

Aplicación de un modelo hidrometeorológico para la estimación de caudales de crecida

Carlos Josa Paz

Leandro Esteban Ortiz Gómez

Jesús Vicente Villacres Díaz

Estudiantes del Programa de Ingeniería Ambiental

Universidad Mariana

Francisco Ricardo Mafla Chamorro

Docente del Programa de Ingeniería Ambiental

Universidad Mariana



Fuente: pixabay

Resumen

Una de las aplicaciones frecuentes en el manejo del recurso hídrico, tiene que ver con el estudio de inundaciones y la estimación de éstas, a partir de registros puntuales de precipitación para un área determinada. En este artículo se presenta el procedimiento, para llevar a cabo la aplicación del modelo hidrometeorológico a una cuenca urbana del sur del país, con base en eventos registrados de crecidas. Utilizando de forma acoplada, la herramienta de modelación hidrológica HEC-HMS. Para ello, se realizó una caracterización hidroclimatológica del sistema de aporte, recopilando información de series históricas de precipitación de la zona de estudio.

En la metodología, se consideró la estimación del tiempo de concentración, la caracterización del régimen pluviométrico, cálculos de algunos parámetros morfométricos. La cuenca analizada, es un sistema cuyas respuestas hidrológicas, están determinadas por sus características morfométricas, lo cual se evidencia en su corto tiempo de concentración, debido a

su ubicación en un ambiente de planicie y a las magnitudes de los eventos extremos de precipitación presentes en la zona.

Palabras clave: Modelación hidrológica, modelo hidrológico HEC-HMS, información hidrometeorológica, caudales de crecida.

Introducción

La modelación hidrológica, es una herramienta de gran importancia para el estudio de avenidas que se ha extendido por todo el mundo, fundamentalmente en países desarrollados. En la actualidad, con el empleo de estos modelos se realiza el análisis y la prevención de las inundaciones; además, es posible manejar hipótesis suficientemente realistas o previsibles, que ofrezcan un cierto grado de confianza para la toma de decisiones, ya sea en la ordenación del territorio, en torno a los ríos o para exigir criterios de diseño de obras e infraestructuras capaces de soportar y funcionar adecuadamente en situaciones de emergencia (Sifontes y Moya, 2012).

El Software HEC-HMS, es un programa de simulación hidrológica, para estimar los hidrogramas de salida, en una o varias subcuencas,

a partir de condiciones extremas de lluvia (Sifontes y Moya, 2012). La escasa información sobre este tema en la zona de interés, genera la importancia de implementar y desarrollar un estudio de modelación hidrológica que permita la obtención, conservación y organización de información hidrometeorológica básica para la toma de decisiones, así como también criterios de evaluación en cuanto a infraestructura.

Con base en los resultados encontrados, una vez realizada la primera simulación hidrológica; el cual fue un valor de caudal asociado a un tiempo de ocurrencia, se realizó un análisis de eventos extremos de precipitación, obteniendo un incremento de caudal, conforme se evalúa la modelación para un tiempo de retorno mayor.

Metodología

La metodología comprendió, en primer lugar, en recopilar información meteorológica suministrada, principalmente por la estación meteorológica Puerto Asís del IDEAM, asociada a datos diarios de precipitación, contando con registros desde el año 1959 hasta el año 2017. Estos datos se analizaron estadísticamente, mediante los métodos de distribución de frecuencias Log-Gumbel, Log – Pearson tipo III y Log-Normal, para determinar la distribución de las series temporales de precipitaciones, que mejor ajuste presenta a la función de distribución; obteniendo así, una primera valoración de los resultados que permitieron la construcción del hietograma de proyecto junto con la posterior simulación de transformación lluvia-caudal.

Se construyó el hietograma de proyecto, iniciando por la determinación de la curva de intensidad, duración y frecuencia (IDF); cabe resaltar que la frecuencia de las precipitaciones consideradas en esta investigación, se las caracterizó mediante los periodos de retorno 25, 50 y 100 años. Se determinó las intensidades de las lluvias para los intervalos de tiempo ya mencionados, mediante la ecuación $I = P/t$, donde P es la precipitación en milímetros y t es el intervalo de tiempo en horas. Luego se ajustó la serie de periodos de retorno, a la ley de distribuciones de Gumbel para determinar el evento y el periodo de retorno correspondiente. Una vez obtenida las curvas IDF, para los periodos de retorno objeto de estudio, se procedió a aplicar la metodología de bloque alterno, con el fin de caracterizar las precipitaciones; para ello fue necesario fijar la duración de la lluvia, calculando el tiempo de concentración mediante Kirpich, dado que este método es el que mejor se ajusta a las condiciones de la cuenca en estudio.

