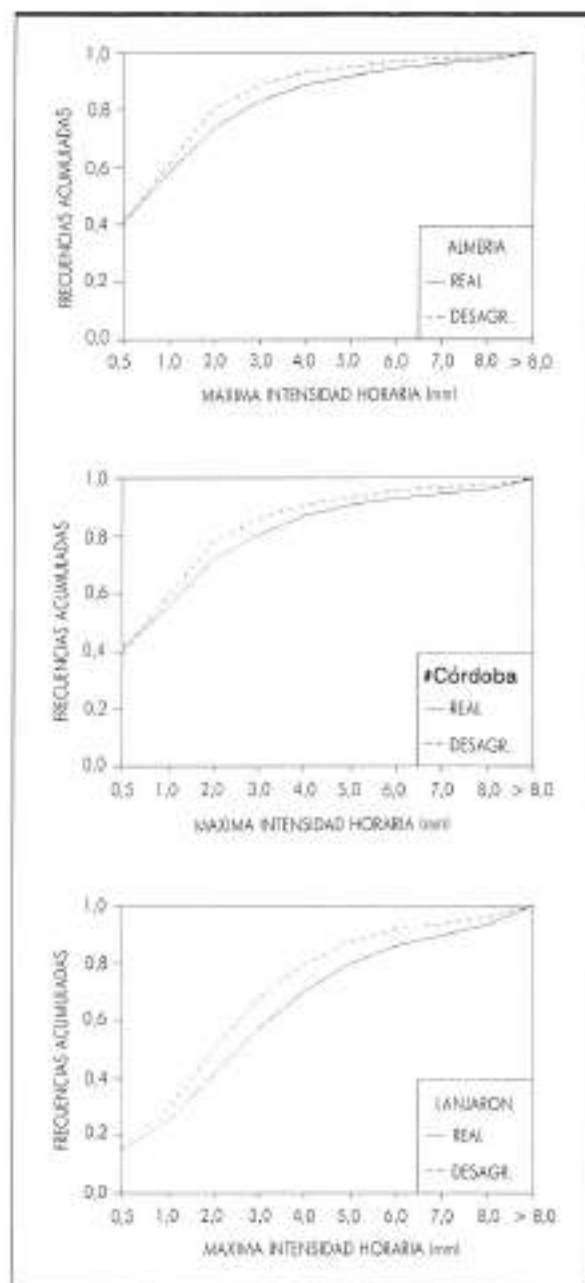


FIGURA 3. Distribución de frecuencias de las máximas intensidades horarias en las lluvias reales y en las desagregadas.

mejor la variabilidad en la distribución de la lluvia que otros métodos que pretendan ajustar dicha distribución a una curva.

3. Finalmente, hemos aplicado la metodología de desagregación a los datos de lluvia horaria disponibles con el fin de obtener la distribución de frecuencias de las máximas intensidades de lluvia en media hora, por considerar que este dato resulta interesante en estudios hidráu-

lieos que dependan de la probabilidad de ocurrencia de grandes intensidades de lluvia en periodos cortos de tiempo. No obstante, tenemos que admitir que todas las formas de desagregación que hemos verificado comportan una disminución en la aleatoriedad de la distribución de la lluvia y, por tanto, se obtienen máximas intensidades horarias ligeramente menores que las reales, y muy probablemente este efecto se mantendrá en las máximas intensidades que hemos estimado para periodos de media hora.

7. BIBLIOGRAFIA

ECONOPOULY, T. W.; DAVIS, D. R., y WOOLHISER, D. A. (1990). «Parameter transfersability for a daily rainfall disaggregation model», *J. Hydrol.*, 118:209-228.

HERSHENHORN, J., y WOOLHISER, D. A. (1987). «Disaggregation of daily rainfall», *J. Hydrol.*, 95:299-322.

LIN, GWO-FONG (1990). «Parameter estimation for seasonal to subseasonal disaggregation», *J. Hydrol.*, 120:65-77.

MEJIA, J. M., y ROUSSELLE, J. (1976). «Disaggregation models in hydrology revisited», *Water Resour. Res.*, 12(2):185-186.

ORMSBEE, L. E. (1989). «Rainfall disaggregation model for continuous hydrologic modeling», *J. Hydr. Engrg.*, ASCE, 115(4):507-525.

