

Determinación de los caudales máximos ocurridos en la microcuenca del río Pichan, cantón Quito, provincia de Pichincha, usando hec-hms para un tiempo de retorno de 5, 25 y 50 años.



Determination of the maximum flows occurred in the microcuenca of rio Pichan, canton Quito, province of Pichincha, using hec-hms for a return time of 5, 25 and 50 years.

Luis Miguel Santillán Quiroga ¹, María Fernanda Heredia Moyano ², Marcela Yolanda Brito Mancero ³ & Silvia Alexandra Salazar Huaraca. ⁴

Recibido: 10-02-2019 / Revisado: 15-03-2019 / Aceptado: 04-04-2019 / Publicado: 05-06-2019

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.6.514>

The supply of drinking water from the northwestern area of Quito and mainly from the parish of Nono is largely due to the training provided by the EPMAPS Quito on the Pichan river, and also because much of the economic development of the parishes Nono, Nenegal and Calacali is based on agricultural activities it has been considered convenient to take the microbasin of the Pichan River as a case study to estimate the maximum flow that will be at the closing point in return times of 5, 25 and 50 years using the HEC-HMS rainfall-runoff model. This study will be carried out using the HEC-GeoHMS extension for the delimitation of the micro-basin and the obtaining of the hydrological parameter Curve number as proposed by the SCS. In addition, the equations of maximum rainfall intensities proposed by the INAMHI are used to obtain

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador, luis.santillanquiroya@esPOCH.edu.ec

² Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador. mariaf.heredia@esPOCH.edu.ec

³ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador. mbrtito@esPOCH.edu.ec

⁴ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador. silvia.salazar@esPOCH.edu.ec

the input data to the HEC-HMS model. To obtain the peak flows associated with a return time, the HEC-HMS hydrological model is used, which is a rainfall-runoff model based on the characteristics of the hydrographic units under study. The analysis of the precipitation data obtained indicates that the storm for each return time obeys a distribution of first quartile with probability of occurrence of 30%.

Typography: Time New Roman 12 line spacing 1.15 (150 - 300 words).

Keywords: Storm, Hec-Hms, Return Time, Pichan.

Resumen.

El abastecimiento de agua potable de la zona noroccidental de Quito y principalmente de la parroquia de Nono se lo hace en gran medida gracias a la capacidad que realiza el EPMAPS Quito en el río Pichan, y, además, debido a que gran parte del desarrollo económico de las parroquias Nono, Nenegal y Calacali se basa en actividades agropecuarias se ha creído conveniente tomar la microcuenca del río Pichan como caso de estudio para estimar el caudal máximo que se tendrá en el punto de cierre en tiempos de retorno de 5, 25 y 50 años utilizando el modelo lluvia-escorrentía HEC-HMS. Este estudio se realizará utilizando la extensión HEC-GeoHMS para la delimitación de la microcuenca y la obtención del parámetro hidrológico Número de Curva según lo propuesto por la SCS. Además, para la obtención de los datos de entrada al modelo HEC-HMS se hace uso de las ecuaciones de intensidades máximas de lluvia propuestas por el INAMHI. Para la obtención de los caudales pico asociados a un tiempo de retorno se emplea el modelo hidrológico HEC-HMS que es modelo lluvia-escorrentía que se basa en las características de las unidades hidrográficas en estudio. El análisis de los datos de precipitación obtenidos indica que la tormenta para cada tiempo de retorno obedece a una distribución de primer cuartil con probabilidad de ocurrencia del 30%.

Palabras claves: Tormenta //HEC-HMS // Tiempo de retorno // Pichan.

Introducción.

La base del estudio de la Hidrología es la comprensión del ciclo hidrológico, de sus procesos e interrelaciones tanto superficiales y subsuperficiales, y esta comprensión implica “medir”. Si bien los métodos y técnicas de medición de caudales y precipitaciones has evolucionado en el tiempo, también es cierto que otras componentes del ciclo hidrológico no han corrido la misma suerte pues se presentan bajo el suelo. La infiltración, la percolación profunda, el flujo subsuperficial, el flujo subterráneo, entre otros, son procesos que se miden usualmente de manera indirecta y/o remota, lo que conlleva a una fuerte incertidumbre respecto al funcionamiento del ciclo hidrológico (Cabrera, et al., 2012, pp 56-62).

Los modelos de cuenca son un reflejo de cómo entendemos el sistema cuenca y su respuesta. Su capacidad predictiva depende de cómo los construimos y cómo los aplicamos, y la calidad de las predicciones es generalmente consistente con la calidad de nuestra comprensión del sistema y del modelo que lo representa. Esto significa que no existe el modelo perfecto aplicable a todas las cuencas del planeta: cada cuenca tiene condiciones muy particulares de clima, geografía, geología, etc que incrementan la importancia de un proceso por sobre otros y condicionan la estructura del modelo (Cabrera, et al., 2012, pp 75-83).

