



# ZONAS DE INUNDACIÓN QUEBRADA ZIPACHA, PAMPLONA MEDIANTE SOFTWARE HEC RAS

## FLOODPLAIN "BROKEN ZIPACHA, PAMPLONA", FOLOSIND SOFTWARE-UL HEC RAS

Andres Fernando Berbesi Jaimes<sup>1</sup>, Maria Esther Rivera<sup>2</sup>, Julio Isaac Maldonado Maldonado<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ing. Ambiental, Grupo de Investigaciones Agua, Aire y Suelo (GIAAS), Colombia, [berbesiandres69@hotmail.com](mailto:berbesiandres69@hotmail.com),

<sup>2</sup>Docente, Universidad de Pamplona, Facultad de Arquitectura, Grupo de Investigaciones Agua, Aire y Suelo (GIAAS), Colombia, [maes@unipamplona.edu.co](mailto:maes@unipamplona.edu.co), [jimaldonadom@hotmail.com](mailto:jimaldonadom@hotmail.com)

### RESUMEN

La modelación de fenómenos hidráulicos e hidrológicos es importante en diferentes regiones del mundo, y sobre todo en los cuerpos hídricos cercanos a zonas pobladas, generando la necesidad de estudiar el comportamiento de dichos cuerpos de agua, con el fin de implementar mecanismos base, que a futuro harán parte de los sistemas de alertas tempranas, y evitar la afectación de los habitantes cercanos. Debido a esto se implementó el software HEC\_RAS versión 4.1.0 para modelar las zonas de inundación de la Q. Zipacha, donde levantaron 167 secciones transversales, y utilizaron los coeficientes de Manning, según las condiciones del área y caudales máximos de 1,05 m<sup>3</sup>/s, 0,83 m<sup>3</sup>/s y 0,69 m<sup>3</sup>/s a diferentes periodos de retorno 2, 5 y 10 años respectivamente, dando como resultado zonas inundables con poca consideración grave, presentes en la parte alta-media de la microcuenca Zipacha, esto se debe a las alta presencia de especies vegetales alrededor de dichas secciones, pequeña área de la sección transversal, generando acumulación de agua. En conclusión, los resultados no reflejan un riesgo para la zona de estudio ni para la población que habita en ella, siendo necesaria la vigilancia de estas zonas para evaluar su evolución y no permitir la acumulación de sedimentos de arrastre e incremento del volumen de las zonas inundables en esas zonas.

**Palabras claves:** Hec-Ras, Hidráulica, Hidrología, Planicies de inundación, Periodo de retorno.

### ABSTRACT

The modeling of hydraulic and hydrological phenomena becomes fundamental in the different regions of the world, and where the water networks near populated areas, creating a need to study the behavior of these bodies of water, in order the creation and implementation of basic mechanisms, which will be part of future warning early systems, and avoid further involvement in both the environment and nearby residents. Because of this a valuable tool as it is the software version 4.1.0 HEC\_RAS where cross sections 167 rose, and using data as the different coefficients of Manning, according to the conditions of the area, the types of flows 1.05 m<sup>3</sup>/s, 0.83 m<sup>3</sup>/s and 0.69 m<sup>3</sup>/s with a peak flows at different return periods 2, 5 and 10 years, respectively, which results in few areas floodable, with little serious consideration, present in the upper-middle part of the Zipacha microbasin, this result is due to the high presence of plant species around these sections, which generates this accumulation of water. Overall, the results do not reflect a risk for the study area or for the people living in it, monitoring of these areas still needed to assess its progress and not allow the accumulation of sediment entrainment and increased volume of flood areas in those areas.

**Keywords:** Floodplain, Hec-Ras, Hydraulic, Hydrology, Return time.

## I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día se presentan desastres ocasionados como consecuencia del cambio en el comportamiento del caudal en ríos o quebradas ocasionando desbordamientos e inundaciones. Por lo tanto, esta investigación presenta la aplicación del modelo matemático unidimensional Hec-Ras 4.1.0., software gratuito desarrollado por parte del Cuerpo de Ingenieros de la Armada (US Army Corps of Engineering) en la modelacion de las zonas de inundación de Q. Zipacha, ubicada en la zona suroccidental de Norte de Santander y situada en las coordenadas 7°22'34" latitud Norte y 72°38'54" longitud Oeste, además limita desde el Sur con la vereda Fontibón y en su mayor extensión en la vereda Chichira; por el Norte con las veredas Alcaparral y Naranjo, al Este con el municipio de la Labateca y al Oeste con las veredas Alcaparral, el Escorial y con el casco urbano del municipio de Pamplona (Figura 1).



