

Artículo científico

Comparación de los métodos: bloques alternos e hietograma histórico para la selección de tormentas de diseño, cuenca del río Chiquito, Tegucigalpa, Honduras

Roberto Elías Granados Chahín

Ingeniero civil, M.Sc. en recursos hidráulicos, opción hidrología, ERIS, USAC, Guatemala

Dirección para recibir correspondencia: regch@outlook.com

Recibido 19.09.2016 Aceptado 27.09.2016

Resumen

Al comparar el uso de los métodos: bloques alternos e hietograma histórico, para la selección de tormentas de diseño y caudales, en la cuenca del río Chiquito, se puede observar que la diferencia entre ambos, está marcada en la distribución y cantidad de precipitación. Empero existen algunos hietogramas históricos, cuya distribución y caudales pico son parecidos a la presentada por el método de los bloques alternos. Los hietogramas que presentan esta similitud son los de las tormentas: 8 de agosto de 2001, 23 de octubre de 2006, 24 de mayo de 2011. La del año 2011, es la tormenta más parecida en todos los aspectos a la generada por los bloques alternos, la precipitación generada por ambos métodos es de 103.1 mm y 123.7 mm, y los caudales pico son del orden de los 500 y 540 m³/s, respectivamente, para un tiempo de retorno de 100 años. El método de los bloques alternos es aplicable dentro de la cuenca del río Chiquito para tormentas de diseño, ya que se ha encontrado tormentas con parecida distribución, como la de los años 2001, 2006 y 2011, presentadas en este artículo. En la comparación de 7 escenarios de distribución, el del hietograma histórico generó menor precipitación que el método de los bloques alternos con porcentajes en un intervalo del 41 al 83%. Sin embargo, en 2 escenarios de distribución, el método del hietograma histórico presentó una mayor precipitación que la generada por el método de los bloques alternos con porcentajes aproximadamente de 135 al 145%, respectivamente.

PALABRAS CLAVE: cuencas hidrográficas, infiltración, lluvia, sistema de información geográfica, modelos hidrológicos.

Abstract

When comparing the use of methods: alternating blocks and historical hyetograph, for the selection of design storms and flows in the basin of the Chiquito River, the difference between them is significant in the distribution and amount of precipitation. But there are some historical hyetographs, whose distribution and peak flows are similar to the distribution method of alternate blocks. The hyetographs presenting this similarity are the storms: August 8, 2001, October 23, 2006, May 24, 2011. The year 2011 is the most similar storm in all aspects with the generated by alternating blocks, precipitation generated by both methods is 103.1 mm and 123.7 mm, and peak flow at about 500 and 540 m³/s, respectively, for a return period 100 years. Method of alternating blocks is applicable within the Chiquito River basin for design storms, because, some storms have been found with similar distribution, such as 2001, 2006 and 2011, presented in this article. In the comparison of 7 scenarios of distribution, the historical hyetograph generated less precipitation than the method of alternating blocks with percentages in the range of 41 to 83%. However, in 2 stages of distribution, the method of historical hyetograph presented a higher rainfall that generated by the method of alternating blocks with percentages about 135 to 145%, respectively.

Key words: watersheds, infiltration, rainfall, geographic information system, hydrological models

Introducción

La cuenca del río Chiquito está localizada al noreste de la capital de Tegucigalpa. Esta es una cuenca que cuenta con aproximadamente 84.0 km² de superficie, con una longitud de cauce principal de unos 20.0 km, perteneciente a la cuenca del Choluteca, cuyas aguas desembocan en el Golfo de Fonseca, al sur de Honduras.

La geología predominante, de acuerdo con Rogers (1990), dentro de la cuenca corresponde a la familia Valle de Ángeles, Formación Río Chiquito (Kvc), que corresponden a limolitas, lutitas y arenitas rojas del Cretácico dentro del Mesozoico.

Cuatro estaciones meteorológicas se encuentran dentro de la cuenca del río Chiquito, estas se encuentran en Santa Lucía, colonia 21 de Octubre, Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) y cerro Juana Laínez.

Son 24 puntos donde se realizaron pruebas con el infiltrómetro de doble anillo, con el fin de obtener la infiltración básica y la ecuación de la curva de infiltración para cada punto. Las curvas se ajustaron a la ecuación de Kostiakov-Lewis (Kostiakov 1932).

Los datos de precipitación estudiados corresponden a la estación meteorológica de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), en cuyo lugar se obtuvieron las hojas pluviográficas de tormentas con precipitaciones máximas y de corta duración.

Para el análisis de la precipitación efectiva o la que se escurre superficialmente, es considerada la curva de infiltración para cada tipo de geología dentro de la cuenca, de las cuales se obtienen las abstracciones.

La cuenca del río Chiquito se dividió en 44 subcuencas, para las cuales se consideran diferentes tipos de curvas de infiltración. En total, 8 curvas diferentes que se asignaron a las diferentes subcuencas.

El artículo compara el uso del método de los bloques alternos y el método del hietograma histórico, para la selección de tormentas de diseño e hidrogramas en la salida de la cuenca del río Chiquito.