Los modelos hidrológicos basados en parámetros físicos y de naturaleza determinística, como los señalados anteriormente, tienen la ventaja de servir como herramientas para predecir los impactos ambientales debidos a cambios de uso y manejo de la tierra, cuestión que no puede hacerse a partir de registros de escorrentía, por muy buenos que estos sean. (Barrios, G., Urribarri, A., Aplicación del modelo SWAT en los Andes venezolanos: Cuenca alta del río Chama. Revista Geográfica Venezolana [en línea] 2010, 51 (Enero-Junio) : [Fecha de consulta: 12 de febrero de 2019])

Metodología.

Área de estudio

La microcuenca del río Pichan está constituida por el cauce principal que le da nombre y por los ríos Blanco y Ambuasi. Según División Hidrográfica del Ecuador, estos ríos pertenecen a la Cuenca 0612 Río Esmeraldas, Subcuenca 061204 Río Guayllabamba (SENAGUA, 2009). El río Pichan nace aproximadamente a una altura de 3200 msnm en las faldas del volcán Ruco Pichincha y el Cerro Azul, en la reserva Yanacocha, ubicada en la parroquia Nono del cantón Quito, provincia de Pichincha (MECN, 2010). Debido a su agua de buena calidad la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito capta un caudal de 102 l/s para conducirlo a un tanque de carga de capacidad de 100 m³ y posteriormente distribuirla para consumo de algunos sectores del noroccidente de Quito (EPMAPS, s.f.).

Modelado de la Microcuenca

Para la modelación de la microcuenca del río Pichan se utilizó ArcGIS 10.3 y su extensión HEC-GeoHMS, siguiendo el siguiente proceso:

Obtención de SIG

La información básica para este estudio proviene de la cartografía provista por el Instituto Geográfico Nacional de Ecuador (IGM), MAGAP y por el SIGAGRO. La zonificación de intensidad de lluvias junto con sus ecuaciones fue provista por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI) en formato shapefile y PDF respectivamente.

Para la interpretación de las elevaciones y pendientes de la zona de estudio se utilizó el Modelo Digital de Elevación (DEM) provistos por Global Data Explore (GDEX) en la base de la NASA descargado de la siguiente página web: <https://gdex.cr.usgs.gov/gdex/>. En dicha página el DEM se descargó con un tamaño de pixel de 30 m utilizando el Background Image ASTER Global DEM que fue desarrollado conjuntamente por la NASA y el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI) (NASA et al., 2009).

HEC-GeoHMS

Una vez analizada y depurada la información obtenida, y, previo a su análisis en el modelo HEC-HMS, se procede a hacer uso de la extensión HEC-GeoHMS que al igual que su predecesor CRWR-Prepro extrae información topográfica, topológica e hidrológica del DEM (Olivera y Maidment, 2000). Su uso requiere de la aplicación del siguiente proceso: realizar la corrección del DEM descargado con la herramienta Fill Sinks y ejecutar en orden del resto de herramientas que incluye esta extensión en el apartado de Preprocessing. Tras la creación y generación de un nuevo proyecto en el apartado Project Setup se delimita la cuenca en estudio (Fleming y Doan, 2009), que en este caso es la microcuenca del río Pichan, ver figura 1.