Figura 1. Localización de la zona de estudio  
Fuente: Google Earth editado por Berbesi, A. 2014

El modelo hidráulico de Hec Ras, es ampliamente utilizado en Colombia para realizar la modelación hidráulica de canales naturales y artificiales bajo condiciones de flujo permanente mixto y no permanente y regímenes supercrítico, subcritico y mixto (CDMB, 2005 Universidad del Norte, 2003, Martinez, 2000 citados por Rodríguez S, Adolfo et al, 2007). Al ser Hec Ras un modelo unidimensional no contempla interacciones de la masa de agua con zonas de almacenamiento lateral siendo una limitación cuando se cuenta con zonas de inundación grandes según Rodríguez S, Adolfo et al (2007).

Una extensión para su uso con ArcGis es el Hec GeoRas (Enviromental Systems research Institute, 2000), el cual proporciona un conjunto de procedimientos, herramientas y utilidades para la preparación de datos de SIG e importarlos en el RAS. Este proceso crea las zonas de inundación para cada perfil, es decir, para los caudales de cada periodo de retorno que representan cada mes (Sánchez Dams, 2013). Esta herramienta genera los resultados finales en donde se visualiza la mancha de agua, las superficies de inundación para cada periodo de retorno establecido (US Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering 2008) los niveles de agua, grids de profundidad, etc., y se pueden representar en el DEM siendo posible determinar los límites de las áreas de inundación, calcular las áreas de inundaciones y de esta manera determinar el cauce natural (Gelves Diaz John Freddy, Sanchez Molina Jorge, 2012).

El objetivo de la presente investigación es modelar hidráulicamente las zonas de inundación de la quebrada Zipacha, Pamplona- Colombia, utilizando la herraamienta SIG el ArcGis 10.2 (ESRI



2004), por su conjunto amplio de funcionalidades y además las últimas versiones de las herramientas Hec-GeoRAS 4.2 y Hec-GeoHMS 4.2.

A nivel internacional el tratamiento de este tipo de problema se está llevando a cabo con la aplicación de tecnologías computacionales, tales como los sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA), los software de la familia HEC (Hydrologic Engineering Center), el SWMM (Modelo de Gestión de Tormentas de Agua) y el SWM (Modelo de cuenca Stanford), con el apoyo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Toriman y Mazlin 2002 citados Garrido M, et al., 2013).

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

En la aplicación del modelo Hec-Ras, se tuvo en cuenta los siguientes pasos: 1. Levantamiento de secciones transversales, parámetros hidráulicos como: coeficientes de rugosidad de Manning para el canal y planicies de inundaciones, caudales máximos por el método de Número de curva y fórmula de Kresnik 2. Creación del modelo digital de terreno o elevación (DEM) mediante las herramientas del software ArcGIS, la extensión HECGeoRAS, y un archivo de importación para HECRAS. 3. Se aplicó la modelización del flujo permanente con el modelo HEC-RAS 4.1.0

Los caudales máximos para la quebrada Zipacha se realizaron por dos diferentes métodos. En primera instancia se hizo una revisión de los diferentes autores y teorías, teniendo en cuenta factores como porcentaje de cobertura vegetal, textura de suelo, pendientes, intensidades máximas entre otros, lo cual arrojó estos métodos: método del número de curva y método de Kresnik (Villon B, M 2004). El Método número de curva fue realizado por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS), dentro de sus aplicaciones esta la determinación de escurrimientos para la modelaciones hidráulicas con respecto a zonas de inundación, se puede obtener mediante la ecuación 1

$$Q_{max} = q * Q * A \quad (1).$$

Donde,  $Q_{max}$  - caudal máximo  $m^3/s$ ,  $q$ - gasto unitario,  $m^3/seg/mm/Km^2$ .  $Q$ - escorrentía  $mm$  y  $A$ - área de la cuenca  $Km^2$ .

Para el cálculo de la escorrentía se aplica la ecuación 2.

$$Q = \frac{[N(P+50,8)-5080]^2}{N[N(P-203,2)+20320]} \quad (2).$$

Donde,  $Q$  - escorrentía  $mm$ ,  $P$  - lluvia de una determinada duración y periodo de retorno  $mm$  y  $N$  - número de curva.