Descripción biofísica de la cuenca

Ubicación Geográfico – Política

La cuenca del río Chiquito está localizada al noreste de la capital de Tegucigalpa, desde el cerro El Volcán, a 2,270 msnm, hasta la confluencia con el río Choluteca, a 910 msnm. Esta es una cuenca que cuenta con aproximadamente 84.0 km² de superficie, con una longitud de cauce principal de unos 20.0 km, perteneciente a la cuenca del Choluteca, cuyas aguas desembocan en el Golfo de Fonseca, Choluteca, en el sur de Honduras. El río Chiquito atraviesa, desde la parte alta, aldeas como el Piligüín, El Chimbo y Santa Lucía, hasta la parte media como colonias La Sosa y 21 de Octubre; y finaliza en la parte baja en colonias como El Reparto, La Alameda, La Hoya y San Rafael. En la figura 1 se muestra la ubicación de la cuenca.

Geología del Sitio

La geología predominante, de acuerdo con Rogers (1990), dentro de la cuenca corresponde a la familia Valle de Ángeles, Formación Río Chiquito (Kvc), que corresponden a limolitas, lutitas y arenitas rojas del Cretácico dentro del Mesozoico. También se puede observar presencia de eluviones y detritos (Qel) y aluviones y planicies de inundación (Qal), estas últimas unidades estratigráficas pertenecientes al Cuaternario dentro del Cenozoico. Así también se muestra en las partes más altas de la cuenca una secuencia de ignimbritas principales de tobas riolíticas, dacíticas y andesíticas de varios colores, algunas rocas sedimentarias de clastos volcánicos y tobas bien estratificadas, pertenecientes a la familia Padre Miguel, del terciario en el Cenozoico.

Estaciones Meteorológicas

Cuatro estaciones se encuentran dentro de la cuenca del río Chiquito, cuyos datos principales se muestran en la tabla 1 y la posición geográfica en la figura 1. La descripción de los tipos de estaciones meteorológicas es la siguiente:

HMO, hidrometeorológica ordinaria, sinóptica; HMP, hidrometeorológica principal; PV, pluviométrica; PG, pluviográfica; TPV, termoplumiométrica; TPG, termoplumiográfica

Tabla 1. Estaciones meteorológicas dentro de la cuenca

Nombre	Tipo	Código	Institución	Registro de años
21 de octubre	PV	56035	SMN	1966-2012
Juana Laínez	HMO	56	SANAA	1993-2012
Santa Lucía	PV	56031	SMN	1985-2012
UNAH	PG		UNAH	1980-2014

Precipitación media

La precipitación media anual dentro de la cuenca, con base en los datos de las estaciones ubicadas en Santa Lucía y la colonia 21 de Octubre, está entre los 1000 mm y 1200 mm.

Descripción física de la cuenca

El área y el perímetro de la cuenca fueron calculados con un software de Sistema de Información Geográfica, de la hoja cartográfica 2758 II, Serie E752, Edición 2-DMA, Tegucigalpa, proporcionada por el Instituto Geográfico Nacional, ayuda de la Agencia de Defensa de los Estados Unidos de América, en el Centro de Hidrografía y Topografía, en Washington, D.C. Los datos obtenidos son aproximadamente 84 km² y 45 km, respectivamente.

El tiempo de concentración promedio para la cuenca completa es de 250 minutos. Calculado mediante un compendio de fórmulas experimentales, tomadas del artículo de Upegui y Gutiérrez (2011).

Metodología

Infiltración

La toma de datos de campo es la principal fuente de información para el desarrollo de la investigación en este artículo. Esta se da dentro de la cuenca del río Chiquito, en Tegucigalpa, y se realizó mediante un infiltrómetro de doble anillo, de acuerdo con lo indicado en la norma ASTM D3385. Para la captura de información, se procedió a delimitar la cuenca en estudio y se elaboraron ciertos mapas de interés como superponer la cuenca en el mapa de geología. Este sirvió de base para que se planteara la localización de los 24 puntos para las pruebas de infiltración, como se muestra en la figura 2.