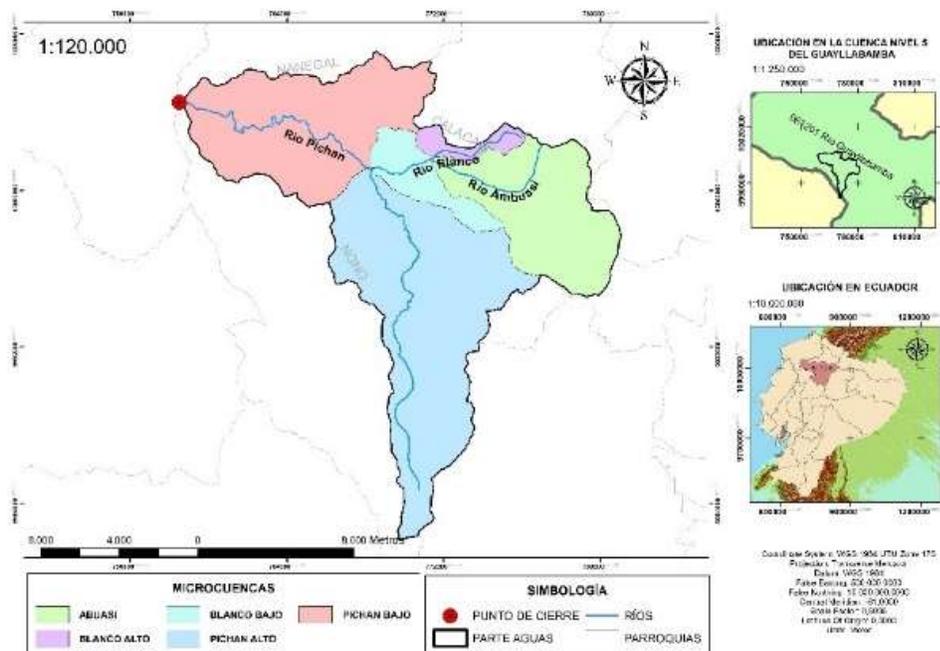


Figura 1. Microcuencas del río Pichan

Pendiente media de la cuenca

Para la obtención de los mapas de pendiente, uso y cobertura del suelo, textura y de los grupos hidrológicos del suelo se utilizaron las herramientas Slope, Reclassify (generando 12

clasificaciones con el método Natural Breaks). Las actividades agrícolas en la parroquia Nono le confieren una pendiente del 50 % al 70 % (Valera, 2017), lo cual concuerda con el valor máximo de pendiente de la figura 2 a) de 75 % ya que la coloración roja que representa dicho valor está mayormente concentrada en la parroquia de Nono. Por otra parte, la figura 2 b) indica la textura de la tierra de la microcuenca, para su posterior clasificación en función del grupo hidrológico de suelo.

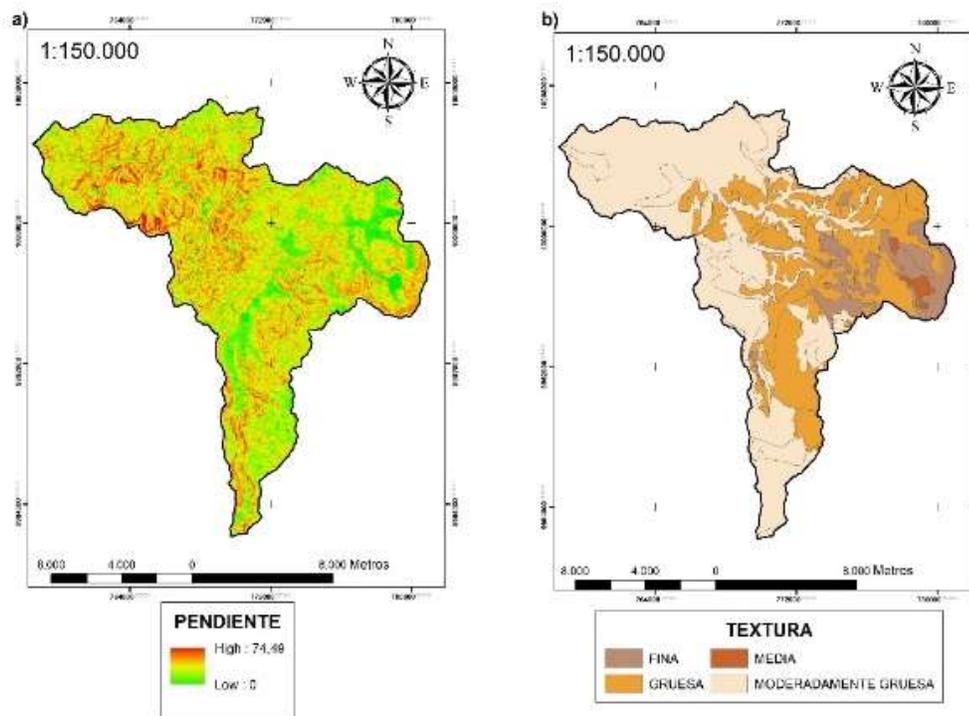


Figura 2. Mapas de pendientes (a) y de textura del suelo (b) de la microcuenca.