Una vez, se determinó la duración de la tormenta (cómo el tiempo de concentración de la cuenca), obtener los hietogramas a partir de las curvas IDF ya calculadas, se realizó siguiendo estos pasos:

- Se dividió el tiempo de duración en intervalos, Δt de tal manera que se formen 6 bloques o sextiles.
- Se seleccionó el periodo de retorno del cual obtener el hietograma iniciando con 25 años, 50 y 100 años.
- se obtuvo de la curva IDF los valores de intensidad, de precipitación, para cada intervalo Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$, hasta la duración total de la precipitación, aproximadamente una hora.
- Se calculó la profundidad o volumen de precipitación, caída en cada intervalo, multiplicando la intensidad por la duración del intervalo (en horas).

- Se restó los valores sucesivos de profundidad de precipitación (en mm) calculados anteriormente.
- Y se ordenó los resultados de manera que el mayor valor esté a un cuarto de la serie, y se vayan alternando en orden descendente alternativamente a lado y lado de ese máximo

La simulación de la transformación lluvia - caudal, se realizó aplicando el software Hec-Hms; para dicha representación en el software, se consideraron cuatro modelos: modelo de la cuenca, modelo meteorológico, modelo de la lluvia y modelo de control. Estos modelos se elaboraron o se trabajaron a partir de las características físicas de la cuenca, por ejemplo el área, la longitud del cauce principal, así como datos externos a ella tales como el número de curva, el tiempo de concentración y tiempo de retardo. Una vez integrados por HEC- HMS, se pudo realizar la simulación hidrológica y determinar los caudales de crecida.

Resultados

Se tiene como objeto de estudio, una cuenca, con un área de 5 Km², lo cual se denota como un sistema hidrogeomorfológico de pequeñas dimensiones, que lo califican bajo la categoría de microcuenca. Ahora bien, la pequeña área de esta cuenca, por sí sola supone menores tiempos de concentración de la escorrentía superficial y mayor susceptibilidad a experimentar crecidas con hidrogramas de picos pronunciados y corta duración. Cabe resaltar que se obtuvo un valor de tiempo de concentración de 55 minutos, lo que favorece la generación de hidrogramas con las características mencionadas anteriormente.

Las precipitaciones en general, en el área son abundantes, con totales diarias que superan los 100 mm, lo cual caracteriza la zona de estudio por ser de categoría húmeda. Las precipitaciones se distribuyen más o menos uniformemente a lo largo del año, con promedios mensuales superiores a 60 mm en todos los meses; sin embargo, se observan algunos montos mensuales, que destacan como ligeros picos que le imprimen cierto carácter de bimodalidad al régimen pluviométrico anual

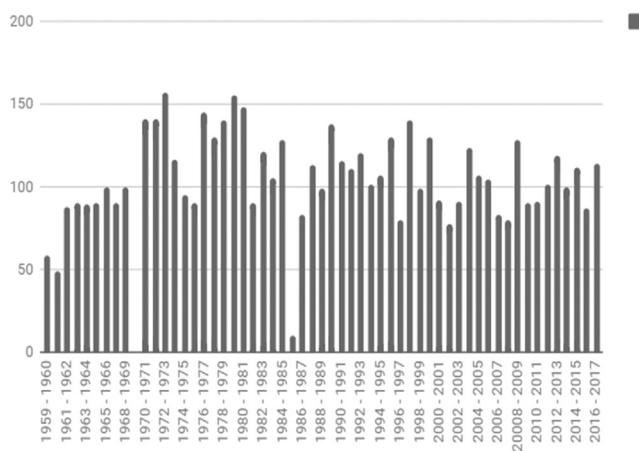


Figura 1. Serie temporal de precipitación correspondiente al periodo 1957 – 2017.