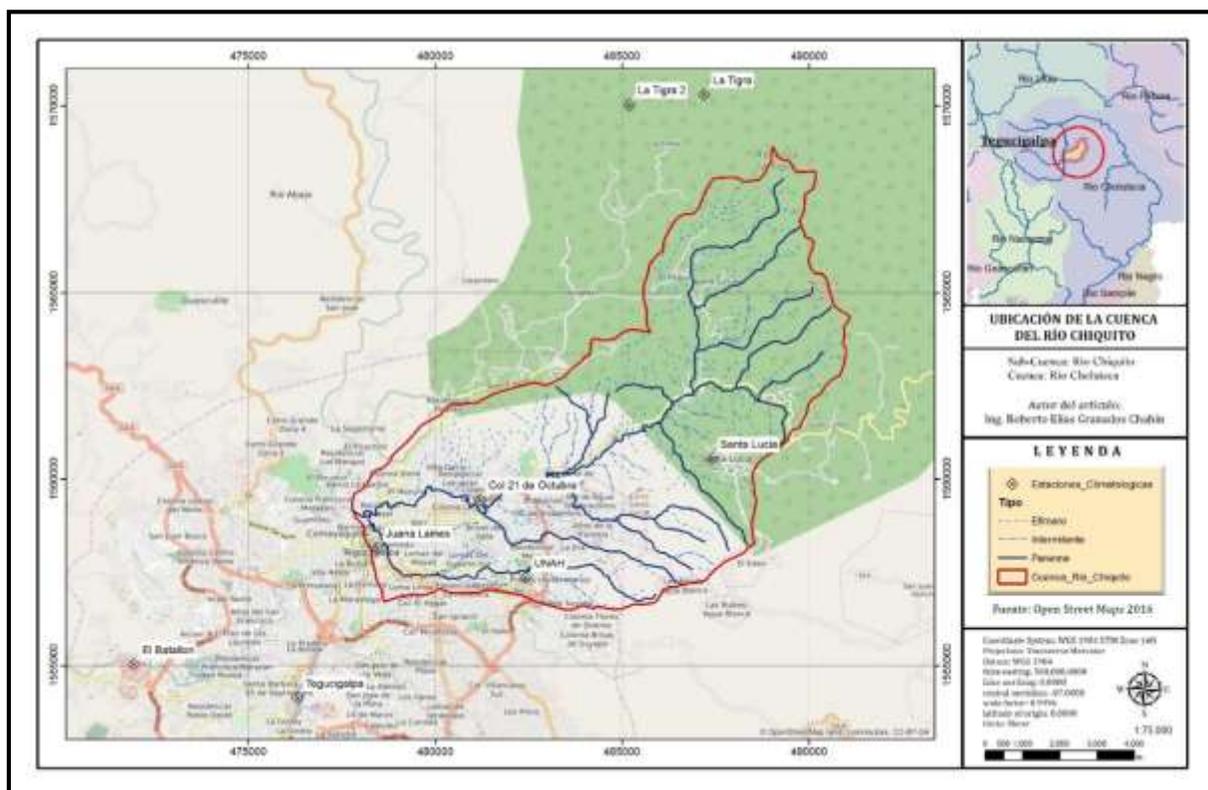


Figura 1. Mapa de ubicación de la cuenca del río Chiquito

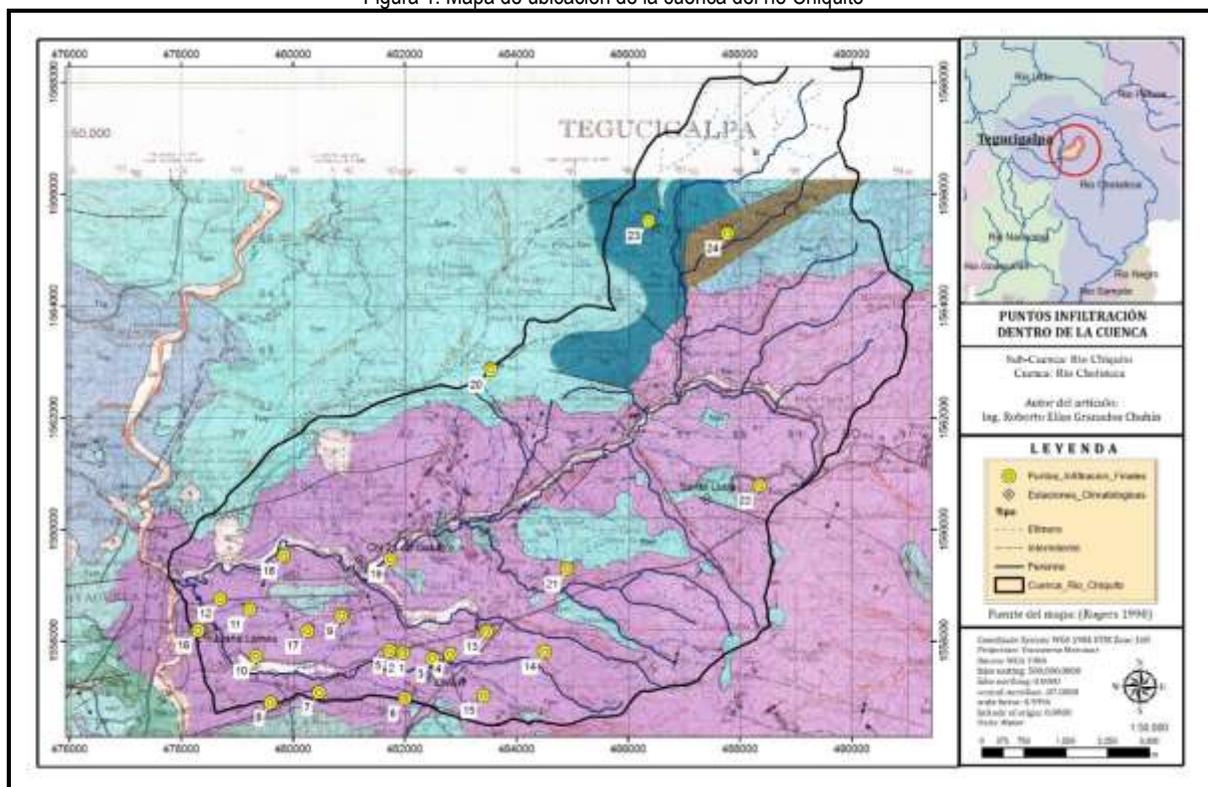


Figura 2. Puntos de infiltración y geología dentro de la cuenca del río Chiquito

Los datos obtenidos de los puntos considerados, fueron transcritos a una hoja de cálculo electrónica, en la cual se calcularon las columnas de tiempo acumulado en minutos (min), diferencias de descensos en milímetros (mm), las tasas de infiltración para los diferentes intervalos, con sus respectivos descensos en milímetros por hora (mm/h), y la infiltración acumulada en milímetros (mm).

