

Uso y aplicación de los SIG en la modelación de redes de distribución de agua, caso de estudio: Distrito Hidrométrico “Jardines de Anáhuac” del Área Metropolitana de Monterrey.

Hugo Guerra Puente^{1 *}, **Víctor Hugo Guerra Cobián**², **José Luis Bruster Flores**³, **Adrián Leonardo Ferriño Fierro**³, **Fabiola D. Yépez Rincón**⁴, **Ricardo A. Cavazos González**⁵, **Carlos Joel Ábrego Góngora**⁶.

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Civil, estudiante del programa de Maestría en Ciencias con Orientación en Ingeniería Ambiental; ²Universidad Autónoma de Nuevo León, Instituto de Ingeniería Civil, Centro Internacional del Agua; ³Universidad Autónoma de Nuevo León, Instituto de Ingeniería Civil, Subdirección de Vinculación; ⁴Universidad Autónoma de Nuevo León, Instituto de Ingeniería Civil, Departamento de Geomática; ^{5,6} Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Civil
victor.guerracb@uanl.edu.mx

RESUMEN

El presente trabajo, se utilizaron los SIG como herramienta para la obtención de parte de los archivos para la elaboración de un modelo matemático utilizado en la modelación de presiones en un Distrito Hidrométrico (DH). El objetivo consistió en determinar, a través de una metodología, la información necesaria para llevar a cabo las simulaciones de las presiones hidráulicas en el distrito hidrométrico como parte de la gestión activa de pérdidas de agua y fugas.

Los archivos empleados en la modelación se obtuvieron de información vectorial tipo Shape. El departamento de geo-informática de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, proporcionó los archivos vectoriales de las tuberías, intersecciones, válvulas, hidrantes, tanques, delimitaciones de los sectores, zonas de presión de los tanques, medidores, circuitos, predios del distrito, entre otros. Además, se emplearon archivos tipo ráster, los cuales representaban modelos digitales de elevación (MDE) para determinar las profundidades de las tuberías y accesorios de la red. Así mismo, se estableció un procedimiento paso a paso, utilizando las funciones y/o extensiones de ArcGIS de ESRI®, para la creación de los archivos geoespaciales utilizados en el modelo hidráulico.

Finalmente, los resultados muestran que se pueden obtener de forma rápida y automatizada los datos geoespaciales para el modelo hidráulico. Lo anterior permite invertir más tiempo en el proceso de calibración y validación del modelo hidráulico.

ABSTRACT

In the present work, we used GIS as a tool to obtain part of the files for the elaboration of a mathematical model used in the modeling of pressures in a District Metered Area (DMA). The objective was to determine, through a methodology, the information necessary to perform the simulations of the hydraulic pressures in the hydrometric district as part of the active management of water losses and leaks.

We used Shapefile vector information in the modeling. The geo-informatics department of Water and Sewer Services of Monterrey provided Shapefile of the pipes, intersections, valves, hydrants, tanks, delimitations of the sectors, pressure zones of the tanks, meters, circuits, district properties, among others. In addition, we used raster files, which represented digital elevation models (DEM) to determine the depths of the pipes and accessories of the network. Likewise, we established a step-by-step procedure, using ESRI® ArcGIS functions and extensions, for the creation of the geospatial files used in the hydraulic model.

Finally, the results show that geospatial data for the hydraulic model can be obtained quickly and automatically. This allows us, more time, to be spent in the calibration and validation process of the hydraulic model.

Palabras clave: Distrito hidrométrico modulado, Modelo Digital de Elevación, Raster, Archivo vectorial.

En primer lugar, se comenzó utilizando los archivos vectoriales tipo shape de intersecciones, válvulas y nodos de agua, los cuales cuentan en su tabla de atributos un campo que indica las profundidades a las que se encuentran dichos elementos (figura 3).