Curva IDF e Hietograma para diferentes periodos de retorno

Se plantearon, dos escenarios futuros para realizar el estudio hidrológico, basado en las series de precipitación obtenidas por el

IDEAM. A partir de este tema, se evidencia las siguientes curvas de intensidad - Duración - Frecuencia:

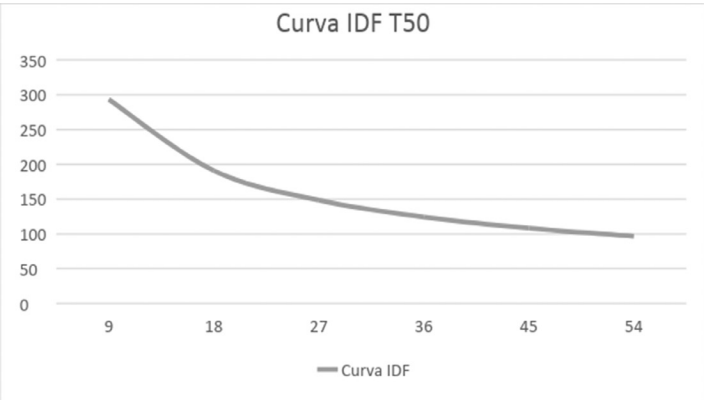


Figura 2. Curva de intensidad duración y frecuencia Tr 50 años.

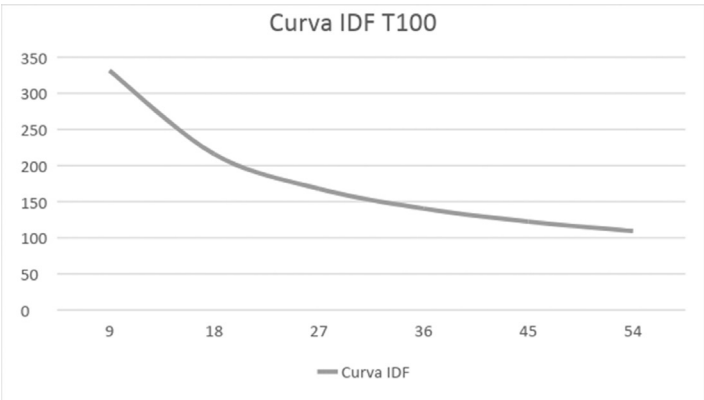


Figura 3. Curva de intensidad duración y frecuencia Tr 100 años.

Cuando se realiza el análisis, en un periodo o escenario superior, se encuentra que la intensidad incrementa llegando a un 331.56 (mm/h), que en comparación con el escenario anterior, ha incrementado bastante, así mismo se evidencia que existe mayores afluentes de agua para este periodo y como se ha visto, también la disminución de las tormentas; ahora bien se evidencia que en este entorno existe un mayor problema en la escorrentía superficial que según Pérez (2004) se considera una zona inundable, y por tanto la mayoría de la rivieta se considera con riesgo de inundación.

A partir de estos datos es posible demostrar el hietograma que se analiza para los dos escenarios considerados anteriormente.

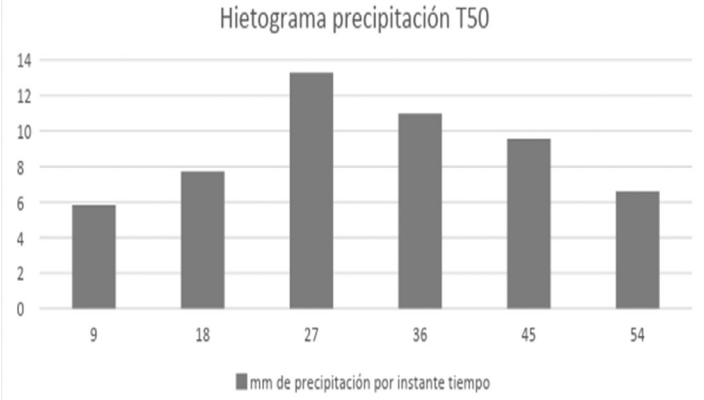


Figura 4. Hietograma de diseño Tr 50 años.

