

CONTENIDO

1. Resumen
2. Parámetros de Entrada
3. Resultados del Modelo
4. Metodología para la zonificación de amenazas

1. RESUMEN

Se presentan los mapas de zonificación de amenazas por inundación del corredor del río Cauca en su valle alto para períodos de retorno de 30 y 100 años. Estos mapas tienen como insumo principal la modelación hidráulica 1D/2D del río Cauca en su valle alto mediante el software SOBEK 2.14 creado por la firma de ingeniería Deltares de los Países Bajos. El modelo 1D/2D es híbrido, representando el cauce principal del río en 1D y las áreas inundables en 2D.

Este trabajo muestra exclusivamente la amenaza de inundación por **DESBORDAMIENTO** del río Cauca y la parte baja de sus tributarios principales. No se consideran inundaciones por niveles freáticos altos ni aguas pluviales estancadas. Se consideró la amenaza en niveles bajos, medios y altos, analizando la distribución espacial y magnitud de las profundidades y velocidades de inundación. (CVC; Univalle, 2010)

La geometría 2D del modelo está basada en el Modelo Digital de Elevación Lidar con resolución 1 m desarrollado por CVC en el año 2013, mientras que la geometría 1D se basa en el levantamiento topobatemétrico de las 749 secciones transversales a lo largo de 445 km del río, del año 2013. Se realizó la calibración del modelo hidráulico para todo el corredor con el evento de creciente de noviembre-diciembre 2010, mientras que la validación se desarrolló con el evento de creciente de mayo 2017. Se compararon los resultados de niveles, caudales y manchas de inundación modelados con registros de las estaciones de medición sobre el río y áreas inundadas a partir de registros aéreos y satelitales, obteniendo coincidencias satisfactorias.

A continuación, se presentan los parámetros de entrada y las características de los resultados del modelo hidráulico, para la zonificación de la amenaza por inundación.

2. PARÁMETROS DE ENTRADA

2.1 Geometría

Parte 1D

- Archivo de forma (shapefile) para el alineamiento del río Cauca y sus tributarios. Año 2013
- Levantamiento topobatemétrico de 749 secciones transversales del río Cauca sobre una longitud total de 445 km del río Cauca, con separaciones entre 500 m y 1000 m. Año 2012.

Parte 2D

Para el Modelo digital de terreno del modelo hidráulico (geometría 2D), se utilizó el levantamiento inicial con tecnología LiDAR realizado en el **año 2013** ajustado al geoide local GeoValle, 2015 y 1 m de resolución espacial. Para la modelación hidráulica, se remuestrea la superficie a una resolución de píxel **50mx50m**,

FICHA TÉCNICA

Mapas de Zonificación de Amenaza por Inundación para períodos de retorno de 30 y 100 años en el corredor del río Cauca en su Valle alto



siendo éste el tamaño óptimo de celda que equilibra el tiempo de computación del modelo y el detalle necesario para una zonificación adecuada.

Esta topografía se ajusta a las condiciones de diques que existían en el año 2013, siendo la información topográfica más actualizada disponible por la CVC. Con un nuevo levantamiento topográfico, se podrá realizar una actualización de la zonificación de amenazas.

La modelación hidráulica se trabajó en 4 tramos separados (tabla 1), con el objetivo de analizar las inundaciones del corredor por tramos de manera adecuada, y optimizar el tiempo de computación e iteración del modelo:

Tabla 1. Definición de tramos del modelo hidráulico del río Cauca

Tramo	Frontera Aguas Arriba	Frontera Aguas Abajo
1	Salvajina	Aguas abajo río Jamundí
2	Aguas arriba río Jamundí	Aguas abajo río Guachal
3	Aguas arriba río Guachal	Aguas abajo río Bugalagrande
4	Aguas arriba río Bugalagrande	La Virginia

2.2 Parámetros hidráulicos

Rugosidades

En la tabla 2, se presentan las rugosidades utilizadas en el modelo para la parte 1D, correspondiente al cauce principal del río, y la parte 2D correspondiente a las áreas inundables caracterizadas por una cobertura del suelo específica. Estos valores fueron adecuadamente ajustados en los procesos de calibración y validación.

Tabla 2. Rugosidades para el cauce principal del río en 1D

Abscisa	Coefficiente de Manning	Estación de referencia
K1+202 – K20+012	0.045	La Balsa K27+285
K20+568 – K30+418	0.04	
K30+724 - K38+454	0.035	
K39+119 - K53+220	0.035	
K53+442 - K82+573	0.035	La Bolsa K78+551
K83+755 – K104+200	0.035	
K106+738 - K122 + 649	0.042	
K123+104 A K169+271	0.046	Puerto Mallarino K139+970
K169+271 - K199+025	0.041	
K199+025 a K238+844	0.039	Mediacanoa K222+484
K239+822-K338+874	0.04	
K341+640 -K364+550	0.044	Guayabal K349+538
K365+530-K376+552	0.045	La Victoria K 370+273
K377+625-K413+093	0.040	
K413+953-K441+877	0.036	Anacaro K 416+946

Cobertura	n Manning
Tejido urbano continuo	0,013
zonas verdes urbanas	0,05
instalaciones recreativas	0,03
Oleaginosas y leguminosas	0,035
Cultivos permanentes herbáceos	0,04
Cultivos premanentes arbustivos	0,035
Bosque denso	0,1
Bosque abierto	0,06
Arbustal Denso	0,1
Arbustal	0,06
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	0,07

Tabla 3. Rugosidades para coberturas de suelo en 2D

FICHA TÉCNICA

Mapas de Zonificación de Amenaza por Inundación para períodos de retorno de 30 y 100 años en el corredor del río Cauca en su Valle alto



2.3 Hidrología

Con respecto a las **fronteras y datos hidrológicos**, el análisis de frecuencia se realizó con las series de caudales registradas en las estaciones sobre el río Cauca desde Salvajina hasta La Virginia; se adimensionó la creciente presentada en mayo de 2017 para cada estación sobre el río Cauca y se estableció a partir del caudal máximo de cada tributario la hidrógrafa a transitar. El caudal máximo de cada tributario se estableció a partir de los registros históricos, con la finalidad de obtener las crecientes asociadas a los periodos de retorno de 30 y 100 años sobre el río Cauca desde Salvajina hasta La Virginia.

