

USO DE DATOS DE RADAR PARA LA MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LA CUENCA DEL RÍO EL SABINAL, CHIAPAS, MÉXICO

Jomaelah Morales Rayo¹, José Manuel Rodríguez Varela², Oscar Jesús Llaguno Guilberto³ y Olivia Rodríguez López⁴

¹Maestría en Ingeniería Civil Hidráulica, Universidad Nacional Autónoma de México,

^{2,4}Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, ¹⁻⁴México.

E-mail: jomaelahmr@gmail.com, manuel_rodriguez@tlaloc.imta.mx, oscar_llaguno@tlaloc.imta.mx, olivia_rodriguez@tlaloc.imta.mx

Introducción

La precipitación es un proceso complejo, con una alta variabilidad espacial y temporal. Estimar correctamente esta variable es fundamental para calcular de forma acertada la dinámica de los procesos hidrológicos y por ende los hidráulicos (Ivanov et al, 2004). El siguiente trabajo presenta la metodología empleada para la generación de un modelo hidrológico-hidráulico distribuido producto de información de radar numérico para conocer la repuesta del río Sabinal (gastos, velocidades y tirantes). Los datos de lluvia se generaron a partir de la relación Reflectividad (dBZ)-Intensidad (mm/hr), siendo la primera medida por el modelo Weather Research and Forecasting (WRF-IMTA) y la segunda los registrados por las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAS) de la zona de estudio. Se obtuvieron factores de corrección sobre las celdas del modelo WRF-IMTA que permitieron asociarlos con los datos registrados a partir de lo cual se generó el modelo hidrológico-hidráulico considerando la infraestructura pluvial existente. Posteriormente se realizó la calibración del modelo hidráulico resultando valores aceptables, obteniéndose datos similares a los medidos por la estación hidrométrica Parque Oriente ubicada a 3 km en la salida de la cuenca.

Planteamiento del problema

Actualmente en México, no se cuenta con modelos distribuidos alimentados con información de radar aplicados a zonas urbanas que reflejen el comportamiento y la evolución de la lluvia ante un evento hidrometeorológico extremo como son las precipitaciones generadas por tormentas, ondas tropicales o huracanes.

Objetivos

Generar un modelo distribuido hidrológico e hidráulico en la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez perteneciente a la cuenca del río El Sabinal a partir de precipitación estimada por el modelo WRF-IMTA y realizar una calibración para reducir la incertidumbre de los escurrimientos superficiales generados y así compararlos con los registrados por la estación hidrométrica.

Procedimiento

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) cuenta con un modelo de pronóstico numérico conocido como WRF-IMTA. El modelo está conformado por un conjunto de celdas de diferente resolución en km, en las cuales cada celda contiene información de la variable analizada como lo puede ser lluvia (mm) o reflectividad (dBZ). El modelo abarca toda la República Mexicana, así mismo se pueden establecer regiones definidas con una resolución mínima de 4 km en cada celda.

Para contar con un modelo distribuido a partir del modelo WRF-IMTA fue necesario utilizar los datos de lluvia (mm/hr) medidos desde la superficie por las EMAS en la zona de estudio para la relación Reflectividad (dBZ)-Intensidad (mm/hr). Para la generación de un modelo hidrológico e hidráulico con lluvia distribuida es necesario contar con información que refleje las características de la zona y que permitan ver el comportamiento de la misma ante un evento hidrometeorológico (figura 1).



Figura 1.- Metodología para la generación del modelo hidrológico e hidráulico distribuido.

Zona de estudio. Cuenca del río El Sabinal

La cuenca del río El Sabinal tiene una extensión de aproximadamente 362 km², la zona urbana considerada de Tuxtla Gutiérrez es de aproximadamente 122 km² y el cauce principal del río El Sabinal es de 19.40 km. Actualmente están en función 11 EMAS ubicadas en la zona urbana de la cuenca y 8 estaciones hidrométricas que proporcionan registros de nivel (msnm) del río Sabinal, ambas redes de monitoreo estas operadas por el Organismo de Cuenca Frontera Sur de la CONAGUA (OCFS).

