

Zonificación de la amenaza por avenidas torrenciales para las quebradas El Chulo y El Tablón en la zona urbana del municipio de Gachetá, Cundinamarca

Zoning of the threat by overflowing to the pimp and creeks plank in the urban area of the municipality of Gachetá in Cundinamarca

SIERRA HERNANDEZ, Edwin F. [1](#)

Recibido: 21/10/2017 • Aprobado: 27/11/2017

Contenido

[1. Introducción](#)

[2. Marco Referencial](#)

[3. Metodología](#)

[4. Resultados](#)

[5. Conclusiones](#)

[Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

Se realizó simulación con el modelo FLO 2D determinando para cada periodo de retorno, 20 y 100 años, las áreas de afectación, profundidades y velocidades máximas del flujo de agua y lodos con el fin de identificar las zonas con mayor nivel de amenaza por eventos asociados a avenidas torrenciales sobre las Quebradas El Chulo y El Tablón del municipio de Gachetá, Cundinamarca.

Palabras-Clave: FLO 2D, avenida torrencial, periodo de retorno y amenaza

ABSTRACT:

Simulation was carried out with the model FLO-2D determined for each return period, 20 and 100 years, areas of flooding, depths and speeds up the flow of water and sludge in order to identify the areas with the highest level of threat for associated events to gone torrential streams on the pimp and the Bulletin Board of the municipality of Gacheta, Cundinamarca.

Keywords: FLO 2D, torrential avenue, return period y threat

1. Introducción

El municipio de Gachetá está ubicado en el flanco Este de la cordillera Oriental formando parte

de la provincia del Guavio al Sur-Oriente del departamento de Cundinamarca, con una latitud norte de 4° 49'18 y longitud oeste de 72°38'20. Limita al nororiente con el municipio de Guayatá que pertenece al departamento de Boyacá, al Sur con Junín y Gama, al occidente con Guatavita y Sesquilé, al norte con Machetá y Manta y al oriente con Ubalá (Alcaldía Municipal de Gachetá, 2001). Este municipio hace parte de la Provincia del Guavio, de la cual es capital y se localiza a 99 km de Bogotá a una altura de 1.745 m.s.n.m (Alcaldía de Gachetá, 2017).

Actualmente tiene 3.792 habitantes proyectados al año 2017 (DANE, 2017), repartidos en una extensión de 0,96 km² de los cuales 0,41 km² integran el suelo de protección ambiental y 0.13 km² es suelo libre para urbanizar (Cundinamarca & Corpoguavio, 2013)

El municipio está irrigado por cuatro quebradas, El Matadero, La Polvorera, más conocida como La Esperanza, El Chulo y El Tablón (Consortio Geotec Group 2, 2012). De este conjunto las dos últimas poseen longitudes de 1,9 Km y de 3,51 km (Consortio Geotec Group 2, 2012), y pendientes medias de 26% y de 35%, respectivamente.

En lo que hace referencia a antecedentes de afectación del casco urbano del municipio de Gachetá por eventos asociados a avenidas torrenciales e inundaciones se tiene registros de dos eventos, el primero tuvo lugar el 2 de diciembre de 1998, donde la quebrada El Chulo provocó la semidestrucción de la vivienda situada en la Carrera 2 entre Calles 6 y 7. El segundo, ocurrió el 19 de noviembre de 2008 del cual no se dispone de información de los daños ocasionados.

Es de aclarar que las zonas de mayor afectación por este tipo de eventos se ubican en las inmediaciones a los puntos de canalización de las quebradas en mención, teniendo en cuenta que la tubería utilizada no permite el flujo libre de las aguas en periodos de alta pluviosidad.

En ese sentido, se encuentra que la quebrada El Chulo inicia su canalización cerca de la Carrera 1 con una estructura semejante a un box culvert con un arco de medio punto en la parte superior. Sin embargo, a unos 20 metros de la Carrera 2^a se observa que la canalización continúa en tubería de 36" de diámetro (Alcaldía Municipal de Gachetá, 2001).

La quebrada El Tablón es canalizada en la intersección de ella con la carretera que conduce a Manta, en inmediaciones a la Normal Departamental Mixta, con dos tuberías de 24" de diámetro, que es reducida a una sola tubería de 24" en las inmediaciones de la Carrera 2 entre Calles 3 y 4. (Alcaldía Municipal de Gachetá, 2001).

Dadas las afectaciones generadas por estas dos quebradas, en el artículo 55 del Acuerdo 15 de 2001, se declararon como áreas de protección hídrica en el casco urbano, entre otras, las quebradas El Tablón y El Chulo.

A su vez, dentro de los escenarios considerados en el *Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres*, se establece un escenario de riesgo por inundación, avenidas torrenciales y avalanchas asociadas a las *quebradas Matadero, Polvorera, El Chulo, El Tablón y La Esperanza. Zonas aledañas a sus cauces y a sus canalizaciones* (Alcaldía de Gachetá, 2013, pág. 30). Igualmente, dentro de las medidas formuladas para este escenario se encuentran:

1. Diseñar e implementar sistemas de alerta temprana, monitorear y hacer seguimiento a las principales condiciones de riesgo e involucrar a la comunidad.
2. Diseño y recuperación de la morfología fluvial y adecuaciones hidráulicas en los cauces priorizados por el CMGRD.
3. Evacuación temporal de las viviendas en condiciones de riesgo, que priorice el CMGRD.
4. Adquisición de predios de interés hídrico o para la conservación de zonas protegidas por amenaza o riesgo (Alcaldía de Gachetá, 2013, págs. 117 - 119).

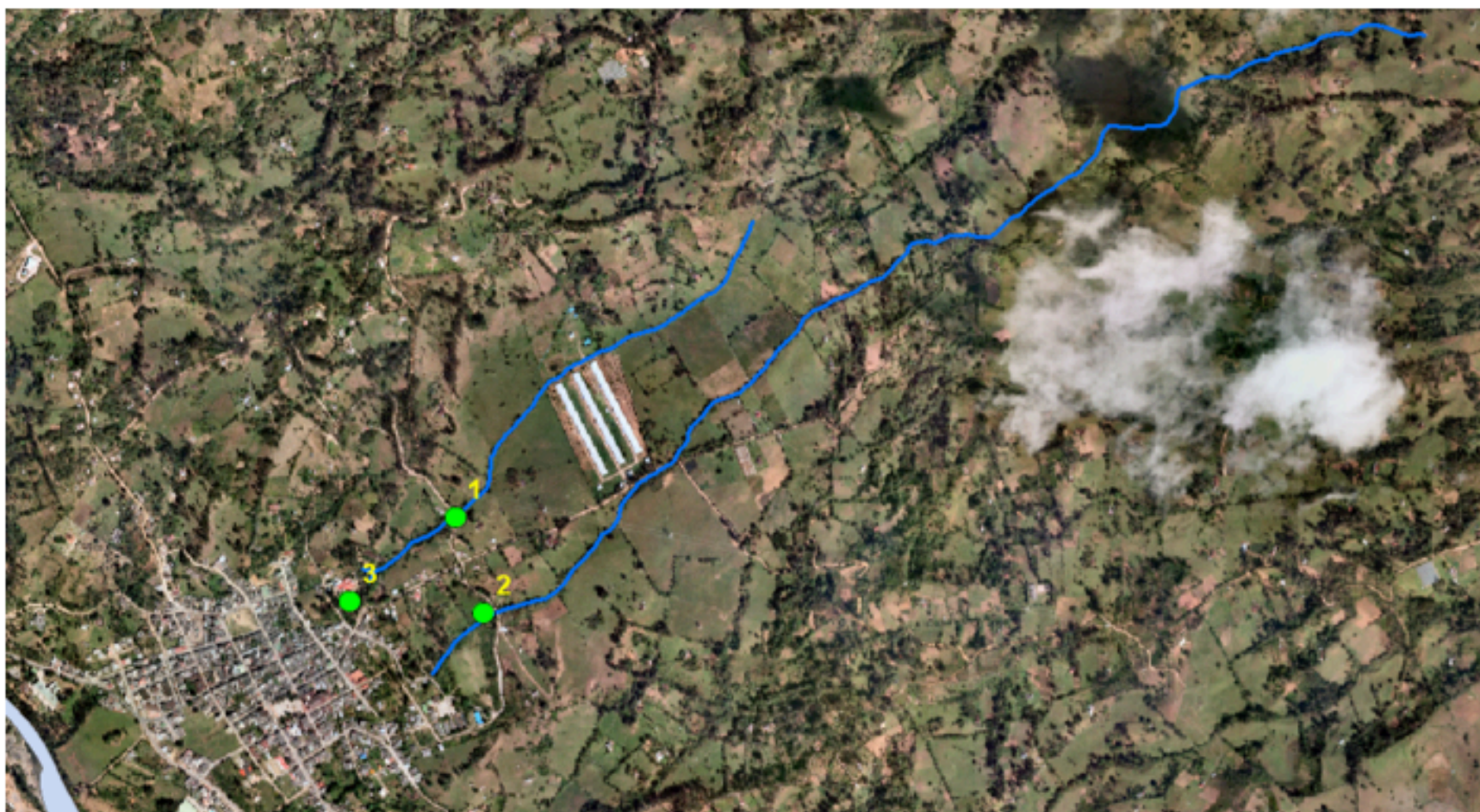
Es por esto por lo que el presente trabajo busca zonificar la amenaza en la zona urbana del municipio de Gachetá por la ocurrencia de eventos de avenida torrencial sobre las quebradas el Chulo y el Tablón.

2. Marco Referencial

Las quebradas El Chulo y el Tablón son afluentes del Río Gachetá, que cruzan el casco urbano

del municipio, haciendo su recorrido en el sentido Noreste – Suroeste, como se observa en la Figura 1.