VALENCIA, R. D., y SCHAAKE JR., J. C. (1973). «Disaggregation in stochastic hydrology», *Water Resour. Res.*, 9(3):580-585.

Normas para la presentación de artículos técnicos en la revista INGENIERIA CIVIL

1. Los artículos técnicos que se propongan para ser publicados en *Ingeniería Civil* se deberán ajustar a las presentes normas.
Han de ser inéditos y versar sobre alguna de las materias habituales de esta revista.
2. Las colaboraciones deben dirigirse al Comité de Redacción de Ingeniería Civil, CEDEX, Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas, Calle Alfonso XII, 3, 28014 Madrid (España), el cual examinará los trabajos presentados, procediendo bien a su aceptación o a la devolución a sus autores, señalando en este caso posibles modificaciones o su rechazo total.
3. Los originales deben presentarse mecanografiados a doble espacio, paginados en hojas de tamaño UNE-A4 y escritos por una única cara.
Se recomienda una extensión total de originales entre 10 y 20 páginas.
4. Los gráficos, figuras o fotos han de ir numerados y señalados con la palabra FIGURA. Los cuadros y tablas se numerarán independientemente de las figuras y se señalarán con la palabra TABLA. Todos ellos han de presentarse por separado del texto principal, pero su posición en el mismo debe señalarse en el margen.
5. Las figuras o tablas habrán de ser originales debidamente delineadas, las fotografías o diapositivas se presentarán también en original y en la mayor calidad posible. Todas ellas deberán ir acompañadas de su correspondiente pie mecanografiado.
6. Todas las figuras o tablas deben ser definitivas, por lo que su ortografía y lenguaje han de ser correctos. Las dimensiones de las figuras o tablas deben planearse de manera que abarquen todo el espacio del texto o el de una columna, de forma que el tamaño de los rótulos o leyendas de las mismas, si es preciso reducirlos, sea legible.
7. Las referencias bibliográficas citadas en el texto se recogerán al final del mismo, en un apartado titulado BIBLIOGRAFIA, irán catalogadas según la normativa vigente (ISO 30, Identificación Bibliográfica de Publicaciones Seriadas).
8. Los títulos han de ser concisos y deben reflejar exactamente el contenido del trabajo.
9. Los autores indicarán su nombre y sus dos apellidos, el Número de su Documento Nacional de Identidad, Organismo o empresa a que pertenezcan, dirección y teléfono, el cargo y sus titulaciones.
10. Todo artículo debe acompañarse, en su comienzo de un resumen analítico de extensión entre 100 y 200 palabras, que recoja de una manera sucinta los objetivos, resultados y conclusiones del artículo, y señale especialmente la información novedosa del mismo.

giscolene®

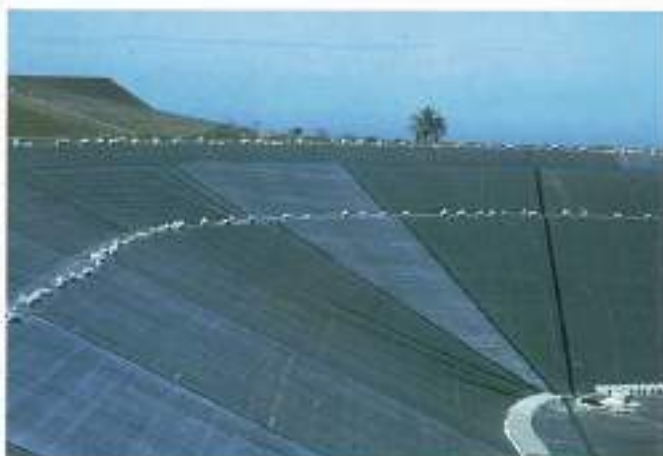
LA MEMBRANA IMPERMEABILIZANTE DEL SIGLO XXI
(A BASE DE CAUCHO E.P.D.M.)

¡Adelántese al futuro!

CUANDO EMPLEE CAUCHO E.P.D.M. PARA SUS PROYECTOS, PIENSE QUE ESTÁ UTILIZANDO LA MÁS ALTA TECNOLOGÍA EN IMPERMEABILIZACIÓN.