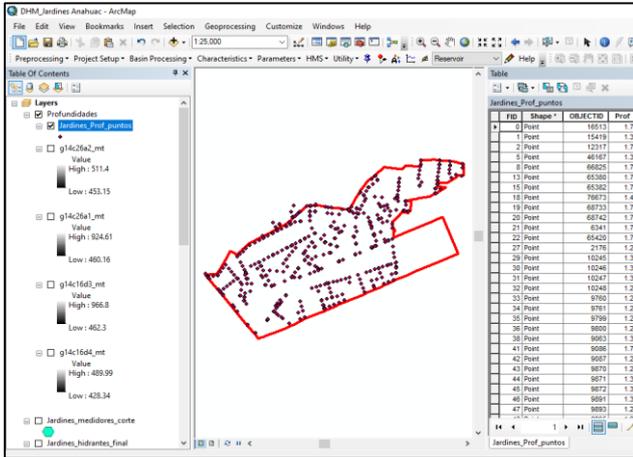


Figura 3 Shape de puntos de profundidad para el DHM Jardines de Anahuac.

A continuación, utilizando la herramienta "Merge" de ArcMap se unieron dichos archivos, creando un nuevo shape que únicamente tuviera el campo de profundidades (Prof) y su campo de identificación, a este shape se le nombró Prof_puntos. Lo anterior se muestra en la figura 4.

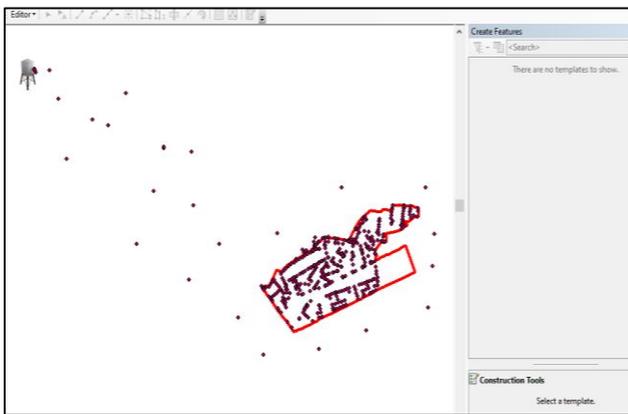


Figura 4 Nube de puntos de profundidad para el DHM Jardines de Anahuac.

Continuando con el proceso, se utilizó la herramienta "Create TIN", se generó una interpolación de dichos puntos para poder obtener las profundidades de toda el área que abarca el distrito, tal y como se observa en la figura 5. Cabe mencionar que esas profundidades obtenidas aplican únicamente para los tramos donde se encuentren tuberías pertenecientes al modelo.

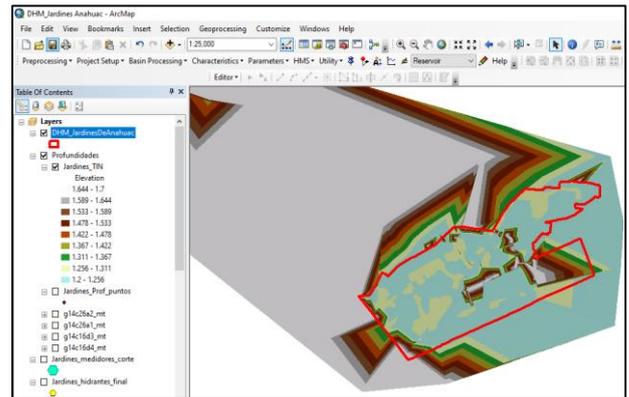


Figura 5. Interpolación de puntos de profundidad.

El siguiente paso consistió en utilizar la herramienta "Convert TIN to ráster", para poder convertir el TIN creado en un formato ráster, siendo este el mismo tipo de archivo de los modelos digitales de elevación que se utilizarán. Al momento de realizar este paso fue muy importante verificar el tamaño de la celda del ráster creado para que tuviera el mismo tamaño de los modelos de elevación que se utilizaron a continuación. Para fines de la metodología, se nombró a este archivo como MDE_prof. La figura 6 muestra el archivo tipo ráster generado a partir del TIN de la nube de puntos con las profundidades de algunos de los elementos que integraran el modelo hidráulico.