Figura 1
Ubicación de las Quebradas El Chulo y el Tablón



Fuente: SIG – CORPOGUAVIO

La quebrada El Chulonace a los de 2.140 m.s.n.m, aproximadamente, en el Alto que lleva su nombre, y discurre por el nororiente de Gachetá; *su cauce principal tiene 1,9 km de longitud y drena en dirección suroeste. Atraviesa el casco urbano en el cinturón norte y entrega sus aguas al Río Gachetá. Al llegar al casco urbano su trazo desaparece y es reemplazado por barrios y edificaciones, y su cauce se transforma en un ducto de 36" de diámetro que tiene como función transportar el caudal de la quebrada y parte de las aguas servidas de la población* (Consortio Geotec Group 2, 2012, pág. 3).

Mientras que la Quebrada El Tablón nace a los 2.405 m.s.n.m, aproximadamente, en el extremo nororiental del municipio de Gachetá. Su cauce recorre, 3,5 km, en dirección preferencial al suroeste hasta llegar al casco urbano su caudal es mezclado con las aguas servidas y transportado por una tubería de 36" (Consortio Geotec Group 2, 2012).

2.1 Avenidas Torrenciales

Se clasifica dentro de las amenazas de tipo socio – natural, según lo descrito en la cartilla *Terminología sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Fenómenos Amenazantes* corresponde a *un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor que 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada* (Hunger, et. al. 2001). *Es uno de los movimientos en masa más peligrosos debido a sus características de ocurrencia súbita, altas velocidades y grandes distancias de viaje* (UNGRD, 2017, pág. 19)

Desde el punto de vista de la geomorfología, puede definirse como *un tipo de movimiento en masa caracterizado por el flujo rápido de una mezcla caótica de sólidos y agua que pueden desplazarse a grandes velocidades, dependiendo de los materiales involucrados y los tipos de flujo que se dan* (Caballero, 2011), los cuales pueden incluir flujos hiperconcentrados, flujos de

lodo y escombros y transiciones entre estos.

2.2 Medidas para el control de avenidas torrenciales

Uno de los componentes de la gestión del riesgo corresponde a la adopción *de medidas de intervención prescriptiva o correctiva dirigidas a reducir o disminuir los daños y pérdidas que se puedan presentar a través de reglamentos de seguridad y proyectos de inversión pública o privada cuyo objetivo es reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad existente (Artículo 4° Ley 1523 de 2012).*

Según lo anterior, las medidas pueden clasificarse como estructurales y no estructurales, las primeras se refieren a obras de ingeniería con el propósito de encauzar, derivar, confinar, retener o almacenar los escurrimientos de una fuente hídrica (CONAGUA, Comisión Nacional del Agua, 2011).

Por su parte las medidas no estructurales corresponden a la definición de políticas y normativas que tienen como fin la inclusión de medidas para el conocimiento y prevención del riesgo en los procesos de ordenamiento del territorio y las cuencas hídricas, en otras palabras, *se basan en la planeación, organización, coordinación y ejecución de una serie de ejercicios de Protección Civil que busca evitar o disminuir los daños causados por las inundaciones y pueden ser de carácter permanente o aplicable sólo durante la contingencia (CONAGUA, Comisión Nacional del Agua, 2011, pág. 95).*

2.3 Modelo FLO 2D

El modelo FLO 2D es un modelo de conservación de volumen, que transporta el volumen de inundación a través de celdas en el caso de flujo superficial o por medio de segmentos de corriente por la ruta que sigue el canal. El avance de la onda de inundación se controla por medio de la topografía y la resistencia al flujo (López, Alcocer, Rodríguez, & Albornoz, 2012).

3. Metodología

La metodología de investigación empleada en el presente documento es de tipo cuantitativa bajo un enfoque descriptivo – exploratorio, que parte de la recolección de información fisiográfica, climática, hidráulica, hidrológica, geotécnica y cartográfica del municipio y especialmente de las áreas ocupadas por las quebradas el Chulo y El Tablón.

Lo anterior con el fin de hacer un procesamiento estadístico y la generación de datos para la modelación con la herramienta FLO 2D, la cual permite simular daños generados por las avenidas torrenciales presentadas por las quebradas objeto de estudio bajo diferentes escenarios que varían en intensidad, duración y periodo de retorno.

4. Resultados

4.1 Datos de entrada

La modelación realizada con FLO-2D corresponde a los valores de los hidrogramas obtenidos a partir de un análisis de las características geomorfológicas y de la precipitación presentada en las Quebradas El Chulo y El Tablón, para periodos de retorno de 20 y 100 años, para lo cual se consideraron las características morfométricas señaladas en la Tabla 1.

Tabla 1
Características morfométricas de las quebradas El Chulo y El Tablón

Variables utilizadas/calculadas	Unidad	Quebrada El Chulo	Quebrada El Tablón
---------------------------------	--------	-------------------	--------------------

Área	km ²	0,410	1,050
Longitud de la cuenca	km	1,900	3,510
Pendiente media	m/m	0,410	0,410
Tiempo de concentración (Kirpich)	horas	0,152	0,245
Tiempo de concentración (Kirpich)	minutos	9	15
Tiempo de retardo	horas	0,091	0,147
Duración exceso	horas	0,605	0,989
Tiempo pico	horas	0,394	0,641
Tiempo base	horas	1,052	1,712
Gasto pico	m ³ /s/mm	0,216	0,340

Fuente: Autor

Con base los datos señalados en la Tabla 1, se realizaron los hidrogramas unitarios para las quebradas El Chulo y El Tablón mediante la aplicación del método de Mockus.