Se procedió a trazar una línea de tendencia, aplicando regresión potencial para ajustar los datos a la ecuación de Kostiakov – Lewis (Kostiakov 1932).

$$I = a * t^n \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde:

I: velocidad de infiltración (mm/hr)

t: tiempo (min)

a y *n*: parámetros de ajuste

Precipitación

Los datos de precipitación estudiados corresponden a la estación meteorológica de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), en cuyo lugar se obtuvieron las hojas pluviográficas de tormentas con precipitaciones máximas y de corta duración.

La serie de datos analizados tiene una longitud de 25 años no consecutivos. En total son 196 tormentas las digitalizadas y analizadas en una hoja de cálculo electrónica.

La discretización de los hietogramas se contempló de la siguiente manera: 5, 10, 15, 30, 60, 90, 120, 180 y 360 minutos.

Para el análisis de la serie de intensidades máximas se utiliza la distribución teórica de Gumbel, la distribución para el cálculo de probabilidades empíricas de Weibull, y la prueba de bondad de ajuste de Smirnov-Kolmogorov. Con lo cual se determinó que la serie de intensidades máximas se ajusta a la distribución de Gumbel.

Con la anterior se tienen los parámetros de ajuste de la función de distribución de Gumbel, que permite obtener, mediante su fórmula característica, diferentes intensidades para distintos tiempos de retorno: 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

El modelo por utilizar para las ecuaciones de las curvas IDF, es el conocido como Estándar, para el cual se tienen que aplicar mínimos cuadrados para el cálculo de los parámetros característicos. De esta forma se obtiene una ecuación para cada tiempo de retorno considerado.

En general, es usual en hidrología emplear ecuaciones del tipo (Monsalve 1999):

$$i = \frac{C}{(t+t_0)^n} \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde:

i: intensidad de precipitación máxima (mm/h)

t: duración de la lluvia (min)

*t*₀: constante (min)

C y *n*: constantes

C, *n* y *t*₀: son parámetros por determinar

Para cada ecuación de intensidad corresponde un tiempo de retorno y un hietograma, el cual tiene una longitud de acuerdo a la tormenta observada con que se compara, con pulsos de precipitación cada 5 minutos. Este hietograma está ordenado de acuerdo con la teoría de bloques alternos, en la cual la precipitación máxima está ubicada al centro del hietograma.

El hietograma observado corresponde a cada una de las tormentas digitalizadas y analizadas, las cuales se analizaron de la forma como se distribuyó la tormenta, para tiempos variables que van hasta las 6 horas, con pulso de precipitación cada 5 minutos. Este hietograma fue llevado a un tiempo de retorno de 100 años.

Tormenta de diseño

Chow, Maidment y Mays (1994) indican que una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de este se calculan utilizando procedimientos de lluvia-escurrentía y tránsito de caudales.

Chow, Maidment y Mays (1994) indican que el método del bloque alterno es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño mediante una curva de intensidad-duración-frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación que ocurre en *n* intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt sobre una duración total de $T_d = n \Delta t$. Después de seleccionar el tiempo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$,..., y la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración.

Las tormentas de diseño generadas mediante el método de los bloques alternos, corresponden a un tiempo de retorno de 100 años, con una duración igual a la

tormenta de diseño del hietograma histórico con las que son comparadas.

Para la modelación de los hietogramas de diseño mediante el método del hietograma histórico, se toman en cuenta las tormentas obtenidas del pluviógrafo. También se considera un tiempo de retorno de 100 años, al que le pertenece un pulso de precipitación de 21.9 mm. Con este pulso de precipitación y las 9 diferentes distribuciones de tormentas tomadas en consideración se obtienen los hietogramas de diseño.

Precipitación efectiva

Para el análisis de la precipitación efectiva, es considerada la curva de infiltración para cada tipo de geología dentro de la cuenca, de las cuales se obtienen las abstracciones. También se toman en cuenta los hietogramas generados por los métodos descritos anteriormente, a los que se le restan las abstracciones para obtener la precipitación efectiva.

La cuenca del río Chiquito se dividió en 44 subcuencas, y se utilizaron 8 curvas de infiltración. Cada curva de infiltración se asignó a una subcuenca de acuerdo a la geología predominante de la misma. Con lo anterior se calculan, entonces, 44 hietogramas de precipitación efectiva para un tiempo de retorno de 100 años, para ambos métodos.