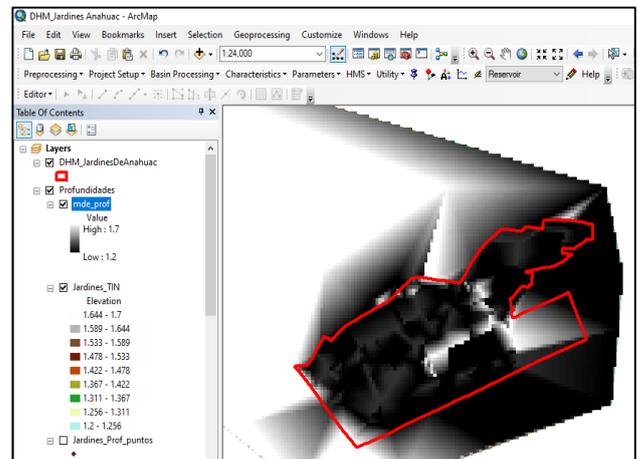


Figura 6 Raster "MDE_prof".

Como se puede observar en dicha figura, para el distrito Jardines de Anahuac, el valor de profundidad más alta de las tuberías es 1.7 metros, mientras que el valor más bajo es de 1.2 metros. Esto quiere decir que, a partir del nivel de rasante de la calle, las tuberías de este distrito se encuentran enterradas entre un rango de 1.2 a 1.7 metros. Lo anterior indica valores lógicos, los cuales se

comprobaron con visitas a campo y revisiones de registros de agua potable.

Posteriormente, se utilizaron los Modelos Digitales de Elevación de terreno del INEGI, en resolución de 5x5 metros y formato GRID. Dichos modelos fueron descargados directamente de la plataforma digital del citado organismo. A partir de ellos se llevó a cabo una extracción del MDE, en msnm, correspondiente a la zona en estudio. De esta forma se obtuvieron los valores de elevación del terreno de las calles del distrito en estudio. Lo anterior se muestra en la figura 7. Dicho raster se denominó "MDE_mask".

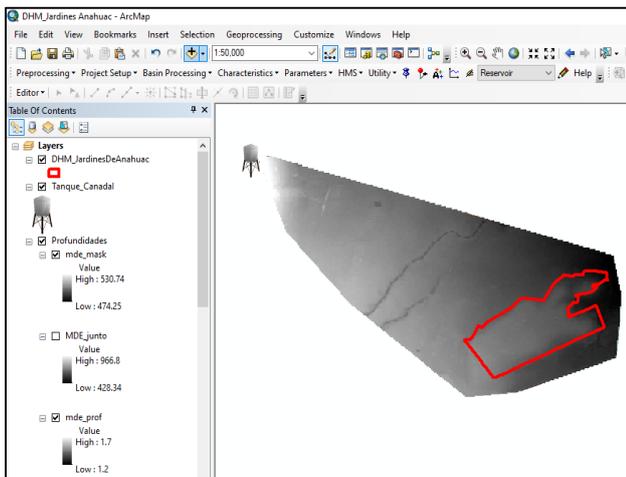


Figura 7. Ráster MDE_mask.

El siguiente paso consistió en utilizar la herramienta "Raster calculator"; con esta herramienta se llevó a cabo una resta de archivos tipo ráster obteniendo así un nuevo archivo del mismo formato, el cual se nombró MDE_cotas. Esta operación consistió en restar el ráster MDE_mask menos el ráster MDE_prof.

La figura 8 muestra el nuevo archivo tipo ráster nombrado MDE_cotas. Este archivo cuenta con las elevaciones en metros sobre el nivel del mar de los puntos sobre los cuales se ubica la tubería del modelo hidráulico.