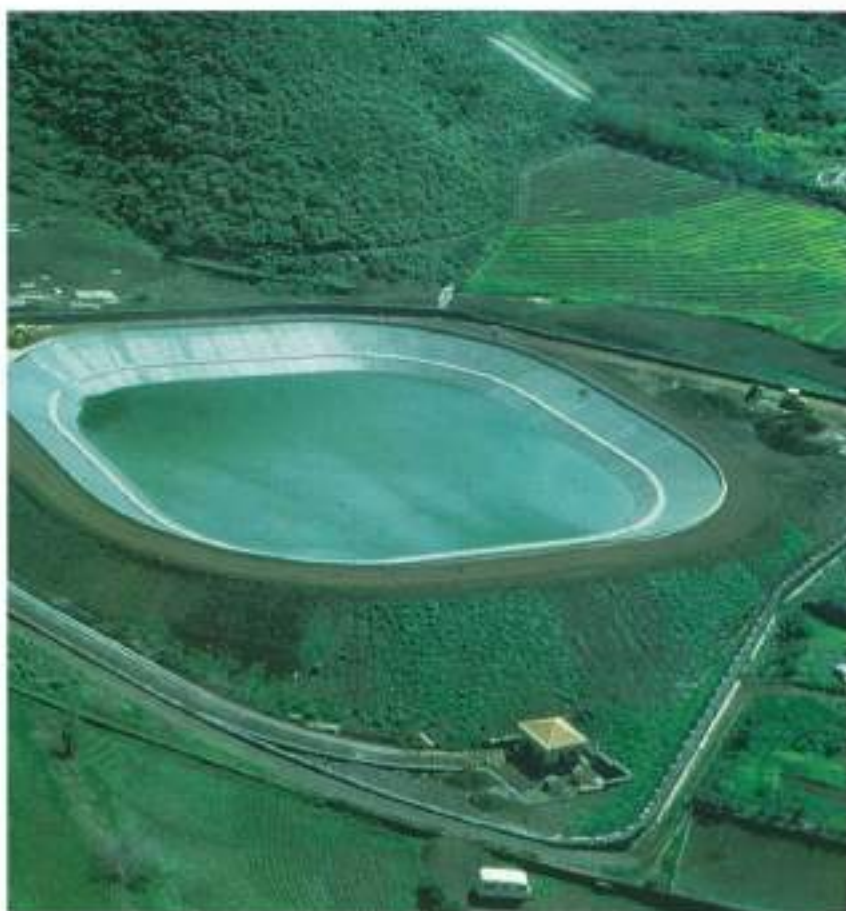
VERTEDERO DE RESIDUOS URBANOS - MELILLA



DETALLE CONFECCIÓN:
CUÑAS CERRAMIENTO INTERIOR CIRCULAR



DETALLE FIJACIÓN: BERMA INTERIOR-MURO PERIMETRAL



BALSA DEL BOQUERÓN - VALLE GUERRA - TENERIFE



giscosa®



C/ Agustina Saragossa, 3
Tel.: 205 71 12* - Telefax 205 71 62
08017 Barcelona- ESPAÑA (CEE)

INSTALACIONES PARA MINERIA

IMENOSA cuenta entre su gama de productos con una importante selección de maquinaria para explotaciones mineras a cielo abierto.

Durante los últimos años, IMENOSA ha respondido a los más exigentes requerimientos, tanto de instalaciones completas, como de máquinas específicas de la más avanzada tecnología.

- Excavadoras de rodete.
- Machacadores y trituradoras.
- Cintas transportadoras.
- Apiladoras.



EQUIPAMIENTO DE PUERTOS

En equipamiento para puertos IMENOSA ofrece desde instalaciones completas y complejas como un puerto granalero a máquinas concretas como descargadoras de carbón o minerales.

Entre otros muchos equipos cabe destacar:

- Grúas descargadoras de mineral.
- Grúas para contenedores.
- Grúa de puerto.
- Instalaciones portuarias para descarga y almacenaje.
- Terminales de graneles.



FABRICA Y OFICINAS GENERALES:

Apartado, 397 - 15480 Ferrol. Telf.: (34-81) 34 30 11.
Télex: 85534 AIND-E. Fax: (34-81) 34 32 58

OFICINA MADRID:

Lagasca, 88, 4ª - 28001 Madrid. Telf.: (34-1) 576 16 83 -
Fax: (34-1) 435 50 45