Escorrentía

Con los hietogramas de precipitación efectiva, generados por ambos métodos, se calcula el volumen de agua escurrida y los hidrogramas de caudales para cada una de las 44 subcuencas, mediante el modelo HEC-HMS. Figura 3.

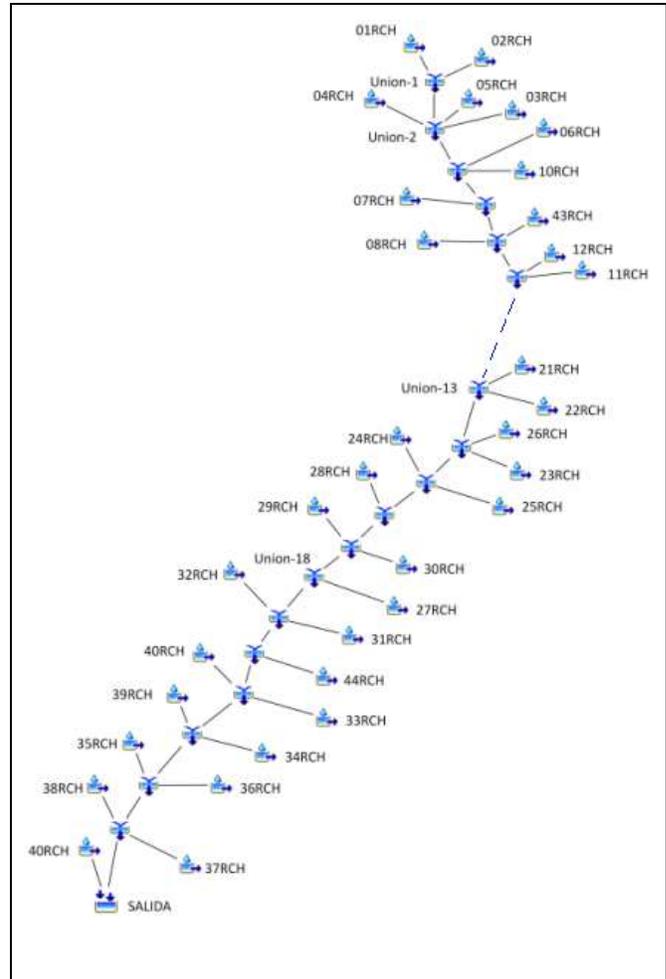


Figura 3. Modelo de subcuencas en HEC-HMS

Para la transformación de la precipitación efectiva se utilizó el método del Hidrograma Sintético de Clark, citado por Chow, Maidment y Mays (1994).

Para el Hidrograma Sintético de Clark se considera el tiempo de concentración de cada subcuenca, mediante un compendio de fórmulas experimentales de diversos autores, tomadas del artículo de Upegui y Gutiérrez (2011). Se estima el coeficiente de almacenamiento del depósito (R), considerado como el 0.75 del tiempo de concentración, al no disponerse de un hidrograma (Sánchez 2008).

Los tiempos de concentración de cada una de las 44 subcuencas en las que fue dividida la cuenca completa se calcularon mediante un promedio aritmético de fórmulas experimentales de diversos autores, eliminando los valores extremos y considerando que el coeficiente de variación entre la media y la desviación estándar de los resultados de las diferentes ecuaciones tomadas en cuenta fuera cerca del 0.10.

Resultados

Infiltración

En la tabla 2 se muestra algunos de resultados obtenidos para los valores de infiltración dentro de la cuenca.

Tabla 2. Resumen de resultados para puntos de infiltración

Punto No.	Lugar	Tasa de infiltración, I (mm/h)	I = a*t ⁿ	
			a	n
1	Colonia Villa Olímpica, S-1, B-1	23	277	-0.52
2	Colonia Villa Olímpica, S-1, B-1	18	331	-0.61
3	Complejo Villa Olímpica, Cerca de Piscina	18	618	-0.72
5	Enfrente Instituto Nimia Vaquedano	56	224	-0.28
7	Mediana Bo Suyapa, enfrente de ACOSA	64	242	-0.26
8	Estacionamiento INJUPEMP	14	17816	-2.11
9	Condominios María, Lomas del Guijarro	21	1151	-0.79
10	Atrás de Subway, Bo. Juan Pablo II	64	5317	-0.72
11	Col. Rubén Darío, Calle Venecia, Casa 2402	57	1245	-0.54
13	Colonia la Era, Campo de Fútbol.	9	145	-0.67
14	Cementerio Amor Eterno, Col. La Era.	4	38	-0.70
15	Col. Armando Calidonio, Parque Mónica.	6	99	-0.73
16	Cerro Juana Lainez, cerca de estación meteorológica	85	1574	-0.48
17	Parque España, Lomas del Guijarro	69	665	-0.40
18	Secretaría de Salud, La Campaña	38	189	-0.33
19	Residencial Florida	34	84	-0.21
20	El Hatillo, km 10	93	890	-0.38
22	Santa Lucía	43	234	-0.34
23	Aldea El Piligúin	97	496	-0.29

Punto No.	Lugar	Tasa de infiltración, I (mm/h)	I = a*t ⁿ	
			a	n
24	Aldea Nuva Juncales	89	352	-0.25

Precipitación

En la tabla 3 se muestran las ecuaciones obtenidas para las curvas intensidad-duración-frecuencia, para la estación de la UNAH, y en la figura 4 las curvas correspondientes.