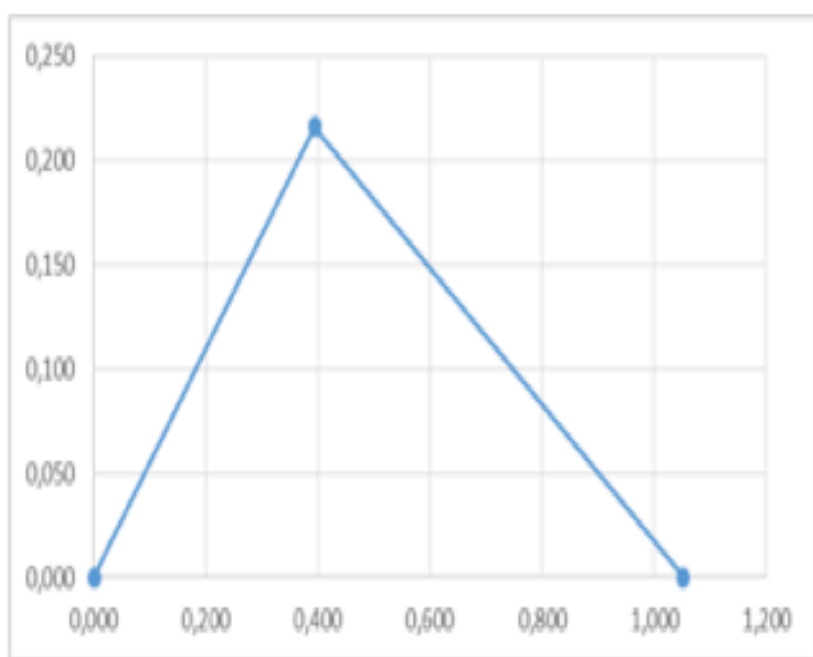


Gráfico 1

Hidrograma triangular unitario Quebrada EL Chulo

Fuente: Autor

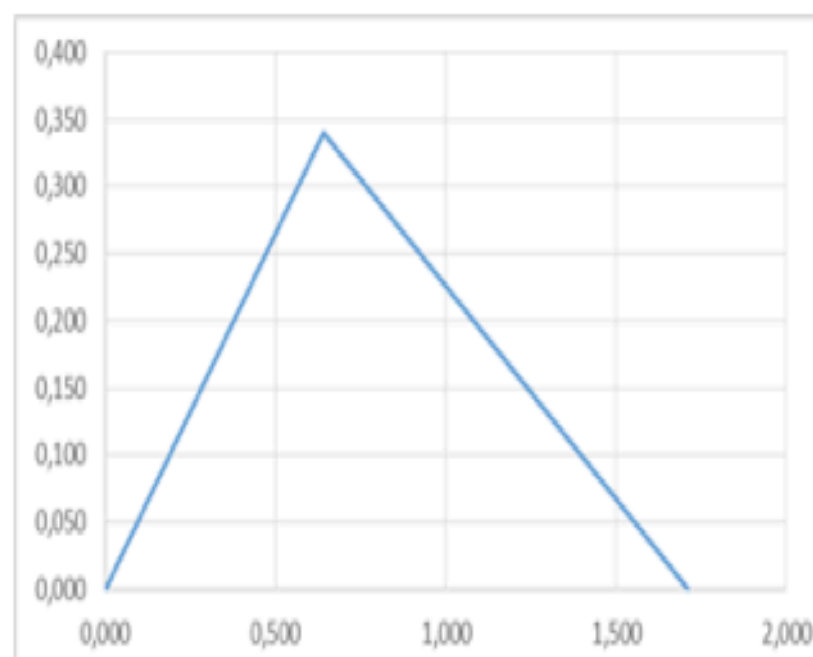


Gráfico 2

Hidrograma triangular unitario Quebrada El Tablón

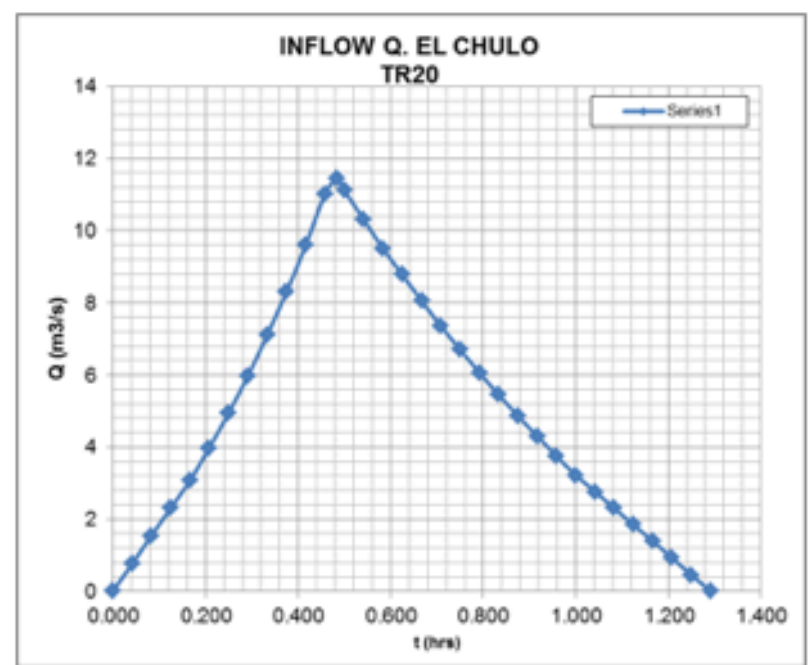
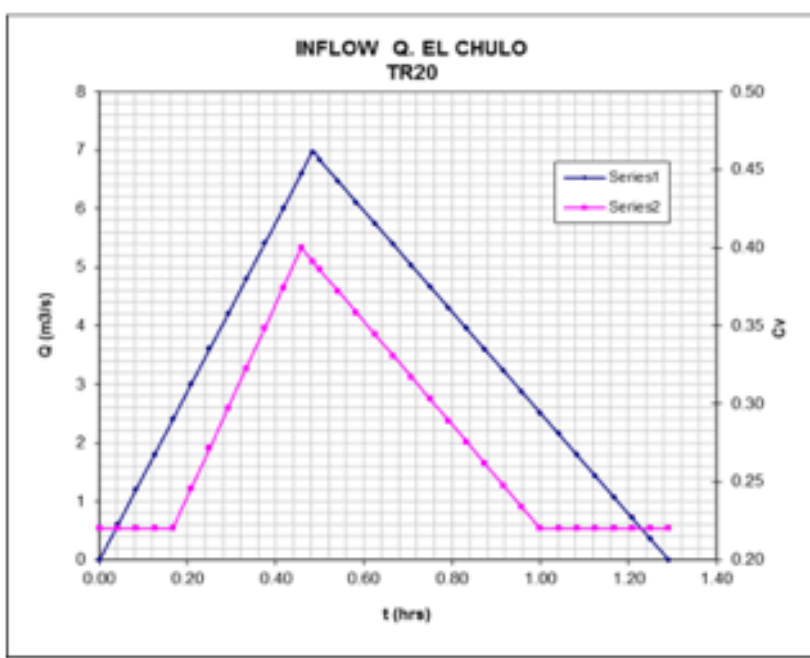
Fuente: Autor

4.2. Quebrada El Chulo

El hidrograma generado por el método de Mockus para la quebrada el Chulo, se ingresó como variable de entrada al programa FLO 2D bajo una grilla de 5 x 5, obteniéndose los hidrogramas para cada periodo de retorno modelado, Gráfico 4.

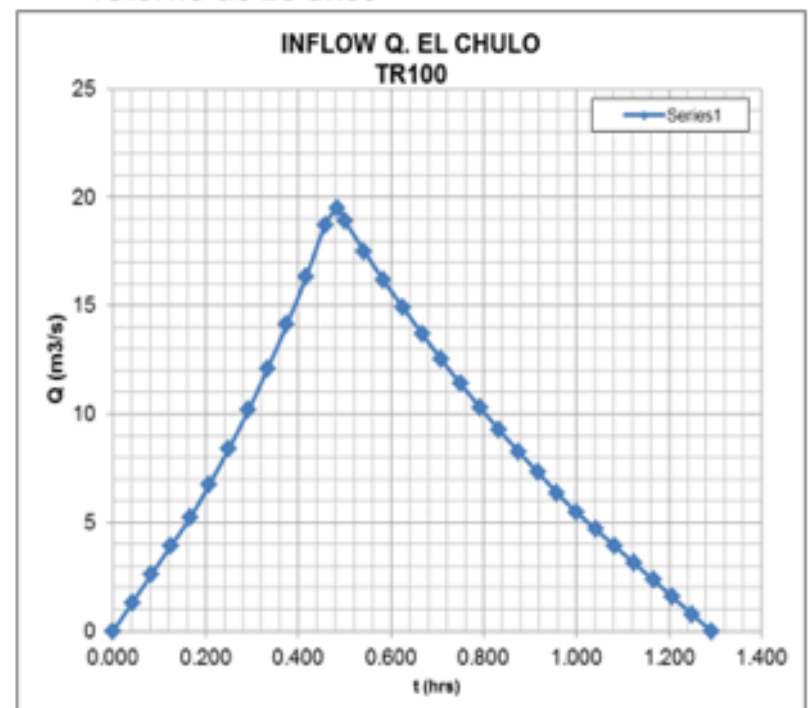
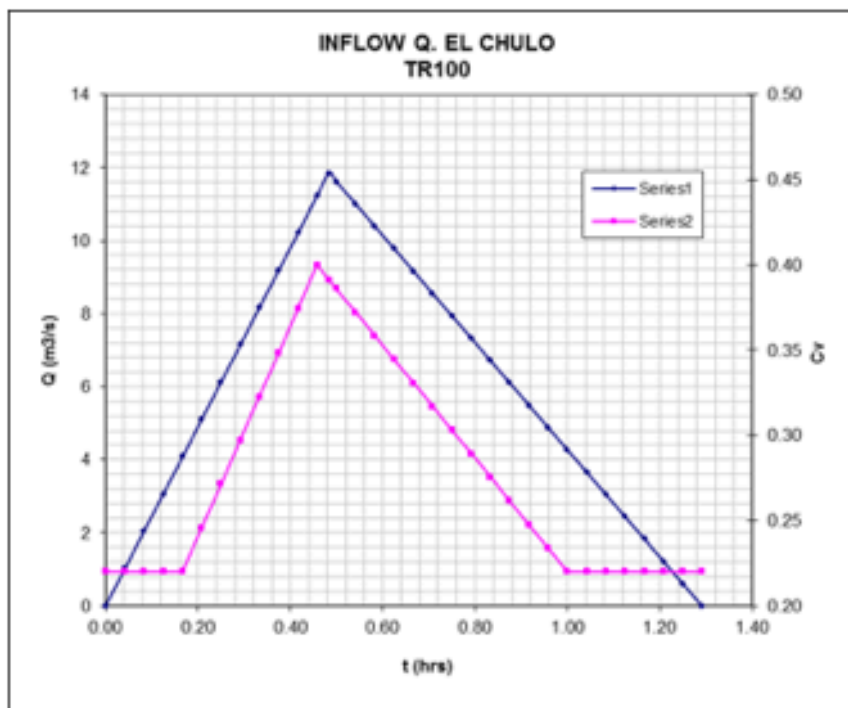
Gráfico 3

Hidrogramas líquidos, sólidos y combinados para la Quebrada El Chulo



a. Hidrogramas líquidos y sólidos para un periodo de retorno de 20 años

b. Hidrograma combinado para un periodo de retorno de 20 años



c. Hidrogramas líquidos y sólidos para un periodo de retorno de 100 años

d. Hidrograma combinado para un periodo de retorno de 100 años

Fuente: Propia

La modelación para un periodo de retorno de 20 y otro de 100 años, permitió la generación de mapas de velocidad de flujo, m/s, altura de flujo, m y zonificación de la amenaza.

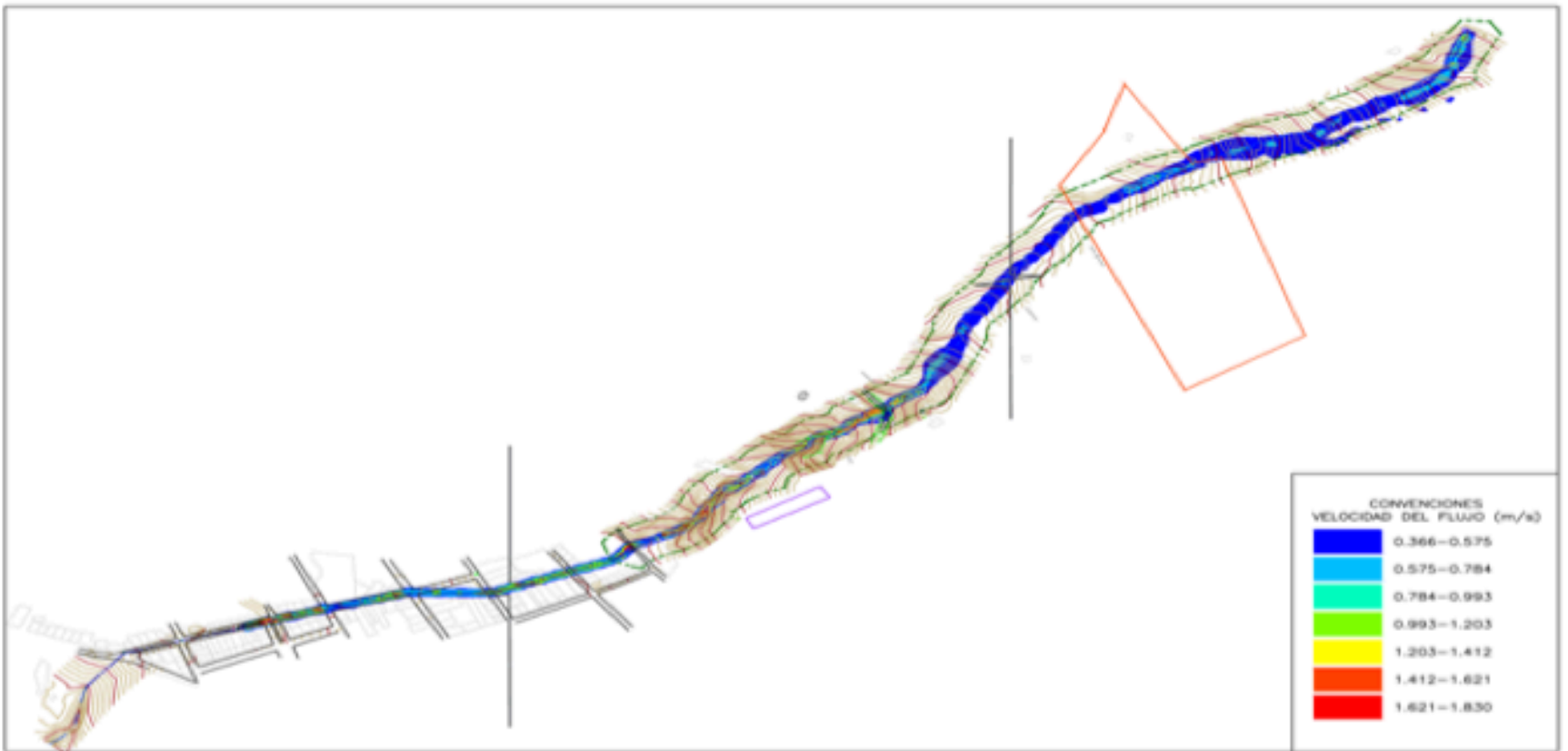
Con base en lo anterior se obtuvieron los resultados plasmados en la Tabla 2.