La pendiente media de la microcuenca se determinó con ayuda de la herramienta Zonal Statistics as Table, ya que permite comparar el ráster reclasificado con el mapa de pendientes originas (Slope) para obtener los valores máximos y mínimos de cota, junto con el número de ocurrencia (Bateman, 2007) según la ecuación 1, dando un valor de 24.13% como se puede ver en la tabla 1.

$$S_{med} = \frac{\sum(\text{No. ocurrencia} \times \text{pendiente de clase})}{\sum \text{No. ocurrencia}} \quad (1)$$

Tabla 1. Pendiente media de la cuenca del río Pichan

No	Rango de pendientes			Número de ocurrencias (N)	N × P
	Inferior	Superior	Promedio (P)		
1	0.000	5.096	2.548	11283	28.750.686
2	5.117	9.974	7.546	15761	118.926.225
3	10.015	14.380	12.198	18574	226.559.030
4	14.397	18.484	16.440	22454	369.152.528
5	18.514	22.345	20.430	25371	518.319.661
6	22.369	26.042	24.205	27045	654.631.892
7	26.053	29.659	27.856	26976	751.435.147
8	29.666	33.343	31.505	24934	785.535.347
9	33.348	37.337	35.343	20675	730.706.560
10	37.343	42.127	39.735	15253	606.079.831
11	42.131	49.378	45.754	7979	365.074.314
12	49.381	74.053	61.717	1690	104.301.922
TOTAL				217.995.000	5.259.473.144
PENDIENTE MEDIA (%)					24.13

Número de Curva (CN)

Para la obtención del parámetro hidrológico número de curva se clasificó la textura de la microcuenca en función del grupo hidrológico A, B, C y D establecidos por la NRCS ya que la información provista por el MAGAP, en la página web: <http://sin.gob.ec/coberturas>, obedecía a dicha clasificación y no a la propuesta por el SCS. La capa de uso y cobertura del suelo se la reclasificó en función de la clasificación propuesta por el SCS. La tabla 2 representa la reclasificación revisada por el SCS para facilitar la clasificación del uso de suelo para la obtención del CN en relación con la tabla original de la SCS (Merwade, 2019). Posteriormente, se intersecan las capas resultantes para que en la capa de intersección se cree una columna con el valor de CN para cada polígono que comprende dicha capa. A continuación, se crea la tabla CNLookUp en base a los datos estándar establecidos para la determinación del CN (Merwade, 2019). Finalmente, con ayuda de la herramienta Generate CN Grid se cree el ráster de CN para la microcuenca.

Tabla 2. Reclasificación del uso de suelo para la determinación del CN

Reclasificación	
Número	Descripción
1	Agua
2	Residencial Media
3	Bosque
4	Agricultura

El cálculo del CN para cada una de las microcuencas siguió el proceso antes descrito, con la diferencia de que se colocaron puntos de cierre antes de la unión de cada río que descarga sus aguas en el río Pichan, y dividiendo a este último en microcuenca alta y baja, como se puede ver en la figura 1. Tras la obtención del CN_i de cada polígono de las capas resultantes se utilizó la ecuación 2 para hallar el valor de CN de cada microcuenca (Mongil, 2010).

$$CN = \frac{\sum(A_i * CN_i)}{A_T} \quad (2)$$

Donde:

CN: Número de curva para cada subcuenca.

A_i: Área de cada subcuenca.

CN_i: Número de curva de cada polígono que comprende en la capa resultante de la intersección entre la capa reclasificada de textura y uso de.

Tabla 3. Número de curva para cada microcuenca del río Pichan.

Subcuenca	Área (km ²)	CN
Ambuasi	42.679	74
Blanco alto	12.941	66
Blanco bajo	5.248	72
Pichan alto	87.179	74
Pichan bajo	59.212	61

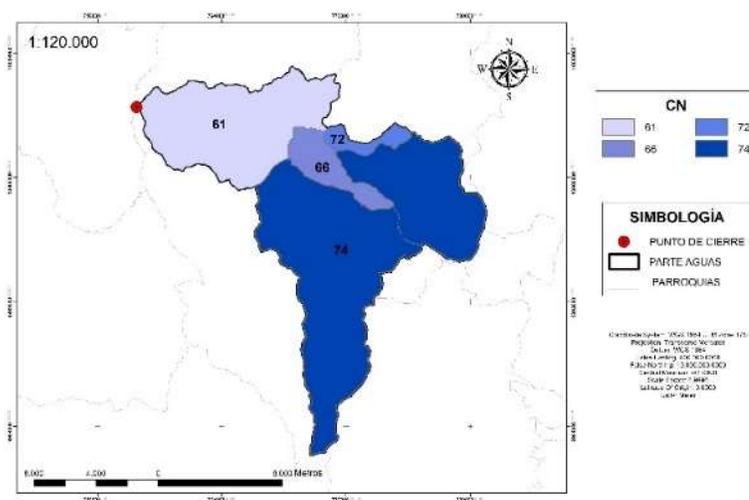


Figura 3. CN para cada microcuenca.