Tabla 3. Ecuaciones IDF para tiempos de retorno

Tiempo de retorno (años)	Ecuación
2	$I = \frac{1746}{(t + 18)^{0.90}}$
5	$I = \frac{2402}{(t + 16)^{0.92}}$
10	$I = \frac{2791}{(t + 15)^{0.93}}$
25	$I = \frac{3250}{(t + 14)^{0.93}}$
50	$I = \frac{3451}{(t + 13)^{0.93}}$
100	$I = \frac{3922}{(t + 13)^{0.94}}$

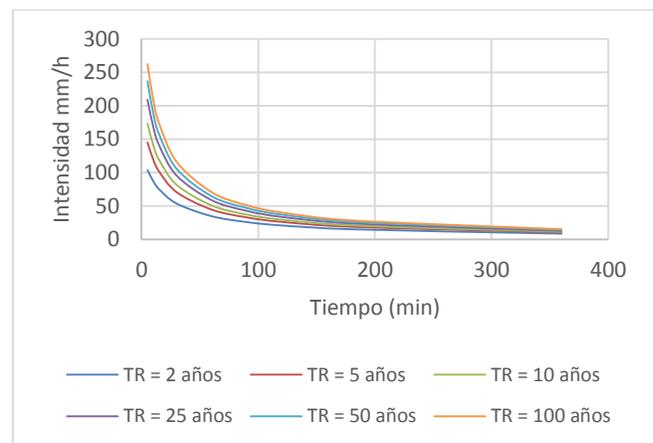


Figura 4. Curvas IDF para estación meteorológica UNAH

Precipitación efectiva

Las figuras 5 a 8 muestran los hietogramas de precipitación efectiva, para ambos métodos y 2 comparaciones. Como ejemplo, se consideró mostrar la abstracción generada por la curva de infiltración de la colonia Villa Olímpica en las gráficas.

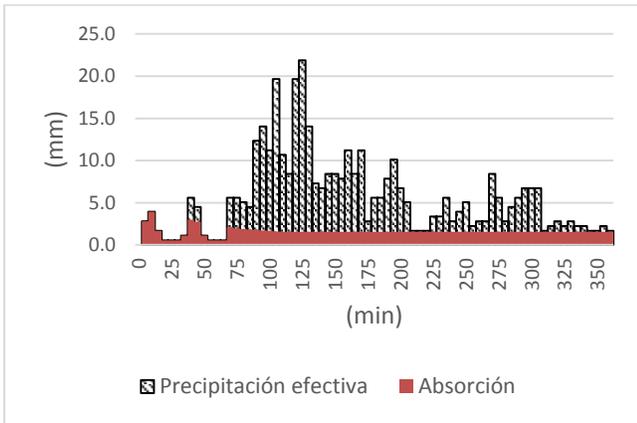


Figura 5. Precipitación efectiva, colonia Villa Olímpica, distribución del 20040427, TR=100 años

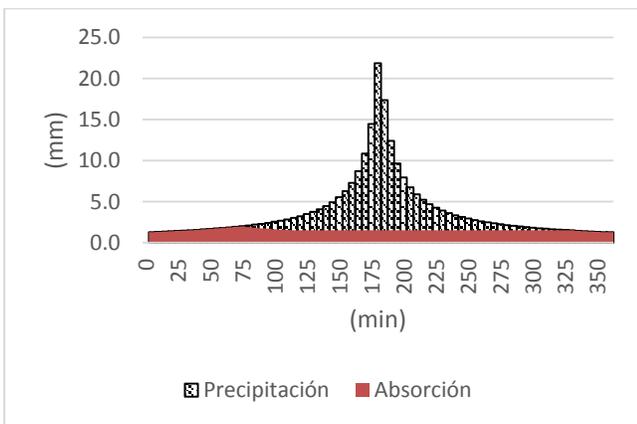


Figura 6. Precipitación efectiva, colonia Villa Olímpica, bloques alternos, TR=100 años

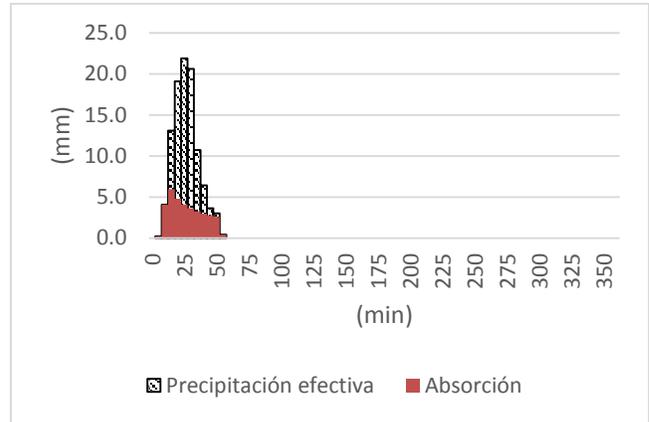


Figura 7. Precipitación efectiva, colonia Villa Olímpica, distribución del 20110524, TR=100 años