Tabla 2
Resultados modelación Flo 2D Quebrada El Chulo

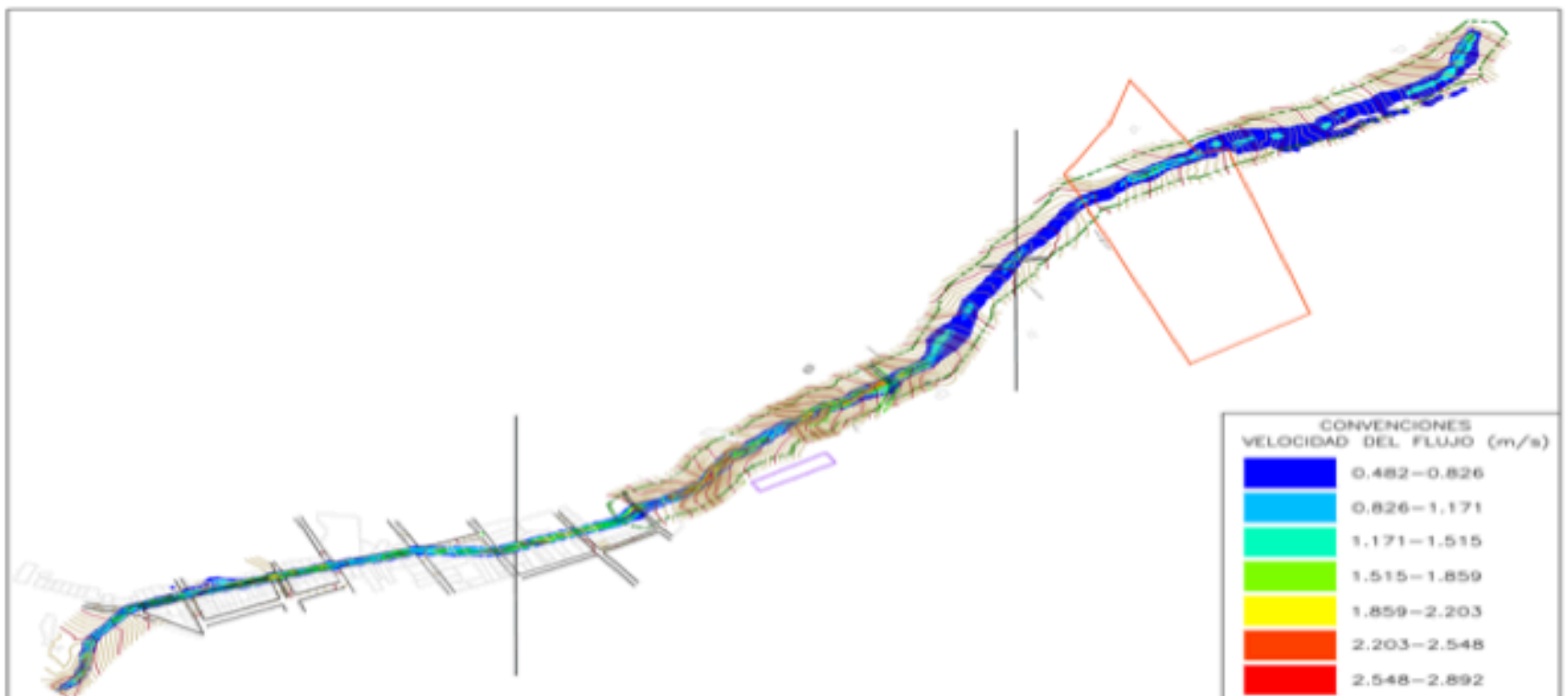
Quebrada	Tiempo de Retorno	Volumen de entrada	Agua + Flujo de lodos/escombros	Área inundada (m ²)
El Chulo	20	16.196,62	23.675,95	59.725,00
	100	27.546,03	40.265,95	88.325,00