A partir de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) con resolución de 3 x 3m, se delimitaron las subcuencas, resultando 297. Campos, (2015) menciona que la discretización de las subcuencas es el propósito del estudio hidrológico, lo cual implica la definición de áreas de interés en la cuenca (figura 2).

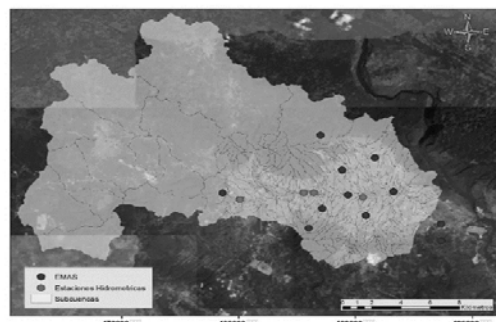


Figura 2.- Subcuencas generadas y redes de monitoreo hidrometeorológico de la cuenca El Sabinal.

Análisis de la lluvia distribuida

Ante un evento de lluvia, el modelo WRF-IMTA muestra datos de reflectividad a partir de un enmallado generado el cual es representado por celdas con resolución de 4 x 4 km. De las EMAS ubicadas en la zona de estudio se generaron polígonos de Thiessen con la finalidad de obtener el área de influencia que generan sobre el enmallado del modelo WRF-IMTA. Esta consideración se realiza con la finalidad de realizar un ajuste de los datos de reflectividad medidos por el modelo WRF-IMTA (figura 3). La generación del área de influencia de las EMAS sobre las celdas del modelo WRF-IMTA permite obtener un factor de corrección (F.C.) sobre cada celda (Ec.1).

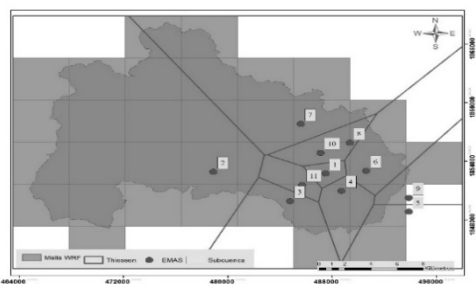


Figura 3.- Polígonos de Thiessen generados sobre la cuenca el Sabinal.

$$FC_i = \frac{Z_c}{Z_e} \quad [1]$$

Siendo FC_i el factor de corrección de la celda analizada, Z_c la reflectividad en la celda analizada y Z_e la reflectividad de la celda donde se ubica la EMA de influencia. Esta consideración permite ver la forma de la lluvia a partir de la reflectividad medida por el modelo WRF-IMTA y considerar los datos de lluvia medidos desde la superficie por las EMAS analizadas.

El hietograma de lluvia de las celdas del modelo WRF-IMTA se obtuvo a partir de la relación Reflectividad(dBZ)-Intensidad (mm/hr) donde previamente la reflectividad se manejó en factor de corrección (F.C.) para cada celda, (Ec. 2).

$$Hp_p = \sum_{i=1}^n FC_i(R_i) \quad [2]$$

Siendo Hp_p el hietograma de precipitación de la celda analizada, FC_i el factor de corrección de la celda y R_i la precipitación registrada por la EMA de influencia. Obtenidos los hietogramas de lluvia (mm/hr) para el modelo WRF-IMTA se asignan a las subcuencas a partir de una ponderación por área.

Generación del modelo hidrológico

La simulación hidrológica para la generación del modelo lluvia-escorrentamiento se realizó a través del software PCSWMM, el cual simula este proceso a través de un “modelo no lineal de depósito sencillo”. La escorrentía superficial por unidad de área, Q , se produce únicamente cuando la profundidad del agua de este “depósito” excede el valor máximo de almacenamiento en depresión, “ dp ” en cuyo caso el caudal de salida se obtiene por la aplicación de la ecuación de Manning, (EPA, 2015). Los hietogramas asignados permiten visualizar la forma de la lluvia en las subcuencas de acuerdo a la duración del evento (figura 4).