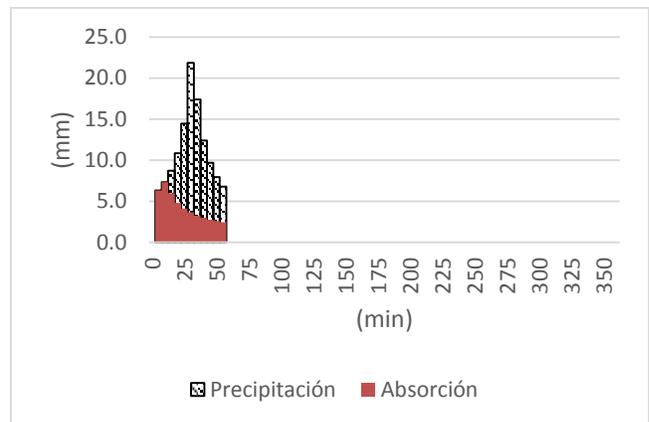


Figura 8. Precipitación efectiva, colonia Villa Olímpica, bloques alternos, TR=100 años

Escorrentía

Las figuras 9 a 12 muestran los hidrogramas de salida de la cuenca, para ambos métodos y 2 comparaciones. La tabla 4 presenta los resultados obtenidos en el modelo HEC-HMS.

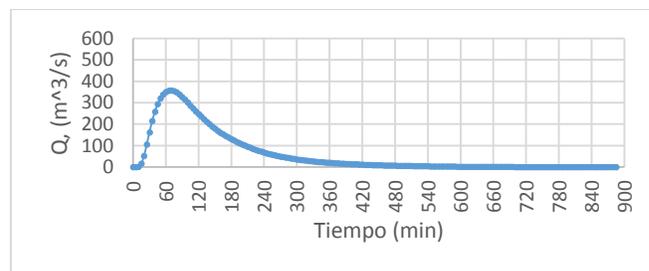


Figura 9. Hidrograma de salida, distribución del 20061023, TR=100 años

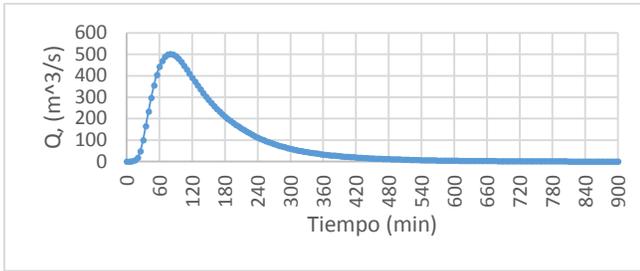


Figura 10. Hidrograma de salida, bloques alternos, TR=100 años

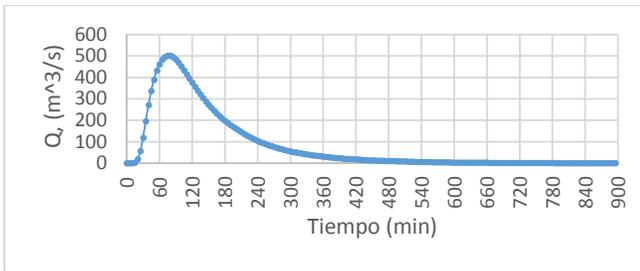


Figura 11. Hidrograma de salida, distribución del 2011524, TR=100 años

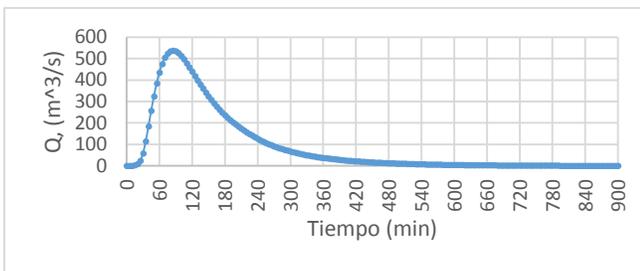


Figura 12. Hidrograma de salida, bloques alternos, TR=100 años

Tabla 4. Resumen de salida del modelo HEC-HMS para diferentes distribuciones de tormentas, TR = 100 años

Nº	Distribución	Caudal pico (m³/s)	P (mm)	Abs (mm)	P Máx. (mm)
1	Hietograma histórico 20130325	272	67.3	38.3	21.9
	Bloques alternos	673	162.9	87.6	21.9
2	Hietograma histórico 20110524	502	103.1	51.1	21.9
	Bloques alternos	538	123.7	66.7	21.9
3	Hietograma histórico 20100520	399	131.2	72.0	21.9
	Bloques alternos	759	199.0	110.3	21.9
4	Hietograma histórico 20070614	298	80.8	48.5	21.9
	Bloques alternos	648	158.8	86.4	21.9
5	Hietograma histórico 20061023	358	85.6	48.6	21.9
	Bloques alternos	502	117.4	64.4	21.9

Nº	Distribución	Caudal pico (m³/s)	P (mm)	Abs (mm)	P Máx. (mm)
6	Hietograma histórico 20040427	1180	398.1	203.5	21.9
	Bloques alternos	907	275.4	164.3	21.9
7	Hietograma histórico 20010822	631	128.1	60.3	21.9
	Bloques alternos	731	187.2	102.5	21.9
8	Hietograma histórico 19870920	1387	348.6	143.6	21.9
	Bloques alternos	887	258.9	151.0	21.9
9	Hietograma histórico 19840730	328	93.8	58.5	21.9
	Bloques alternos	538	123.7	66.7	21.9

Discusión de resultados

Las tormentas seleccionadas presentan diferentes distribuciones en el tiempo que fueron comparadas contra el método de los bloques alternos que presenta la distribución en el tiempo con su pulso de precipitación máximo, ubicado a la mitad de la tormenta.