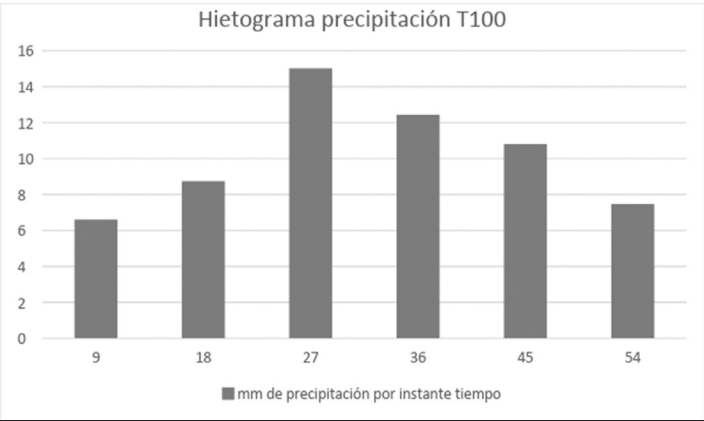


Figura 5. Hietograma de diseño Tr 100 años.

Reconociendo los datos contenidos en el hietograma, se evidencia que la precipitación máxima es de 15.02 milímetros, situación que pone de manifiesto, una afluencia más fuerte en este periodo de tiempo, en ese sentido también es evidente que no existe un punto mínimo que esté por debajo de los análisis anteriores que se realizan para tiempo de retorno 50 años.

Estimación del caudal de crecida a través de simulación hidrológica con Hec – Hms

Una vez obtenidos los hietogramas de diseño, se ejecuta la simulación en Hec Hms. El resultado son los caudales punta para cada uno de los escenarios considerados. El programa también expresa estos resultados de forma gráfica, para cada uno de los escenarios es posible ver sus hidrogramas e hietogramas de crecida de la siguiente manera:

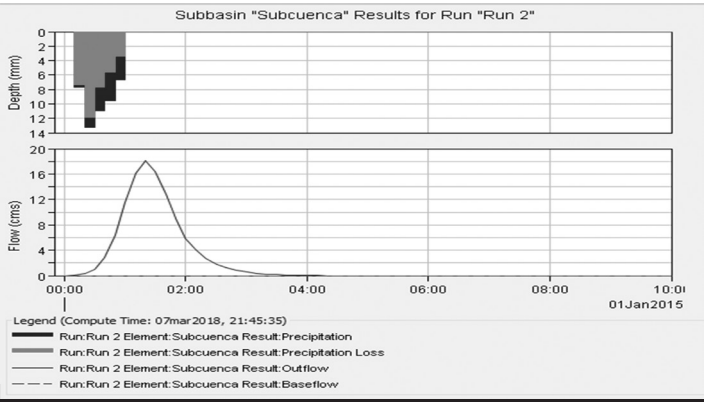


Figura 6. hidrograma de crecida para Tr 50 años.

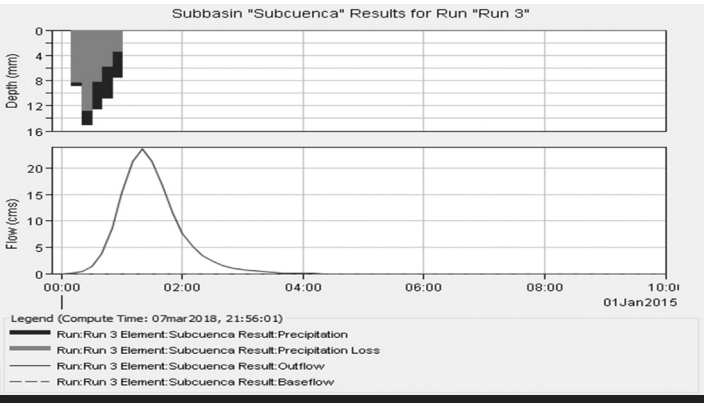


Figura 7. Hidrograma de crecida para Tr 100 años.

Se obtuvo un caudal de crecida de 18M^3 para un escenario futuro de 50 años y un caudal máximo de 23.6 M^3 para 100 años de tiempo de retorno. Es posible afirmar con base a la simulación realizada, que el caudal de crecida aumenta, conforme se incrementa el periodo de retorno o el escenario al cual se pretende proyectar la inundación.

Discusión

En la investigación “Propuesta metodológica para la generación de mapas de inundación y clasificación de zonas de amenaza río las Ceibas (Neiva- Huila)”, se realizó un estudio, aplicando la teoría del modelo hidrometeorológico, para la generación de mapas de inundaciones y clasificación de zonas de amenaza, utilizando de forma acoplada las herramientas de modelación hidrológica HEC- GeoHMS y HEC-HMS, pero variando los insumos del modelo, es decir, en este caso se utilizaron tormentas registradas y tormentas sintéticas, lo cual les generó una simulación de eventos torrenciales más exacta.

