

MODELO HIDROLÓGICO – HIDRÁULICO PARA EL SISTEMA FLUVIAL “CHONE”.

Dr. Ing. Eric Cabrera Estupiñán¹, Dr. Ing. Ramón Pérez Leira², Ing. Carlos Manuel Estrella Paredes³, Dr. Herman Billy Loján Maldonado⁴.

1. Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, ULEAM, extensión Chone, Ecuador. Email: ecabrerae@gmail.com
2. Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, ULEAM, extensión Chone, Ecuador. Email: rperezleira@gmail.com
3. Instituto Geográfico Militar IGM. Quito, Ecuador. Email: carlos.estrella@mail.igm.gob.ec
4. Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, ULEAM, extensión Chone, Ecuador. Email: billylojan@hotmail.com

Introducción

La ciudad de Chone, ubicada en la zona central de la provincia Manabí en el Ecuador, ha sido víctima de frecuentes inundaciones que se suceden en las épocas de invierno fundamentalmente. Se tienen registros de la ocurrencia de cerca de 200 inundaciones en los últimos 35 años (Gil et al, 2005). Este fenómeno ocurre debido a que la ciudad se encuentra ubicada aguas abajo de la confluencia de tres ríos que posteriormente conforman el río Chone, estos son 1-Río Grande, 2- Garrapata y 3- Mosquito. En esta zona, los ríos fluyen sobre una extensa llanura aluvial formando una serie de meandros con los bordes de los cauces más elevados que los terrenos adyacentes y con pendientes que disminuyen progresivamente aguas abajo. Por otra parte el promedio de precipitación anual en esta región asciende a unos 1260 mm (un valor considerable) y se concentra en unos pocos meses, (Gil et al, 2005). Para agravar aún más esta situación la ciudad presenta serios problemas en su red de alcantarillado pluvial lo cual se traduce en grandes inundaciones.

En el año 2008 el Instituto Nacional de Meteorología e hidrología – INAMHI realiza un estudio hidrológico para el análisis de inundaciones en la cuenca alta del río Chone (INAMHI, 2008). Este estudio es parte del proyecto “Sistema de Alerta Temprana de control de inundaciones en la cuenca del río Chone del Ecuador”. Dicho proyecto concluyó con la obtención de un mapa de peligros por inundaciones para la zona hacia aguas arriba de la ciudad de Chone, (cuenca alta del río Chone), además propuso una idea de Sistema de Alerta Temprana para minimizar el impacto de las inundaciones producidas por los ríos Garrapata, Mosquito y Grande (cuenca alta del río Chone) en las comunidades adyacentes a los ríos y la ciudad de Chone. Adicionalmente se sugieren un grupo de acciones que persiguen este mismo objetivo. Dicho SAT no se ha llevado a cabo y desafortunadamente no se cuenta con los principales resultados de este proyecto.

En la actualidad existen un grupo de obras realizadas y en proyectos para ejecución que modifican la dinámica del Sistema hidrológico concebido en el estudio del 2008. Estas son:

- 1- Un embalse que se construye en la cuenca del Río Grande, que constituye parte del llamado Multipropósito Chone y que tendrá un efecto regulador en los caudales generados por la subcuenca Río Grande, además de ser empleado para abastecer de agua a un plan agrícola de 2500 ha bajo riego y abasto de agua a la población.
- 2- El canal de San Antonio, perimetral a la ciudad construido para evacuar parte del agua de las crecidas.
- 3- La existencia de un nuevo proyecto de alcantarillado pluvial para la ciudad de Chone.

Bajo estas nuevas condiciones y los escenarios que de ellas se pueden generar, no se conoce cuál será la respuesta del Río Chone ante diferentes eventos hidrometeorológicos. Entiéndase “Respuesta del Río Chone” por: 1- Niveles del agua alcanzados en cualquier sección transversal del río. 2- Mapa de área inundada en un tramo del río para dichos niveles. 3- Tiempo en que se genera el caudal máximo o pico y por lo tanto el máximo nivel de agua para una sección transversal determinada.

Por tal motivo el trabajo se plantea como objetivo evaluar la respuesta del río Chone en la zona urbana y aguas arriba de la confluencia de los tres ríos ante diferentes eventos hidrometeorológicos teniendo en cuenta las nuevas obras.

Materiales y métodos

Para lograr el objetivo planteado se crea un modelo hidrológico-hidráulico vinculado con Sistemas de Información Geográfica y cartografía digital detallada de la zona de estudio, siguiéndose la siguiente metodología:

- Obtención y procesamiento de la base de datos (espacial y de atributos) y alfanumérica necesaria para la creación de la base informativa que sustentará a los modelos.
- Realización de un estudio hidrológico actualizado de las cuencas hidrográficas que aportan al río Chone.
- Creación de un modelo hidrológico actualizado de las cuencas hidrográficas que aportan al río Chone.
- Creación de un modelo hidráulico del río Chone para transitar diferentes escenarios de avenidas.

Se aplicará el modelo hidrológico HEC-HMS, el modelo hidráulico HEC-RAS y sus herramientas asociadas HEC-GeoHMS y HEC-GeoRAS.

Modelo HEC-HMS: Es un modelo matemático que simula el proceso de lluvia – escurrimiento en cuencas hidrográficas. Su diseño permite modelar un amplio grupo de regiones geográficas con lo cual es capaz de resolver un amplio rango de problemas, relacionados con el suministro de agua en la cuenca, análisis hidrológico de inundaciones y escurrimiento en pequeñas cuencas urbanas o grandes cuencas sin intervención. Los hidrógrafos producidos por el programa son usados directamente o en unión con otros programas para estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, pronóstico de flujo, impacto de futuras urbanizaciones, diseño de aliviaderos de presas, reducción de daños por inundaciones, regulación de llanuras de inundación y operación de sistemas, ver (HEC, 2013).