Modelación con HEC-HMS

Para la modelación de avenidas con el modelo hidrológico HEC-HMS se dividió a la microcuenca en cada una de sus componentes como se puede ver en la figura 1, teniendo en cuenta que la existencia de una sola estación meteorológica en la microcuenca no es suficiente para una modelación de avenidas válido (Estrada, 2011). Sin embargo, debido a que esta investigación se encamina en la predicción del caudal pico ligado a un tiempo de retorno seleccionado se obviará dicha mención ya que se utilizará los polígonos y ecuaciones de intensidades máximas de lluvia estipulados por el INAMHI ya que se han calibrado dichas ecuaciones. Con lo cual, además, no se hace necesaria la información pluviométrica de las estaciones meteorológicas ubicadas en la microcuenca.

Intensidad de precipitación (I_{TR})

Posterior al cálculo del CN para cada microcuenca, ver tabla 3, se determinan los demás datos de entrada para el modelo HEC-HMS, estos son los respectivos tiempos de concentración (T_c) para cada microcuenca y la zona de intensidad a la cual pertenece la microcuenca del río Pichan. La zonificación permitirá determinar qué ecuación de intensidad es válida para la microcuenca (INAMHI, 2015). Tras sobreponer la capa de la microcuenca a la capa de zonas de intensidad se atribuye la zona 9, código M0024 de la estación meteorológica QUITO INAMHI-INNAQUITO, ver figura 4, con una ecuación de I_{TR} descrita a continuación:

$$I_{TR} = 772.11 * Id_{TR} * t^{-0.913} \quad (3)$$

Donde:

I_{TR} : Intensidad de precipitación.

t : Tiempo de concentración.

Id_{TR} : Intensidad máxima para un determinado tiempo de retorno.

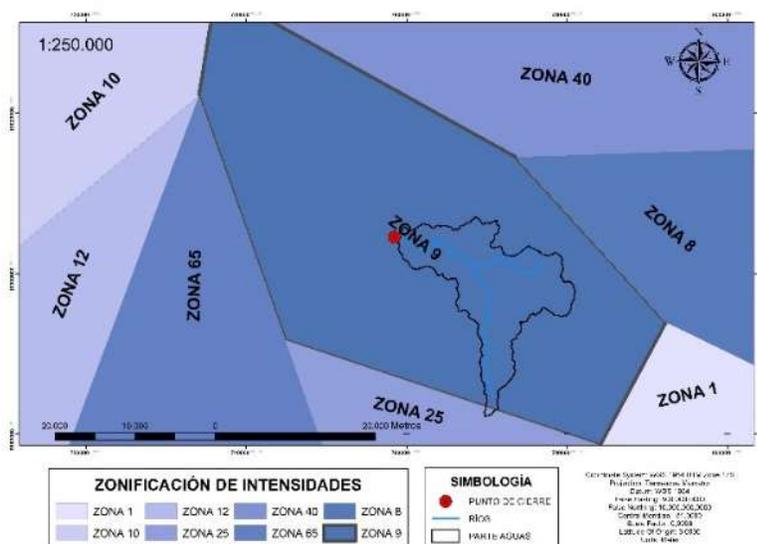


Figura 4. Zona de intensidad máxima de la microcuenca del Río Pichan.

La ecuación 3 muestra que la intensidad de lluvia para la microcuenca está en función de una intensidad máxima ligada a un tiempo de retorno (Id_{TR}) y el tiempo de concentración. El primer parámetro se lo obtuvo de la actualización del estudio de lluvias intensas para el año 2015 publicado por el INAMHI. El tiempo de concentración se lo calculó con la ecuación propuesta por Kirpich en el año de 1940 (Chow, 1994), dando los valores estipulados en la tabla 4.

$$T_c = 0.0078 * L^{0.77} * S^{-0.385} \quad (4)$$

Donde,

T_c : Tiempo de concentración.

L : Longitud del río principal.

S : Pendiente media de la cuenca.

Tabla 4. Tiempo de concentración para cada microcuenca del río Pichan

Microcuenca	Tc (min)
Pichan bajo	53.81
Pichan alto	71.25
Blanco bajo	17.63
Blanco alto	26.10
Ambusi	35.13

Los tiempos de retorno seleccionados para esta investigación son 5, 25 y 50 años por ser tiempos de retorno en los cuales el I_{dTR} cambia para la microcuenca. Con este dato y los valores de T_c para cada microcuenca fue posible validar que la ecuación 3 es la que en realidad representa a la microcuenca del río pichan ya que para cada polígono de intensidad se asocia 2 ecuaciones. Una vez validada la ecuación 3 se calculó las intensidades de precipitación para cada tiempo de retorno, ver tabla 5.