Además este método tiene en cuenta factores como condición hidrológica, grupo hidrológico del suelo, usos de la tierra y tratamiento, condición de humedad antecedente la cual está regida por las siguientes dos fórmulas Ecuación 3 y ecuación 4 para los numero de curvas equivalente.

$$CN_I = \frac{4,2 CN_{II}}{10-0,058 CN_{II}} \quad (3).$$

$$CN_{III} = \frac{23 CN_{II}}{10+0,13 CN_{II}} \quad (4).$$

Fórmula de Kresnik plantea para el cálculo del caudal máximo la ecuación 5:

$$Q = \alpha \frac{31A}{(0,5+\sqrt{A})} \quad (5).$$

Donde,  $Q$  -caudal máximo  $m^3/seg$ ,  $\alpha$  - coeficiente variable 0,03 y 1,61, y  $A$  - área de la cuenca  $Km^2$ .



**III. RESULTADOS**

En la tabla 1 se observa la quebrada Zipacha, la cual presenta las características físicas morfológicas, indicando que es una microcuenca, presentando una forma de Oval redonda a oval oblonga (coeficiente de forma o Gravelius = 1,4), presentando riesgos torrenciales, así mismo una pendiente media de 42,2 %, lo cual indica que es terreno fuertemente escarpado, Según Monsalve, G. (1995), la microcuenca Q. Zipacha es una zona excepcionalmente drenada con un tiempo de concentración rápido.

Tabla 1. Características morfométricas de la quebrada Zipacha

<i>PARAMETROS</i>	<i>RESULTADOS</i>
Area de la cuenca (Km <sup>2</sup> )	3,36541
Longitud axial (Km)	3,8
Longitud del cauce principal (Km)	4,033
Ancho promedio (Km)	0,88
Coefficiente de compacidad	1,4
Factor de forma de Horton	0,23
Pendiente media de la cauce	0,6
Pendiente media de la cuenca %	42,2
Densidad de drenaje	1,45

Fuente: Elaboración propia

La zona de estudio no refleja un caudal de gran capacidad, el cual es de 1.648 L/s, sus tributarios en la parte alta se caracterizan más por presentar un comportamiento de drenaje y un caudal bajo, además en épocas de estiaje se presenta una disminución considerable de los niveles en las láminas de aguas, en el cauce principales se manejan mayores caudales con caídas bastante pronunciadas, en general la micro cuenca Q. Zipacha presenta variedad de caudales desde 0,08-5,06 L/s. Inicialmente según el porcentaje de cobertura vegetal es de 97% indicando una condición buena de la zona, posteriormente se determinó el grupo hidrológico con ayuda del Plan básico de Ordenamiento Territorial de Pamplona suministrado por la Alcaldía de Pamplona donde se especifica que en la mayoría de la microcuenca se presenta suelo con textura franco arcillo arenosa, con un escurrimiento difuso en grado ligero con lo cual se establece un tipo de suelo tipo B con tasas de infiltración moderadas.

Posteriormente con ayuda del gasto unitario, el cual está relacionado con el tiempo de concentración de la zona y con el cálculo de escurrimiento y las curvas idf se determina el caudal máximo (ver tabla 2)

Tabla 2. Caudales máximos de la zona de estudio

<i>PERIODO DE RETORNO TR (AÑOS)</i>	<i>KRESNIK</i>	<i>NUMERO DE CURVA(NC)</i>	<i>PROMEDIO ( M<sup>3</sup>/S)</i>
2	1,85	0,26	1,05
5	1,61	0,04	0,83
10	1,38	0,0000395	0,69

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la modelación hidráulica se obtuvieron que la sección 2752 de Q. Zipacha presentó tres niveles de lámina de agua a periodos de retorno de 2, 5 y 10 años evidenciando que la inundación se producirá a los dos años con un caudal de 1,05 m<sup>3</sup>/s, en una llanura de

inundación mayor de un metro en el perfil derecho de la sección y en la sección 2753 presenta una zona de inundación en los dos perfiles. Las secciones 2625 y 2615 presentan inundaciones con los tres tiempos de retorno y sus caudales máximos, generados por la pequeña área que manejan estas secciones, además en la intersección de este tramo con el segundo nacimiento del esta zona se evidencia otra zona demarcada por las inundaciones (secciones 2578, 2571 y 2567), las dos primeras presentando inundación en los tres periodos de retorno y en la última con solo 2 años de periodo de retorno (Tr). Por último, el segundo brazo principal presenta una secuencia de secciones con los problemas de inundación corroborando que en la zona las dimensiones de las secciones son pequeñas y no logran soportar el aumento en el caudal que circula en esta zona siendo estas las siguientes secciones: 2508,33, 2496,66, 2476,4, 2467,8, 2459,2, 2442.