Fuente: Propia

Mapa 1
Velocidad de flujo Quebrada El Chulo



a. TR 20 años



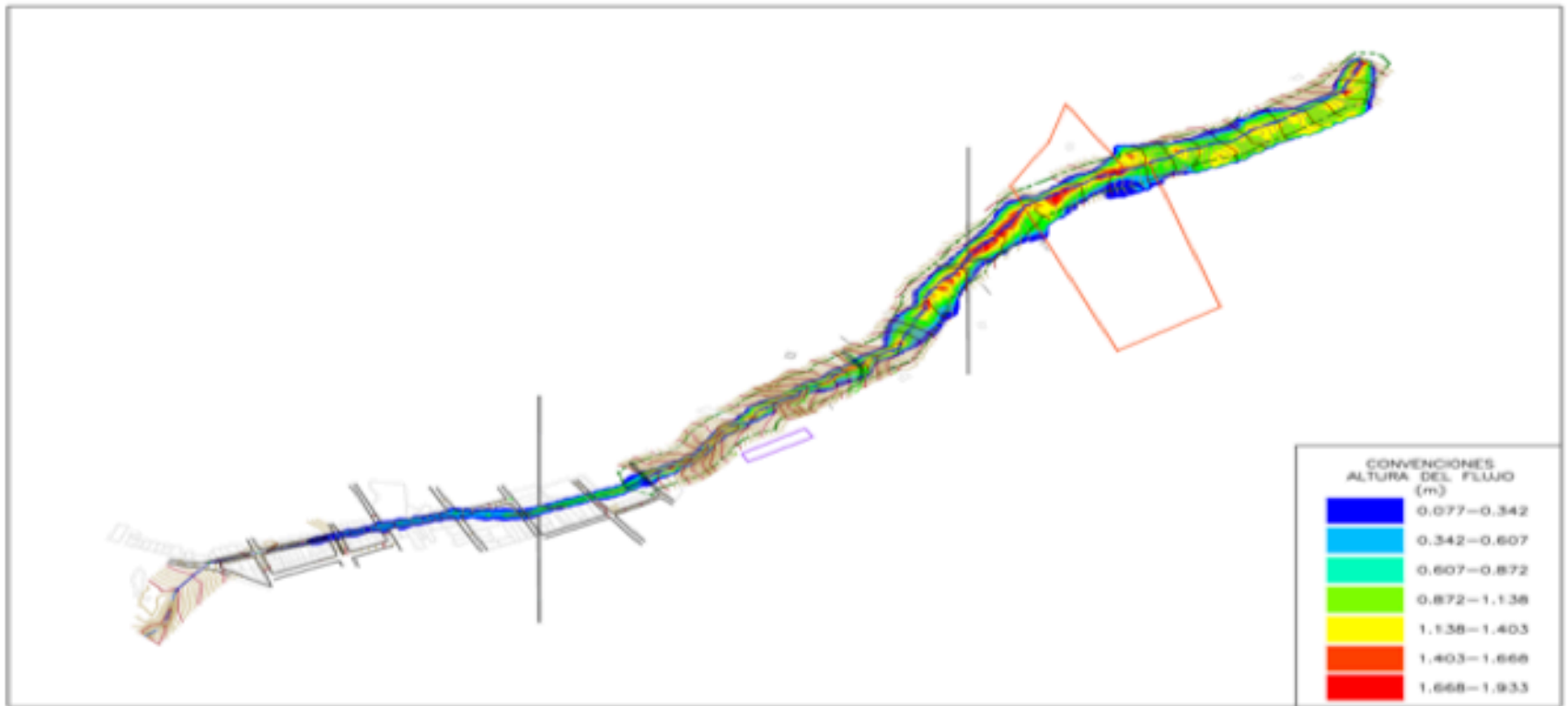
b. TR 100 años

Fuente: Propia

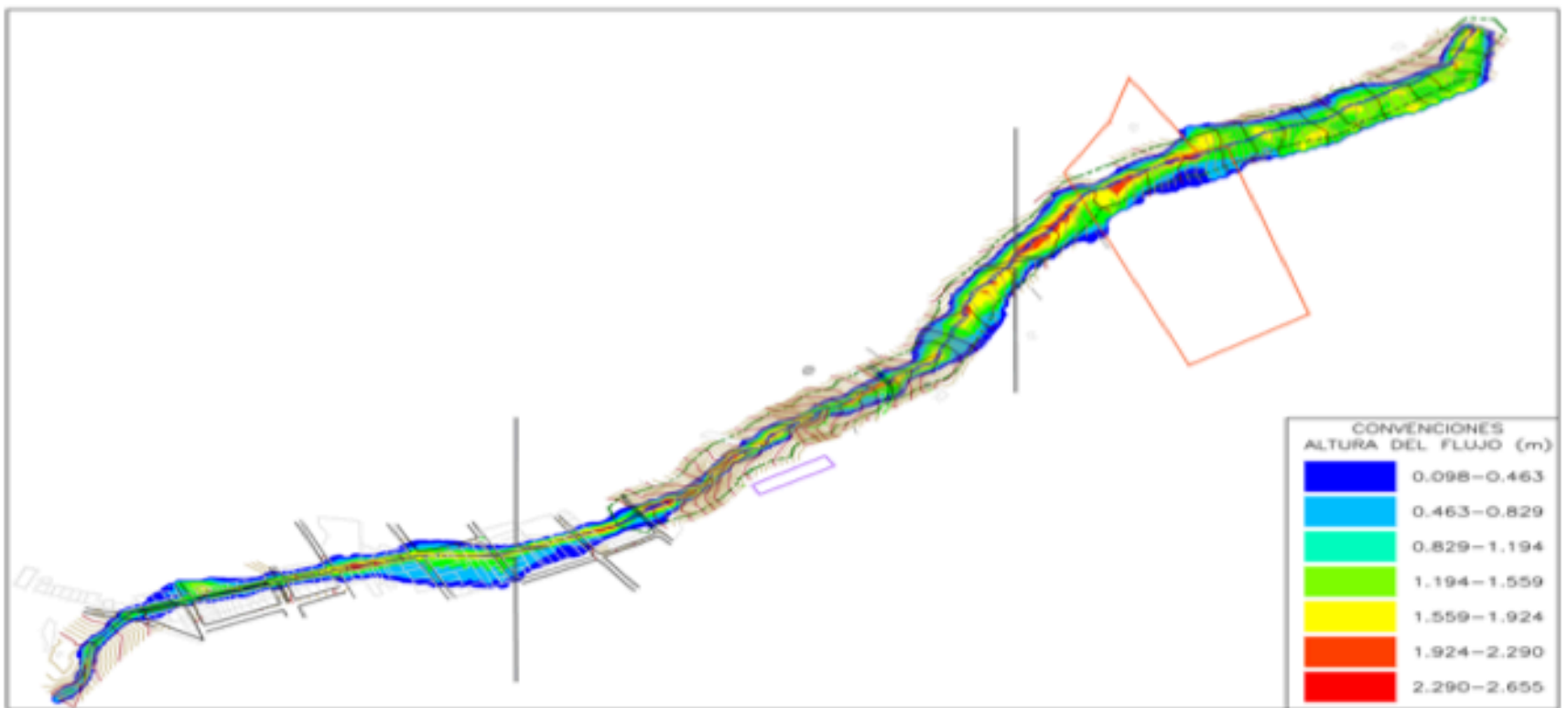
Al comparar el comportamiento de la velocidad de flujo para los tiempos de retorno de 20 y 100 años hacia la parte alta de la Quebrada El Chulo se presenta un aumento del 24% (0,366 y 0,482 m/s) y del 30% (0,575 y 0.826 m/s), entre las velocidades mínima y máxima, respectivamente.

Sobre estas zonas se identifican igualmente alturas de flujo que pueden alcanzar 1,9 y 2,7 m para los tiempos de retorno de 20 y 100 años. Especialmente su distribución es relacionada en el Mapa 2.

Mapa 2
Altura de flujo Quebrada El Chulo TR 20



a. TR 20

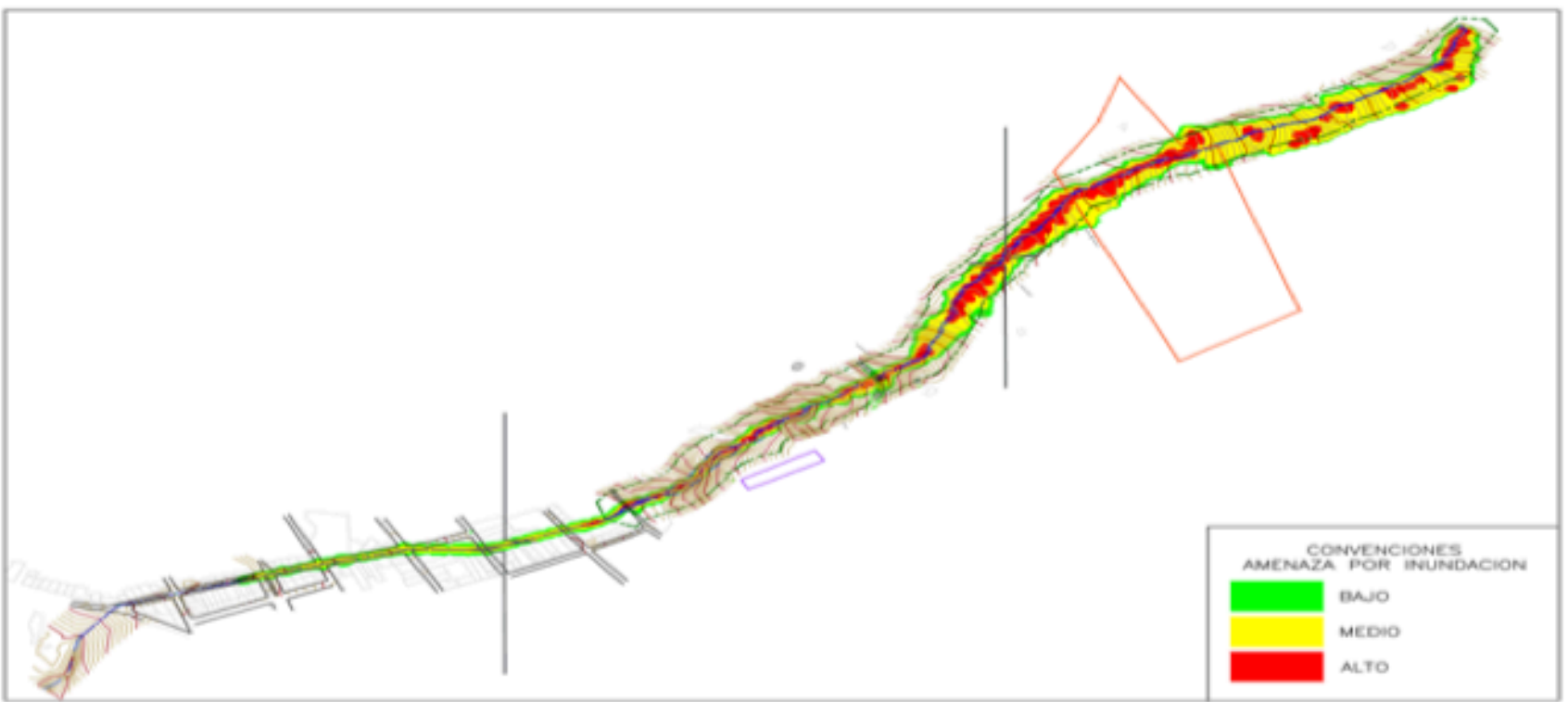


b. TR 100

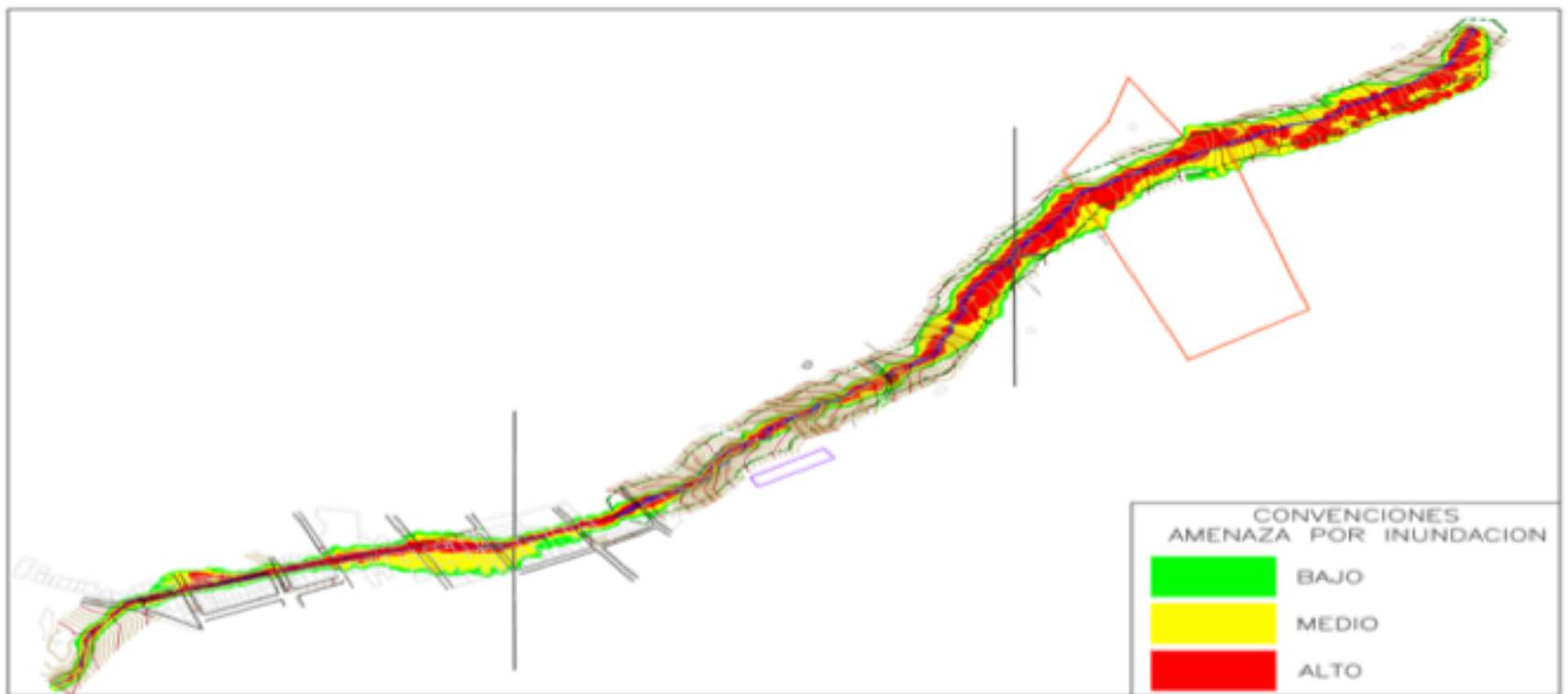
Fuente: Propia

En la Tabla 3, se especifican las áreas según el nivel de amenaza, encontrándose para el TR 20 un área afectada de 123.751 m² y para un TR 100 de 88.340 m². El 50% de la quebrada tiene una condición de amenaza entre media y alta para un TR 20 y mientras que para un TR 100 es de 56%, de esta forma entre los dos periodos se observa un aumento del 46%.