El aporte de la investigación mencionada anteriormente, permite no solo obtener el caudal de crecida, si no también realizar una representación esquematizada de las áreas susceptibles a inundaciones, con objeto de brindar información valiosa y oportuna para la implementación de medidas, que tiendan a reducir el impacto de eventos torrenciales y catastróficos sobre la población.

Teniendo en cuenta el trabajo realizado por Sifontes y Moya en 2012 denominado “Modelación hidrológica con Hec-Hms en cuencas montañosas de la región oriental de Cuba”, en la cual se llevó a cabo un proceso de modelación mediante Hec Hms, con la percepción de que se establecieron algunos criterios de admisibilidad para comparar los resultados de la simulación. Estos criterios, se asumieron teniendo en cuenta, que el objetivo fundamental de la modelación de inundaciones es, por lo general, la salvación de vidas humanas y objetivos económicos, por lo que la definición más exacta posible del caudal de crecida y de su momento de ocurrencia, adquiere una importancia relevante en la modelación, mientras que el volumen y forma del hidrograma, adquieren una importancia relativa en función de las circunstancias.

Asimismo, es de resaltar que éste complemento a los estudios de modelación resulta de mucha validez y genera mayor confianza a la hora de obtener los resultados de las diversas simulaciones hidrológicas que se pretendan llevar a cabo, es decir, por ejemplo, si se realizan más de 100 corridas, se pueden escoger de esta cierta cantidad como satisfactorias y otras como admisibles. De igual manera, es posible considerar que esta propuesta de plantear criterios de admisibilidad, se puede aplicar no solo a estudios de cuencas de montaña, sino también a cuencas de planicie variando ciertas características.

A su vez, es posible realizar una correlación con base a los resultados obtenidos, como lo hacen los autores citados anteriormente en otra de sus investigaciones denominada “Aplicación

del esquema hidrometeorológico para Hec-Hms en las Coloradas”, para esta correlación tomaron en cuenta, los gastos máximos y las lluvias promedio que los generaron. Previamente se eliminaron las avenidas que no pueden ser usadas por no contarse con hidrograma o con pluviometría, o por ser muy complejas y no contarse con pluviografía.

Aunque este proceso, se caracteriza por no tener altos coeficientes de correlación, debido a la diferente naturaleza de ambos elementos, pero se aprecia una tendencia que posibilita definir aproximadamente la representatividad de la lluvia total de 24 horas, observada en los registros de los pluviómetros, eliminando las avenidas que resultan no representadas.

Conclusiones

La aplicación de modelos hidrológicos correctamente validados en combinación con el uso sistemático de herramientas de procesamiento de información geográfica, brinda mayor grado de confianza a la hora de estudiar resultados de eventos torrenciales.

El proceso de simulación hidrológica en Hec-Hms, debe considerar siempre las pérdidas. Como método aplicado y recomendado en el presente estudio, es el número de curva (CN) que tiene en cuenta los tipos de cobertura presentes en la cuenca.

El modelo de transformación, da mejores resultados si aplica previamente a los datos de precipitación, un ajuste considerando diferentes funciones de distribución estadística que genere las precipitaciones ocurridas a diferentes periodos de retorno.

Los valores obtenidos de caudal de crecida, obtenidos a partir de la modelación hidrológica con Hec-Hms, aumentan a mayor tiempo de retorno, debido a que de esta manera es mayor el intervalo medio de tiempo, durante el cual existe una avenida con un caudal prefijado por un tiempo de retorno anterior.

Referencias

- Rodríguez, E., Gonzáles, R., Medina, M., Pardo, Y., y Santos, A. (2007). Propuesta Metodológica para la Generación de Mapas de Inundación y Clasificación de Zonas de Amenaza Las Ceibas Neiva- Huila. *Bdigital*. 16. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/arh/article/view/9314>
- Sifontes, E., y Moya, P. (2012). Aplicación Del Esquema Hidrometeorológico Para Hec-Hms En Las Coloradas. *RIHA*. 33(3). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382012000300006
- Sifontes, E., y Moya, P. (2012). Modelación hidrológica con HEC-HMS en cuencas montañosas de la región oriental de Cuba. *RIHA*. 33(1). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382012000100008