Tabla 5. Intensidad de precipitación para cada tiempo de retorno

Microcuenca	Tc	Idtr			Itr (mm/h)		
		5 años	25 años	50 años	5 años	25 años	50 años
Rio Pichan	106,6	4	4.5	5	43.49	48.93	54.37

Datos de entrada al modelo HEC-HMS

El tiempo de retardo (T_r) y la abstracción inicial (I_a) se calculan mediante las ecuaciones 5 y 6 (Campos, 2016), respectivamente.

$$T_r = 0.6 T_c \quad (5)$$

$$I_a = 0.2 S \quad (6)$$

Donde,

S: Es la retención potencial máxima.

Para la modelación del escurrimiento se utilizaron como datos de entrada a los parámetros establecidos en la tabla 6. La configuración del software se la realizó de la siguiente forma:

- Para cada microcuenca se le seleccionó el método de pérdidas SCS Curver Number.

- Para transformar la precipitación neta en caudal se seleccionó el método SCS Unit Hydrograph.
- El método seleccionado para el flujo base fue sin contribución del flujo base en el hidrograma de la microcuenca (none) ya que carece de datos para su ingreso.

Tabla 6. Datos de entrada al modelo de cada microcuenca

Subcuenca	Área (km ²)	CN	Ia (mm)	Tr (min)
Ambuasi	42.69	74	17.85	21.08
Blanco alto	5.25	72	19.76	15.66
Blanco bajo	12.94	66	26.17	10.58
Pichan alto	87.18	61	32.48	32.29
Pichan bajo	59.21	74	17.85	42.75

Los datos de precipitación fueron calculados en base al Tc en horas y la precipitación total en mm, de toda la microcuenca (ver tabla 5), para una tormenta del primer cuartil con probabilidad de ocurrencia del 30 %, dando los valores de precipitación de la tabla 7.

Tabla 7. Precipitación de la tormenta para cada tiempo de retorno

5 años				25 años				50 años			
T (min)	P (mm)										
0:00	0.00	0:55	0.68	0:00	0.00	0:55	0.76	0:00	0.00	0:55	0.84
0:05	0.10	1:00	0.69	0:05	0.11	1:00	0.77	0:05	0.12	1:00	0.86
0:10	0.20	1:05	0.69	0:10	0.22	1:05	0.78	0:10	0.25	1:05	0.87
0:15	0.32	1:10	0.70	0:15	0.36	1:10	0.79	0:15	0.40	1:10	0.87
0:20	0.44	1:15	0.70	0:20	0.50	1:15	0.79	0:20	0.55	1:15	0.88
0:25	0.52	1:20	0.71	0:25	0.58	1:20	0.80	0:25	0.65	1:20	0.89
0:30	0.57	1:25	0.71	0:30	0.65	1:25	0.80	0:30	0.72	1:25	0.89
0:35	0.61	1:30	0.72	0:35	0.69	1:30	0.81	0:35	0.76	1:30	0.90
0:40	0.63	1:35	0.72	0:40	0.71	1:35	0.81	0:40	0.79	1:35	0.90
0:45	0.65	1:40	0.72	0:45	0.73	1:40	0.81	0:45	0.81	1:40	0.90
0:50	0.66	1:45	0.72	0:50	0.75	1:45	0.81	0:50	0.83	1:45	0.90

El método utilizado para el tránsito de caudales es Muskingum, mismo que depende de un coeficiente de proporcionalidad K y uno de atenuación del flujo de la cuenca (Arteaga, 2017). Según (Fledman, 2000) los valores recomendados de X y K son de 0.1 a 0.5 horas; y, de 0.1 a 150 horas, respectivamente. Sin embargo, K puede ser calculado mediante la ecuación 6 (Fleming y Doan, 2013).

$$K = 0.6 T_C \quad (6)$$

Donde,

T_C : Es el tiempo de concentración en horas.

Resultados.

La simulación del evento generó los hidrogramas para cada tiempo de retorno, según se puede apreciar en las figuras 5. El hidrograma de crecida para el tiempo de retorno de 5 años da un caudal pico de $14.7 \text{ m}^3/\text{s}$. Para el tiempo de retorno de 25 años se calculó un caudal máximo de $17.3 \text{ m}^3/\text{s}$ y para el tiempo de retorno un caudal máximo de crecida de $19.2 \text{ m}^3/\text{s}$ considerando los datos de precipitación obtenidos a partir de la matriz de cálculo mencionada en el epígrafe 2.3.2, ver tabla 8.