Extensión HEC-GeoHMS: Es una extensión de dominio público del Sistema de Información Geográfica ArcGIS, que constituye una caja de herramientas hidrológica geoespacial con la que es posible visualizar información espacial, realizar análisis espacial, crear cuencas y subcuencas con sus sistemas fluviales correspondientes y crear la información de carácter espacial de las cuencas para los modelos hidrológicos. Mediante HEC-GeoHMS el usuario puede crear de forma fácil y eficiente la información hidrológica de carácter espacial necesaria para emplear el modelo HEC-HMS, ver (Merwade, 2012).

Modelo HEC-RAS: Contiene cuatro componentes de análisis hidráulico unidimensional en conducciones libres: 1- Cálculo del perfil de superficie del agua en régimen permanente. 2- Simulación del flujo impermanente en conducciones libres. 3- Cálculo del transporte de sedimento con frontera móvil y finalmente 4- Análisis de calidad del agua. Es un sistema integrado de programas diseñado para uso interactivo con ambiente multi-uso en red. Posee una buena interfaz gráfica de usuario, componentes de análisis hidráulico, almacenamiento de datos y capacidades de manejo, facilidades gráficas 2 y 3D y facilidades para reportes de resultados, ver (HEC, 2010), (Kute et al, 2014).

Extensión HEC-GeoRAS: Es un paquete de procedimientos y herramientas para el procesamiento de datos geoespaciales en ArcGIS. La interfaz gráfica de usuarios permite la preparación de los datos geométricos necesarios para el modelo HEC-RAS y procesa los resultados de las simulaciones exportados desde HEC-RAS. Para crear el archivo de entrada debe tenerse un modelo digital del terreno (DTM) del sistema fluvial en formato TIN de ArcInfo, ver (HEC, 2009).

Se empleó un modelo digital del terreno con resolución de 4 m. Este modelo es producido por el Instituto Geográfico Militar IGM, ubicado en Quito, Ecuador.

Resultados y discusión

Con el estudio hidrológico se tiene un conocimiento actualizado del régimen pluviométrico de la zona, los caudales máximos referidos a diferentes períodos de retorno y se realizará la propuesta de generación de tormentas sintéticas. El modelo hidrológico permitirá determinar las respuestas de la cuenca (hidrogramas) ante diferentes escenarios; este modelo incluirá el embalse y sus datos asociados, obras de conducción, canal de San Antonio, etc. El modelo hidráulico utiliza los hidrogramas obtenidos anteriormente y con este se evaluarán las respuestas del río. Ambos modelos serán calibrados.

Con los modelos creados se podrán evaluar diversos escenarios hidrometeorológicos, por ejemplo: Efecto de fenómenos extremos como “El niño”, efecto hidrológico e hidráulico de una intervención (reforestación) de las cuencas hidrográficas, variantes de manejo del embalse, posible rotura del embalse, combinación de aportes de las tres cuencas, posibilidades reales de control de inundaciones con las obras actuales y evaluación de posibles nuevas obras vinculadas a escenarios adversos.

Los resultados aquí obtenidos serán la base para analizar replantear un sistema de alerta temprana para Chone, para la realización de un proyecto de evaluación de daños producidos por estas inundaciones y realizar un estudio de transporte de sedimentos en el río.

Conclusiones

Se crean modelos hidrológicos e hidráulicos actualizados de las cuencas hidrográficas que aportan al río Chone con el empleo de los programas HEC-HMS y HEC-RAS, los que permiten evaluar un elevado número de escenarios hidrometeorológicos y por lo tanto obtener las respuestas del río Chone en diferentes secciones transversales así como mapas de inundación para diferentes períodos de retorno y tiempo de respuesta del sistema ante escenarios de crecidas máximas.

Referencias bibliográficas

- Gil, V. y C. Varela y G. Mardones** (2005). “Gestión integral de riesgo por inundaciones: Caso de estudio ciudad de Chone”. *XXXIII Curso Internacional de Geografía Aplicada: Geografía y Riesgos ambientales. CEPEIGE 2005*.
- Gonzalez** (2011). Simulación de los episodios de avenidas en el río Agra a su paso por Pamplona mediante HEC-HMS. Universidad pública de Navarra. Escuela técnica superior de ingenieros agrónomos. Febrero de 2011.
- Merwade, V** (2012). *Terrain Processing and HMS-Model Development using GeoHMS*. School of Civil Engineering, Purdue University.
- HEC** (2009). *HEC-GeoRAS GIS Tools for Support of HEC-RAS using ArcGIS*. User’s Manual. Versión 4.3 U.S Army Corp of Engineers, Institute of Water Resources, Hydrologic Engineering Center, Davis, California.
- HEC** (2010). *HEC-RAS River Analysis System*. User’s Manual. Versión 4.1 U.S Army Corp of Engineers, Institute of Water Resources, Hydrologic Engineering Center, Davis, California.
- HEC** (2013). *Hydrologic Modeling System, HEC-HMS*. User’s Manual. Versión 4. U.S Army Corp of Engineers, Institute of Water Resources, Hydrologic Engineering Center, Davis, California.
- INAMHI** (2008). *Estudio hidrológico de inundaciones en la cuenca alta del río Chone (subcuencas: Garrapata, Mosquito y Grande) perteneciente al proyecto “Sistema de alerta temprana de control de inundaciones en la cuenca del río Chone del Ecuador”* realizado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI. Auspiciado por la organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación – FAO.
- Kute, S., S. Kakad., V. Bhoje., A. Walunj** (2014). “Flood modeling of river Godavari Using HEC-RAS”. *International Journal of Research in Engineering and Technology*. Vol. 03 Especial Issue: 09. June-2014.