Mapa 3
Amenaza Quebrada El Chulo



a. TR 20



b. TR 100

Fuente: Propia

Con base en lo anterior, es necesario mantener bajo una categoría de protección del cauce una ronda hidráulica mínima de 85 m para un TR de 20 y de 100 m para un TR de 100. Las rondas recomendadas deben ser consideradas al momento de adelantar el ajuste y actualización del respectivo esquema de ordenamiento territorial, en el caso de que se requiera reclasificar el suelo como urbano o de expansión, tal como se establece en el Decreto 1897 de 2014.

Tabla 3

Clasificación del nivel de amenaza asociada a la Quebrada El Chulo

TR	Amenaza		
	Alta	Media	Baja

20	16.165,80	45.709,55	61.875,65
100	35.476,99	33.453,48	19.410,17

Fuente: Propia

La distribución espacial de la amenaza por avenida torrencial asociada a la Quebrada El Chulo para los dos tiempos de retorno, muestra que la parte alta es la que alberga una mayor proporción con áreas en condición de amenaza alta y media, Mapa 3, observándose que se supera considerablemente el cauce natural.

4.3. Quebrada El Tablón

Los resultados generados con la simulación de FLO 2D para la Quebrada El Tablón se relacionan en la Tabla 4.

Tabla 4
Resultados modelación Flo 2D Quebrada El Chulo

Quebrada	Tiempo de Retorno	Volumen de entrada	Agua + Flujo de lodos/escombros	Área inundada (m ²)
El Tablón	20	44.242,71	65.763.31	157.175,00
	100	53.176.53	79.043.06	171.325,00

Fuente: Propia

Los hidrogramas arrojados por el modelo para cada periodo de retorno modelado son los señalados en el Gráfico 5.

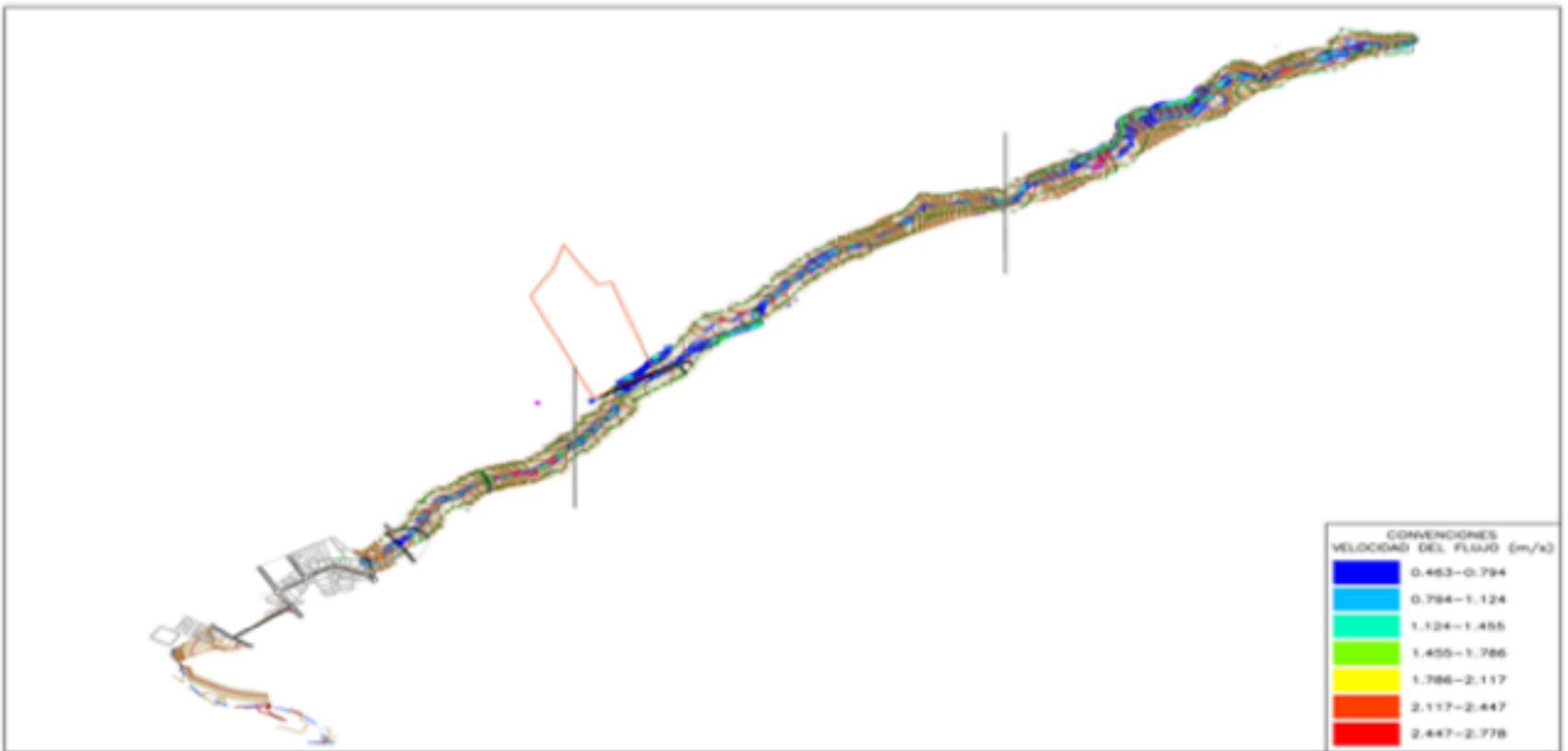
Gráfico 4
Hidrogramas líquidos, sólidos y combinados para la Quebrada El Tablón

Hidrogramas líquidos y sólidos para un periodo de retorno de 20 años	Hidrograma combinado para un periodo de retorno de 20 años
Hidrogramas líquidos y sólidos para un periodo de retorno de 100 años NOTA: La serie 1 corresponde al hidrograma líquido y la serie 2 al hidrograma sólidos.	Hidrograma combinado para un periodo de retorno de 100 años NOTA: Se hace combinación de los dos hidrogramas.

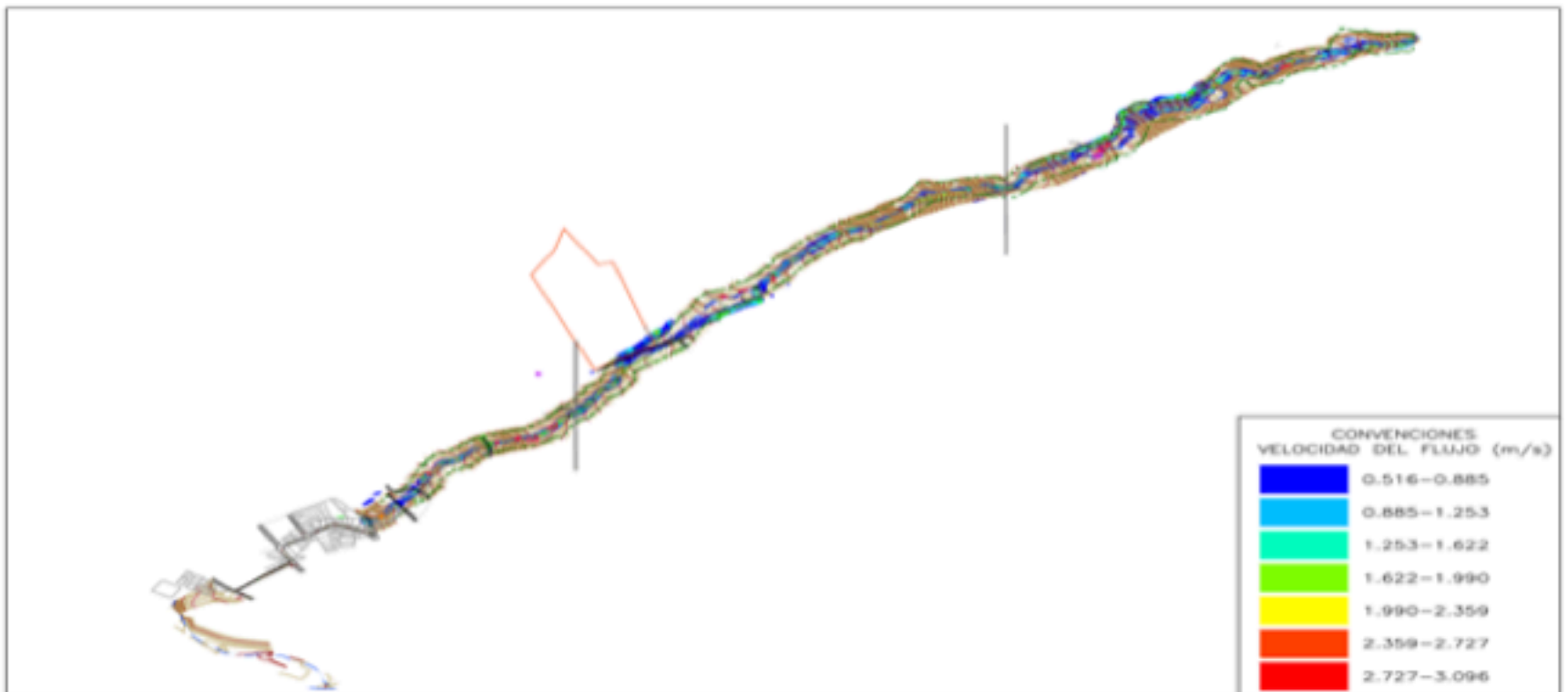
Fuente: Propia

En el Mapa 4, se relaciona por rango de velocidad de flujo del agua sobre la quebrada El Tablón con ocasión de los fenómenos de avenida torrencial, observándose que sobre el cauce predominan velocidades que oscilan entre 0,463 y 0,794 m/s para el TR 20 y entre 0,566 y 0,885 m/s.