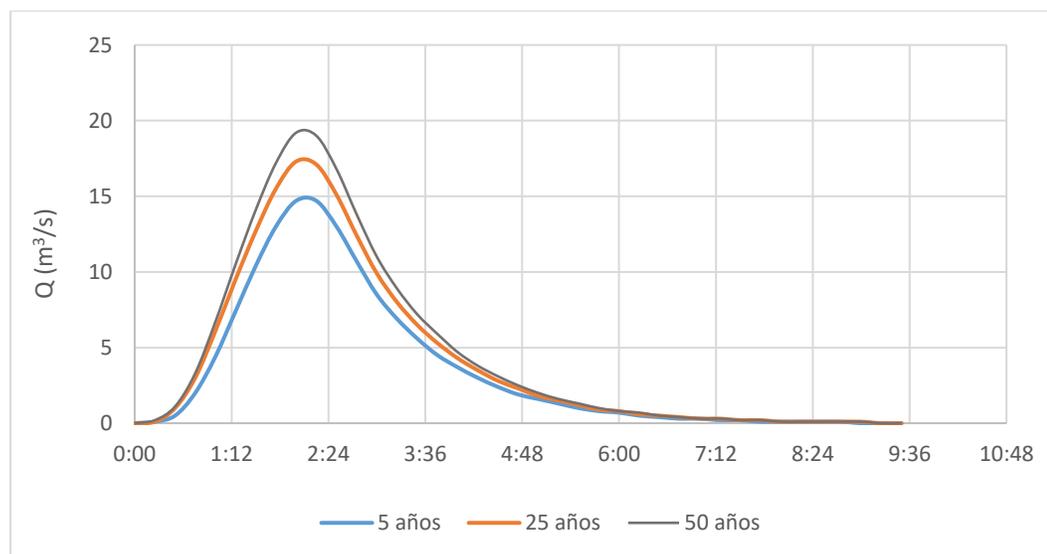


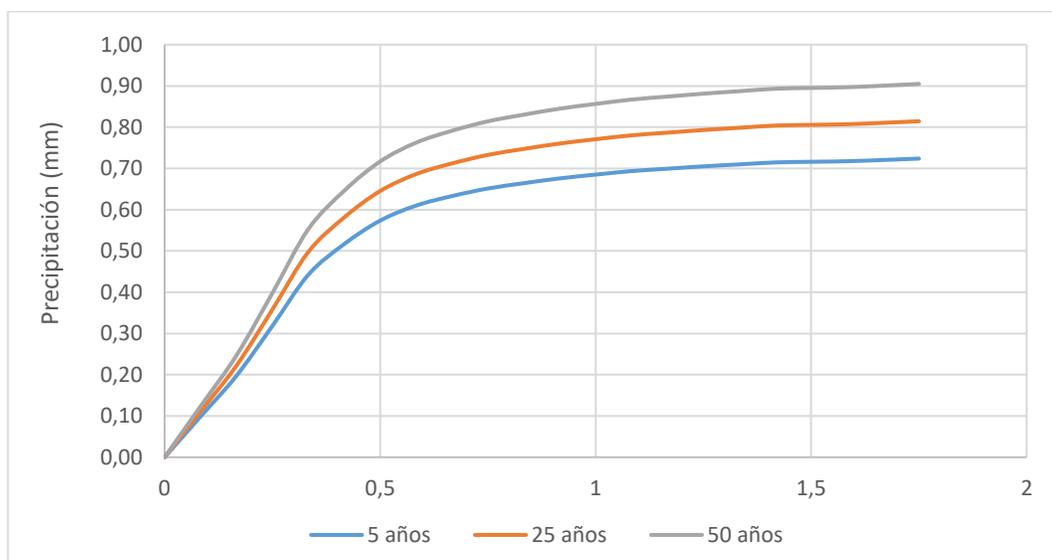
Figura 5. Hidrogramas de crecida para cada tiempo de retorno.

Tabla 8. Caudal máximo

T retorno (años)	Q máx. (m3/s)
5	14.7
25	17.3
50	19.2

Por otra parte, en la figura 6 se esclarece que los datos de precipitación obtenidos a partir de la matriz de cálculo son correctos debido a que obedecen a la distribución de una tormenta de primer cuartil con una probabilidad de ocurrencia del 30% (Chow, 1994), característica de las tormentas con duración de 0 a 200 minutos en Sierra del país. (EPN y ORSTOM-FUNDACYT, 1997).

Figura 6. Distribución temporal de las tormentas para cada tiempo de retorno seleccionado.



Conclusiones.

- En el estudio realizado a la microcuenca del río Pichan se observó que el parámetro hidrológico Número de Curva es muy sensible a los datos de entrada, por lo cual la escasa disponibilidad de información actualizada de zonas urbanas y poblados de Ecuador influyen mucho en la obtención del CN para cada microcuenca y su posterior modelación en HEC-HMS. Otro inconveniente que presenta la simulación en HEC-HMS para esta microcuenca es que los hidrogramas obtenidos no pueden ser

calibrados debido a la ausencia de estaciones hidrometeorológicas dentro de la misma o en sus proximidades.