En la tabla 4 se observan los caudales obtenidos en el modelo 1D del río Cauca desde Salvajina hasta La Virginia, los cuales se utilizaron como fronteras de manera que posteriormente tuvieran interacción con el modelo 2D a través de los nodos de cálculo.

Tabla 4. Caudales obtenidos con el modelo 1D para cada estación del río Cauca

Estación	Resultado Modelo 1D - Q (m ³ /s)	
	Tr 30 Años	Tr 100 Años
La Balsa	738	828
Puerto Mallarino	988	1106
Mediacanoa	1063	1178
Guayabal	1332	1523
La Victoria	1331	1522
Anacaro	1478	1681
La Virginia	2209	2553

3. RESULTADOS DEL MODELO

3.1 Niveles, profundidades y velocidades en las áreas de inundación

Los archivos ráster de profundidades (m) y velocidades (m/s), son los resultados del modelo para las áreas de inundación. Éstos describen la magnitud y distribución de los mencionados parámetros para las manchas, y constituyen el principal insumo para la zonificación de amenazas por inundación. La tabla 5 muestra los valores máximos y medios para profundidad y velocidad en el corredor, para las crecientes pico de 30 años y 100 años.

Tabla 5. Valores máximos y medios de profundidades y velocidades en las áreas inundadas

Creciente Parámetro	Tr 30 Años			Tr 100 Años		
	Máx.	Medio	Desv. Est.	Máx.	Medio	Desv. Est.
Profundidad H (m)	7.69	0.67	1.17	8.58	0.78	1.36
Velocidad V (m/s)	2.11	0.13	0.14	2.97	0.14	0.16

FICHA TÉCNICA

Mapas de Zonificación de Amenaza por Inundación para períodos de retorno de 30 y 100 años en el corredor del río Cauca en su Valle alto



4. METODOLOGÍA DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN

La magnitud o intensidad de inundación y su amenaza, representados en el presente mapa, se define con base en la metodología desarrollada por CVC (CVC-Univalle, 2010), mediante los parámetros hidráulicos que definen los flujos de creciente, en este caso las profundidades máximas de inundación H_{max} (m), las velocidades máximas de flujo V_{max} (m/s) y el caudal unitario (m^2/s) que se define como el producto entre la profundidad y velocidad máximas ($H*V$) máx. Se define **amenaza baja** para celdas con profundidades menores a 0,5 metros, además de velocidades menores a 0,5 m/s y producto $H*V$ menor a 0,225. Se define **amenaza media** para celdas con profundidades entre 0,5m y 1,0 m o velocidades entre 0,5m/s y 0,8 m/s o producto $H*V$ entre 0,225 y 0,45. Se define **amenaza alta** para celdas con profundidades mayores a 1,0 m, o velocidades mayores a 0,8 m/s, o producto $H*V$ mayor a 0,45.

La tabla 6 muestra la clasificación del rango de amenazas de acuerdo con los anteriores intervalos establecidos, para períodos de retorno de 10, 30 y 100 años.

Tabla 6. Clasificación de la amenaza por inundación para el corredor del río Cauca

Magnitud de inundación $H(m) - V (m/s) -$ $H*V (m^2/S)$	NIVEL DE AMENAZA	
	Frecuencia de la inundación	
	Media Tr 30	Baja Tr 100
Alta $H \geq 1.0$ ó $V \geq 0.8$ o $H*V \geq 0.45$	Alto	Alto
Media $0.5 < H < 1.0$ o $0.5 \leq V < 0.8$ o $0.225 < H*V < 0.45$	Medio	Medio
Baja $H \leq 0.5$ y $V < 0.5$ y $H*V \leq 0.225$	Bajo	Bajo

Una vez realizado el análisis espacial respectivo para determinar el nivel de amenaza, se procedió a editar el resultado de las áreas sin categoría que estaban en medio de otras, pero seguían un patrón de nivel de amenaza coincidente con la forma del terreno. Sin embargo, persisten algunas áreas sin nivel de amenaza, las cuales deben considerar en el análisis de la toma de decisiones en conjunto con el modelo sin diques, dado que, los diques marginales, tanto al río Cauca como a sus tributarios, son obras de mitigación, no de solución. Dichas obras tienen unos parámetros de diseño y concepción que ofrecen mitigación a los predios, para una creciente que responde a un periodo de retorno específico. En caso de presentarse un nivel superior de agua, es decir, de presentarse un evento que supere las condiciones de diseño de las obras, el agua pasará por encima del dique generando inundación y afectación sobre las áreas mitigadas, las cuales probablemente estarán ocupadas al amparo de las obras.

FICHA TÉCNICA

Mapas de Zonificación de Amenaza por Inundación para períodos de retorno de 30 y 100 años en el corredor del río Cauca en su Valle alto



Por otro lado, también se han considerado en amenaza alta, aquellas áreas que corresponden a las bermas mojadas, según la línea del Acuerdo 052 de 2011 (línea ecosistémica), al considerarse que estas áreas corresponden al cauce artificial de crecientes del río Cauca.