Al comparar el uso del método de bloques alternos contra el uso del método de hietograma histórico, para la selección de tormentas de diseño y caudales, en la cuenca del río Chiquito, se puede observar que la diferencia entre los dos métodos es considerable.

Empero existen algunos hietogramas históricos, cuya distribución y caudales pico son parecidos a la presentada por el método de los bloques alternos. Los hietogramas que presentan esta similitud son los de las tormentas: 8 de agosto de 2001, 23 de octubre de 2006, 24 de mayo de 2011. La del año 2011, es la tormenta más parecida en todos los aspectos a la generada por los bloques alternos, la precipitación generada por ambos métodos es del orden de los 103.1 mm y 123.7 mm, y los caudales pico 502 m³/s y 538 m³/s, que en porcentaje representa aproximadamente el 7% de diferencia.

En 7 escenarios de distribución el método del hietograma histórico generó menor precipitación que el método de los bloques alternos con porcentajes en un intervalo del 41 al 83%. Sin embargo para 2 escenarios de distribución el método del hietograma histórico presentó una mayor precipitación que la generada por el método de los bloques alternos, especialmente para la distribución de las tormentas del 30 de julio de 1987 y la del 27 de abril de 2004, con porcentajes aproximadamente de 145 y 135%, respectivamente. Estos dos escenarios presentan una distribución casi uniforme en el tiempo.

Conclusiones

El método de los bloques alternos, en cierta forma, es un método conservador, pero que se puede aplicar para la modelación de tormentas de diseño si no se cuenta con suficiente información de hietogramas históricos dentro de la cuenca en estudio.

El método de los bloques alternos es aplicable dentro de la cuenca del río Chiquito para la modelación de tormentas de diseño, ya que se ha encontrado tormentas con parecida distribución, como la de los años 2001, 2006 y 2011, presentadas en este artículo.

En la comparación de 7 escenarios de distribución, el del hietograma histórico generó menor precipitación que el método de los bloques alternos con porcentajes en un intervalo del 41 al 83%. Sin embargo, en 2 escenarios de distribución, el método del hietograma histórico presentó una mayor precipitación que la generada por el método de los bloques alternos con porcentajes aproximadamente de 135 al 145%, respectivamente.

El uso del método del hietograma histórico para la generación de tormentas de diseño, es recomendable cuando se tiene una larga duración y distribución casi uniforme de la tormenta. Mientras que para tormentas de corta duración con distribuciones no uniformes, se recomienda utilizar el método de los bloques alternos.

Agradecimiento

Agradecimientos especiales al Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD), al Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra (IHCIT) de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), a la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), a la Inga. Kelly Mariela Almendares, a la Inga. Magaly Montero, al Ing. David D'Cuire por las gestiones pertinentes para el levantamiento de información. También a los Ingenieros Francisco Rodolfo Rosales, Ricardo Blanco Granados, Hugo Daniel Mejía, Ricardo

Jiménez, Waylan Granados por el certero apoyo profesional en el trabajo de campo.

Referencias

- Chow, V.T., Maidment, D.R. y Mays, L.W., 1994. Hidrología Aplicada. Santa Fé de Bogotá: McGRAW W-HILL.
- Kostiakov, A.N., 1932. The dynamics of the coefficients of water percolation in soils and the necessity for studying it from a dynamic point of view for purpose of amelioration. Society of Soil Science, vol. 14, pp. 17-21.
- Monsalve, G., 1999. Hidrología en la ingeniería. Segunda. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería. ISBN 958-95742-1-1.
- Rogers, R.D., 1990. Mapa Geológico de Honduras: Tegucigalpa. [Geológico]. Tegucigalpa: Instituto Geográfico Nacional. 2758 II G.
- Sánchez, J., 2008. Hidrograma Unitario de Clark [en línea]. 2008. S.I.: Universidad de Salamanca. Disponible en: <http://hidrologia.usal.es>.
- Upegui, J.J.V. y Gutiérrez, A.B., 2011. Estimación del tiempo de concentración y tiempo de rezago en la cuenca experimental urbana de la quebrada San Luis, Manizales. DYNA, vol. 78, no. 165, pp. 58-71. ISSN 2346-2183.

Información del autor:

Ingeniero civil, Roberto Elías Granados Chahín, por la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, 2012. Maestro en ciencias en recursos hidráulicos, opción Hidrología, de la ERIS, 2016.