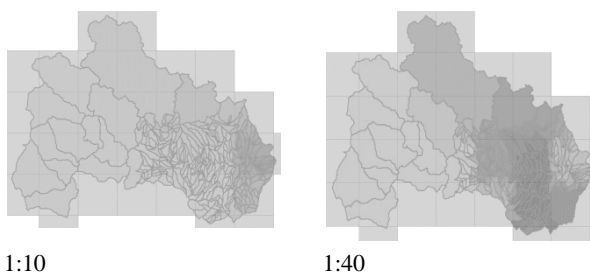


Figura 4.-Lluvia distribuida espacialmente a lo largo del evento.

Cada subcuenca contiene el hidrograma (m³/s) a partir del hietograma asignado producto del radar proveniente del modelo WRF-IMTA, obteniéndose los resultados, ahora toca el turno de calibrar el modelo y compararlo a partir de datos registrados por la estación hidrométrica.

Integración del modelo hidrológico al modelo unidimensional

Para la generación del modelo unidimensional se consideraron los colectores pluviales de Tuxtla Gutiérrez, además se generaron secciones transversales del río a lo largo de 16.9 km. Con el modelo unidimensional se realizó la comparación de tirantes

(m) generados por el modelo (J1) y medidos (J1 obs) por la estación hidrométrica Parque Oriente (figura 5).



Figura 5. Datos del modelo (J1) vs datos registrados (J1 obs).

Calibración del modelo hidráulico

Siendo el escurrimiento superficial el parámetro a calibrar se establecieron los atributos de las subcuencas que permitieron realizar la calibración utilizando la herramienta SRTC del programa PCSWMM.

Con la herramienta Sensitivity-based Radio Tuning Calibration (SRTC) se calculó el parámetro entre valores extremos (bajo y alto) para una incertidumbre (%) especificada, (CHI, 2017): La calibración permitió ajustar los parámetros de tal manera que los datos del modelo con los datos registrados por la hidrométrica tuvieran similitudes (figura 6).

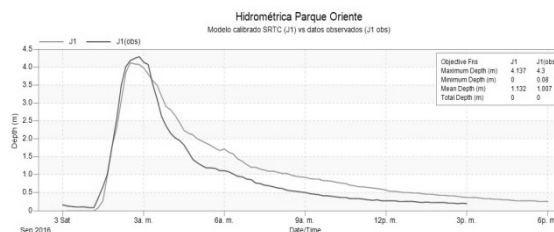


Figura 6. Modelo calibrado (J1) vs datos registrados (J1 obs).

Un modelo puede ser considerado suficientemente calibrado dependiendo del enfoque y objetivo que el modelador desee obtener en el modelo, para alguno usuarios una precisión de 25% es adecuada y otros insisten en un 10 %, (James, 2005). El tirante máximo observado fue de 4.3 m y el tirante del modelo fue de 4.13 m con lo cual se puede considerar aceptable la calibración realizada (4.11%).

Conclusiones

Considerando la información de radar producto del modelo WRF-IMTA en la modelación hidrológica de manera distribuida se permitió obtener una mejor representación espacial de la lluvia dando como resultado una semejanza a lo acontecido durante el evento analizado

El proceso de calibración se simplificó considerando la lluvia distribuida espacial y temporalmente. Siendo la primera etapa del proyecto y con la calibración realizada, permitirá continuar la modelación de manera bidimensional para la comparación de tirantes y velocidades sobre la zona urbana ubicado a hombros del río El Sabinal.

Referencias

- CHI. (2017). *Computational Hydraulics International. PCSWMM Support*. Obtenido de <https://support.chiwater.com>
- EPA. (2015). *Storm Water Management Model. User's Manual Version 5.1*. Cincinnati, OH: United States Environmental Protection Agency.
- Ivanov, V., Vivoni, E., Brass, R., & Entekhabi, D. (2004). Preserving high-resolution surface and rainfall data in operational-scale basin hydrology: a fully-distributed physically based approach. *Journal of Hydrology*, 80-111.
- James, W. (2005). *Rules for Responsible Modeling*. Guelph, Ontario: Computational Hydraulics International.