La cuenca presenta ciertos tramos (Figura 2), los cuales en tamaño no son significantes para generar un riesgo potencial en la zona, además las geometrías de las secciones en estas zonas son mínimas y presentan abundancia en vegetación lo que puede ser un factor incidente en la generación de las zonas de inundación.

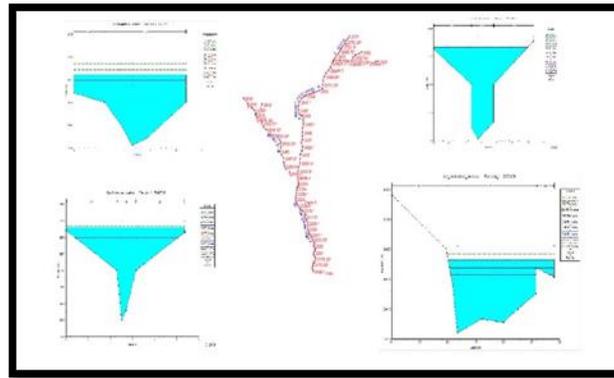


Figura 2 . Secciones transversales de la zona de estudio en Hec Ras  
Fuente: *Elaboración propia*

Por ultimo en la Figura 3 se observan las planicies de inundacion de la zona de estudio

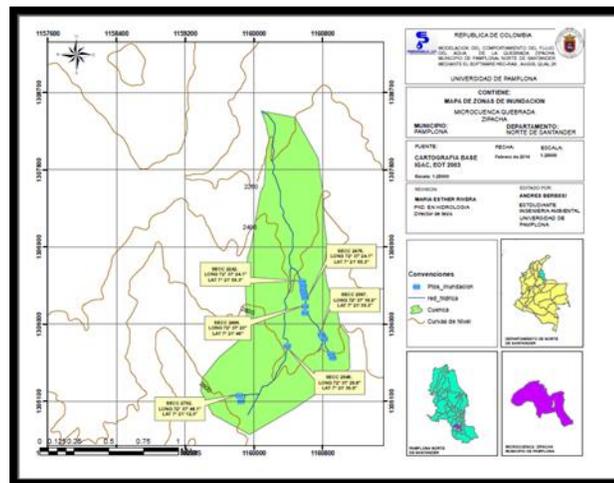


Figura 3. Zonas de inundacion Quebrada Zipacha  
Fuente: *Elaboración propia*



## CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo permiten establecer que la quebrada Zipacha presentan 10 secciones de zonas de inundaciones, esto se debe a que las secciones transversales presentan dimensiones relativamente de tamaño pequeño, en su tramo principal no se generan inundaciones por poseer secciones más amplias en longitud como en altura.

## REFERENCIAS

- Corporación Defensa Meseta de Bucaramanga (CDMB, 2005) Diagnóstico Amenazas de inundación y erosión en el río de Oro. Geotecnología Ltda.
- Sanchez Dams (2013). "Estado del arte del desarrollo de sistemas embebidos desde una perspectiva integrada entre el hardware y software". RCTA, ISSN 1692-7257 v.2 p.98 – 105.
- Garrido Monagas, M et al. 2013. Sistema automatizado de alerta temprana ante el peligro de inundaciones. Revista INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL, VOL. XXXIV, No. 3, Sep-Dic 2013, p. 30-43.
- Gelves Diaz John Freddy, Sanchez Molina Jorge. (2012). "Implementación de un sistema tipo SCADA para mejorar los procesos de secado y cocción de la ladrillera sigma LTDA". RCTA, ISSN 1692-7257, v.2 fasc.20 p.80 - 85 ,2012.
- Martinez O, 2000. Aplicacion del mdoelo HEC RAS. Trabajo no publicado Especialización en Recurso Hidráulicos. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Checa Rojas Diego, Rojas Alvarado Oscar. (2014). Ontología para los sistemas holónicos de manufactura basados en la unidad de producción. RCTA, ISSN 1692-7257 vol. 1, núm. 23.
- Torres Quintero., E González Naranjo, E. Aplicación del modelo de simulación hidráulica Hec-Ras para la emisión de pronósticos hidrológicos de inundaciones en tiempo real, en la cuenca media del río Bogotá - sector Alicachin. Disponible en [www.unilibre.edu.co/.../articulos/aplicación-del-modelo-de-simulacion-h...](http://www.unilibre.edu.co/.../articulos/aplicación-del-modelo-de-simulacion-h...)
- US Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center. 2008. HEC-RAS, River Analysis System. Hydraulic Reference Manual, Versión 4.0.
- Villon Billon, M. 2004. Hidrología. Costa Rica. p. 242- 304