Mapa 4
Velocidad de flujo Quebrada EL Tablón



a. TR 20

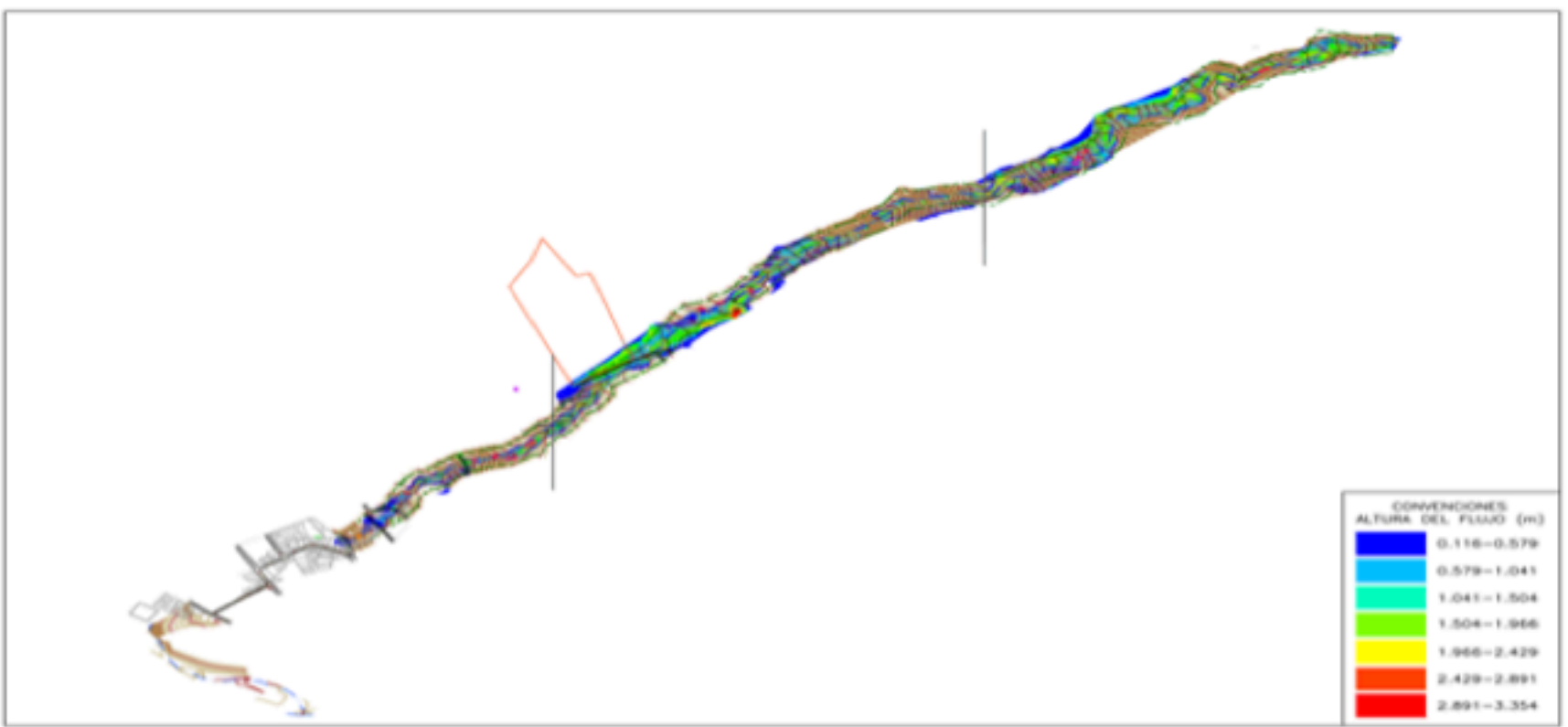


b. TR 100

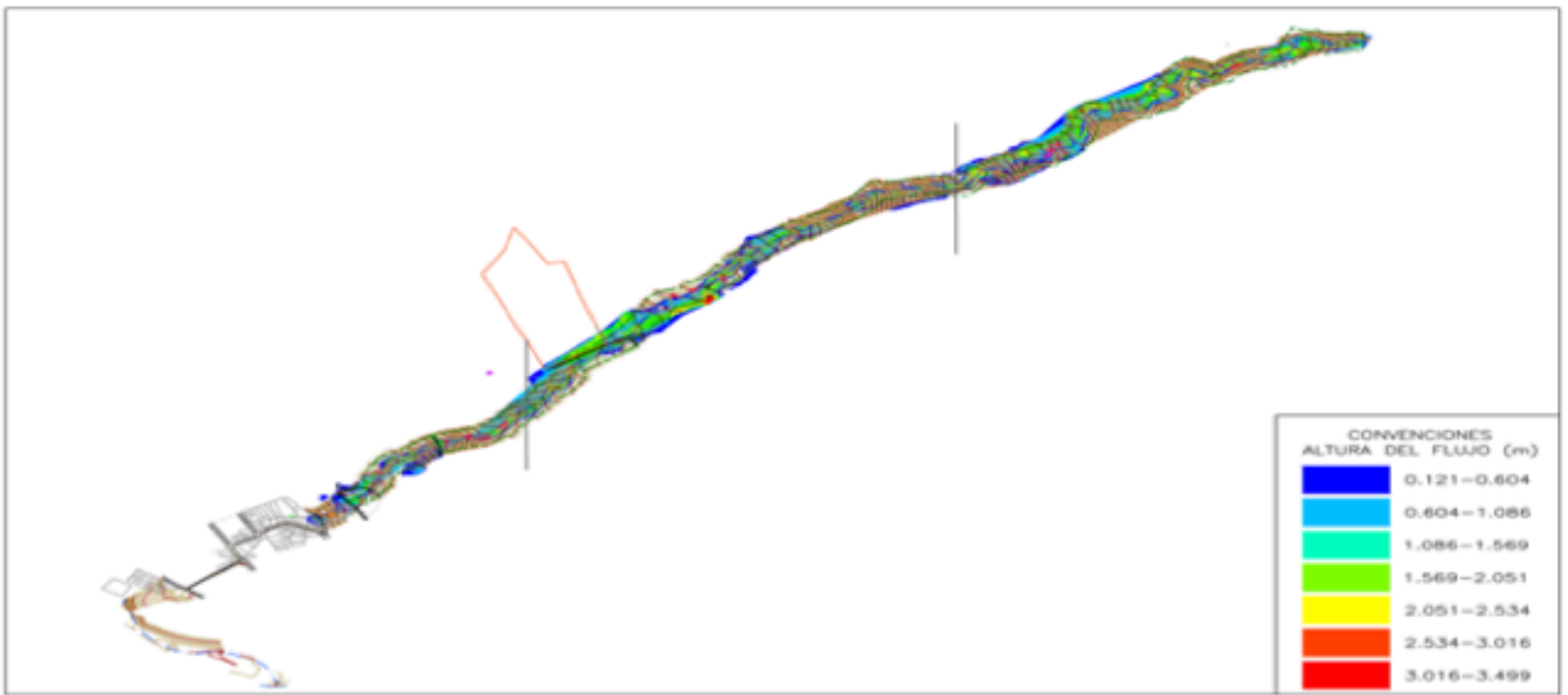
Fuente: Propia

Para los tiempos de retorno modelados predominan alturas máximas por debajo de 1,9 y 2,1 m sobretodo en la parte alta de la Quebrada El Tablón, solo en un punto sobre la parte media de la microcuenca se puede llegar a presentar alturas superiores a 2,9 y 3,0 m.