- Los datos de precipitación obtenidos para cada microcuenca obedecen a una tormenta de primer cuartil con probabilidad de ocurrencia del 30% representativa para esa región de Ecuador.
- Es recomendable validar los datos obtenidos en esta investigación con otros modelos hidrológicos y con valores de CN obtenidos considerando las zonas urbanas bien definidas mediante imágenes satelitales u ortofotos. Los datos de caudal pico obtenidos pueden ser utilizados como guía para próximas investigaciones en el estudio de áreas de inundación con HEC-RAS y debe tenerse en cuenta para la construcción de obras civiles en las cercanías al punto de cierre de la microcuenca del río Pichan.

Referencias bibliográficas.

1. Arteaga, M. (2017). Evaluación del modelo hidrológico HEC-HMS para la predicción hidrológica y de crecidas, en la cuenca baja del Río Cañar. Online: <https://tinyurl.com/yx94pclq>
2. Bateman, A., 2007. Hidrología Básica y Aplicada. Grupo de Investigación en Transporte de Sedimentos. Online: <https://tinyurl.com/y5pyyla2>
3. Cabrera, J. (2012). Calibración de modelos hidrológicos. Instituto para la Mitigación de los Efectos del Fenómeno El Niño, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Perú.
4. Chow, V., Maidment, D, y Larry, M, (1994), Hidrología Aplicada, Ney York,,: Mc Graw Hill.
5. Cmapos, A. (2016). Hidráulica e Hidrología para ingeniería. Online: <https://tinyurl.com/y59blwul>
6. EPMAPS, s.f. Sistema de conducciones orientales. Online: <https://tinyurl.com/y6p8ebkd>
7. EPN y ORSTOM-FUNDACYT, 1997. Montañas, Glaciares y Cambio Climático. Online: <https://tinyurl.com/yxzassv>
8. Estrada, V., 2011. Modelación hidrológica con HEC-HMS en cuencas montañosas de la región oriental de Cuba. Online: <https://tinyurl.com/yyfozqpk>
9. Fleming, M. y Doan, J.H., 2009. HEC-GeoHMS. Geospatial Hydrologic Modeling Extension. User's Manual. Version 4.2 Hydrologic Engineering Center. Online: <https://tinyurl.com/yyay78lh>

10. Feldman, A. (2000). Hydrologic Modeling System HEC-HMS: Technical Reference Manual. Washington: US Army Corps of Engineers.
11. Fleming, M., & Doan, J. (2013). HEC-GeoHMS Geospatial Hydrology Modeling Extension. Davis, California, EEUU: US Army Corps of Engineers.
12. INAMHI, 2015. Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación del INAMHI. Online: <https://tinyurl.com/y2oecvmo>
13. SENAGUA, 2009. Delimitación y codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador escala 1: 250 000 Nivel 5 Metodología Pfafstetter. Online: <https://tinyurl.com/y55h74tu>
14. Merwade, V., 2019. Creating SCS Curver Number Grid using Land Cover and Soil Data. Online: <https://tinyurl.com/y336ks8t>
15. MECN, 2010. Áreas Naturales del Distrito Metropolitano de Quito: Diagnóstico Bioecológico y Socioambiental. pp 67-69. Online: <https://tinyurl.com/y639jktb>
16. Mongil, J., 2010. Adaptación de las tablas del Número de Curva para las formaciones vegetales del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente (isla de La Palma, España). Online: <https://tinyurl.com/y6nlby7s>
17. Olivera, F. y Maidment, D., 2000. GIS Tools for HMS Modeling Support. In: D.R. Maidment & D. Djokic (eds.), Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with Geographic Information Systems: 85-112. ESRI Press. Redlands.
18. Valera, M., 2017. Evaluación Integrada de los Recursos Hídricos de la Parroquia de Nono mediante WEAP. Tesis de Ingeniería Ambiental en Prevención y Remediación. UDLA. Online: <https://tinyurl.com/y3mm3bu6>.

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Santillán Quiroga, L., Heredia Moyano, M., Brito Mancero, M., & Salazar Huaraca, S. (2019). Determinación de los caudales máximos ocurridos en la micro cuenca del río Pichan, Cantón Quito, provincia de Pichincha, usando hec-hms para un tiempo de retorno de 5, 25 y 50 años. *Ciencia Digital*, 3(2.6), 23-38. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.6.514>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.