Mapa 5
Altura de flujo Quebrada El Tablón



a. TR 20



b. TR 100

Fuente: Propia

Tabla 5

Clasificación del nivel de amenaza asociada a la Quebrada El Chulo

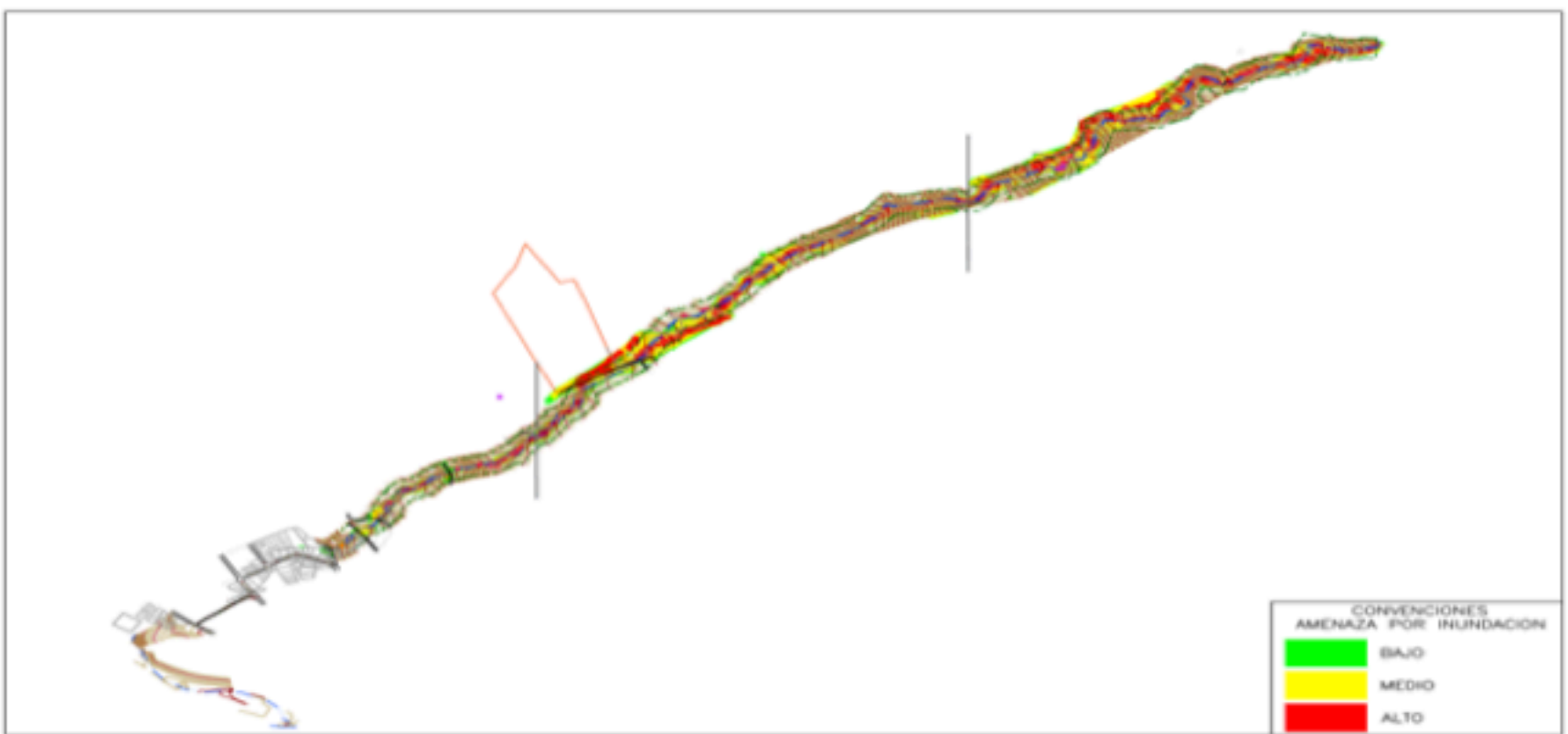
TR	Amenaza		
	Alta	Media	Baja
20	48.140,70	39.274,93	78.549,86
100	59.520,45	40.713,54	33.224,33

La zonificación de la amenaza para un TR de 20 permite estimar que el área de afectación es de 165.965 m² mientras que para el TR 100 es de 133.458 m². El detalle de las áreas por nivel de amenaza, se relaciona en la Tabla 5. En ese sentido, se identifica que el 53 y 75% de las zonas presentan una condición de amenaza, es decir, están catalogadas como de amenaza media y alta.

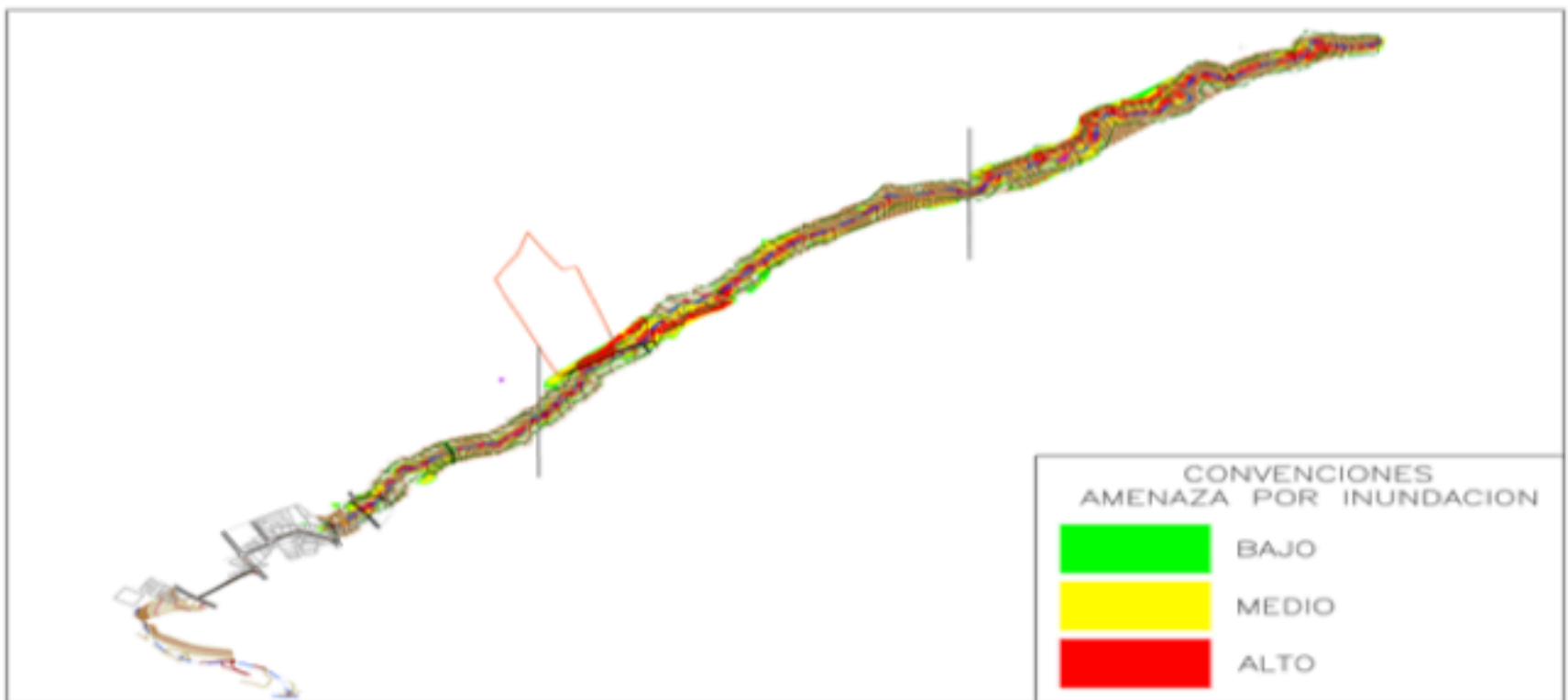
Se debe garantizar una ronda de protección de 160 m para el TR 20 y de 200 m para el TR 100, de tal forma que se evite la ocupación o se adelante la reubicación de la población asentada sobre estas zonas con el fin de evitar futuros eventos de emergencia. La distribución espacial de la amenaza a lo largo de la quebrada es la plasmada en el Mapa 6.

Mapa 6

Amenaza Quebrada EL Tablón



a. TR 20



b. TR 100

Fuente: Propia

5. Conclusiones

Para los tiempos de retorno de 20 y 100 años la quebrada el Chulo alcanzaría velocidades de flujo de hasta 0,48 y 0,83 m/s, mientras que la Quebrada El Tablón se alcanzarían velocidades de 0,79 y 0,88 m/s. Es decir que frente al segundo periodo el flujo aumentaría un 58% y 89%, respectivamente.

La Quebrada El Chulo presenta un área total de afectación para un TR 20 de 123.751 m² y para un TR 100 es de 88.340 m². Es de aclarar que las simulaciones indican que más del 50% de estas áreas están catalogadas con una condición de amenaza media y alta.

Para un TR de 20 el área con algún nivel de amenaza por avenida torrencial para la Quebrada El Tablón es de 165.965 m² mientras que para el TR 100 es de 133.458 m². En el primer tiempo

de retorno se estima que el 53% del área es de amenaza media y alta, en tanto que en el segundo alcanza el 75% del territorio.

Las simulaciones para la Quebrada El Chulo y para la Quebrada El Tablón permitieron identificar que el municipio de Gachetá dentro de sus procesos de ajuste y actualización del Esquema de Ordenamiento Territorial consideren la definición de una zona de protección por avenidas torrenciales de mínimo de 100 y 200 metros de ronda hidráulica, respectivamente.

Referencias bibliográficas

Alcaldia de Gachetá. (2013). *Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. Gachetá*. Gachetá.

Alcaldia de Gachetá. (12 de septiembre de 2017). *Información General del Municipio*. Obtenido de Municipio de Gachetá: http://www.gacheta-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml#geografia

Caballero, J. (2011). Las avenidas torrenciales una amenaza potencial en el Valle de Aburra. *Revista Gestión y Ambiente*,, 45-50. Obtenido de http://www.bdigital.unal.edu.co/6118/1/Gest._y_Amb._Vol.14%2C_no._3.pdf

CONAGUA, C. N. (2011). Manual para el control de inundaciones. México.

Consorcio Geotec Group 2. (2012). *Estudio geotécnico, hidráulico y estructural, y diseño de la solución en las quebradas el Chulo y El Tablón – hidrología e hidráulica*. Gachetá.

Corpoguavio. (2017). *SIG Corpoguavio*. Gachetá.

Cundinamarca, G. d., & Corpoguavio. (2013). *Estudios de delimitación y zonificación de las áreas de amenaza y con condición de riesgo, determinando las medidas específicas para su mitigación en los municipios de Medina, Fómeque, Guasca, Junín, Gachetá, Ubalá, Gama y Gachalá*. Bogotá.

DANE. (15 de septiembre de 2017). *Departamento Administrativo Nacional de Estadística*. Obtenido de Proyecciones de población: <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>

López, J. A., Alcocer, V., Rodríguez, J., & Albornoz, P. (2012). *Modelación hidráulica integral, en dos dimensiones (2D), en zonas urbanas*. Guerrero. Obtenido de https://www.academia.edu/5248299/442ART_LOJA1

Republica, C. d. (2013). Ley 1523.

Territorio, M. d. (2012). Decreto 1807. Parágrafo Artículo 3.

UNGRD, U. N. (2017). *Terminología sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Fenómenos Amenazantes*. Bogotá. Recuperado el 12 de septiembre de 2017

1. Ingeniero Civil Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Especialista en Ingeniería de Pavimentos Universidad Católica de Colombia, Candidato a Magister en Gestión del Riesgo y Desarrollo ESING Bogotá DC, efsierra26@gmail.com

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 39 (Nº 08) Año 2018

[Index]

[En caso de encontrar un error en esta página notificar a webmaster]

©2018. revistaESPACIOS.com • ®Derechos Reservados