Cabe mencionar que todo el procedimiento antes descrito se realizó con el objetivo de poder obtener una elevación estimada de los nodos, válvulas y diversos elementos que formaron el modelo, siendo esta variable parte fundamental para la construcción del modelo hidráulico. Así mismo, este procedimiento aplica únicamente para determinar las elevaciones a las cuales se encuentran los elementos que formarán el modelo hidráulico del distrito. Sin embargo, dicha metodología se puede replicar para distintas zonas

de estudio, en las cuales, se cuente con la información vectorial y tipo ráster mencionada en este procedimiento.

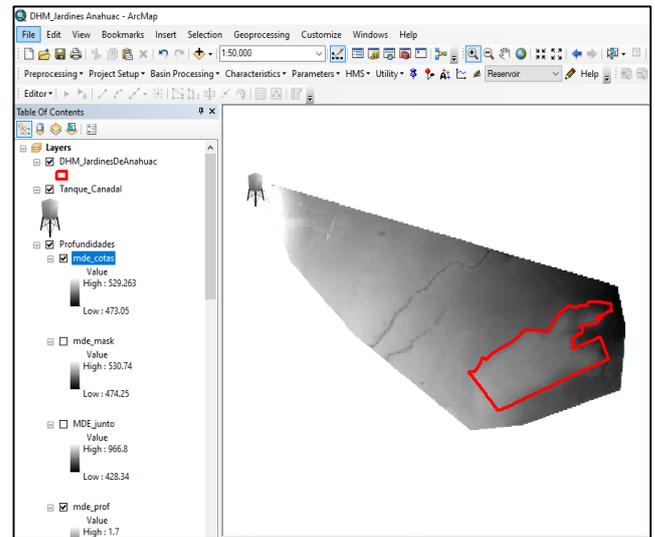


Figura 8. Ráster MDE_cotas.

RESULTADOS

El resultado después de llevar a cabo la metodología mencionada se obtuvo a partir de la herramienta "Contours" de ArcMap, para poder obtener un archivo vectorial tipo shape formado por las curvas de profundidades topográficas en msnm, las cuales permitieron brindarle un valor de profundidad a cada nodo y elemento hidráulico del modelo.

La figura 9 muestra el archivo shape creado a partir del ráster MDE_cotas, el cual se nombró CN_cotas. Cabe mencionar que el software utilizado para la modelación hidráulica nos permite ingresar archivos tipo shape, para conformar la estructura del modelo y asignarle las profundidades a los nodos que integran dicho modelo.

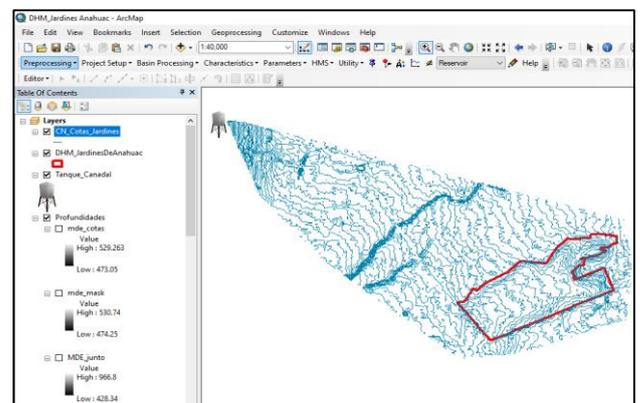


Figura 9. Shape CN_cotas.

En este caso, este archivo vectorial tipo shape, con las profundidades o cotas de las tuberías y nodos del modelo hidráulico, se ingresó al software WaterCAD de Bentley®, utilizando la herramienta “TRex”, de manera que se le asignaron las profundidades correspondientes a cada nodo.

La figura 10 muestra la herramienta mencionada, utilizada para ingresar el valor de profundidad a cada nodo. En este caso, es importante seleccionar la ubicación del archivo tipo shape y definir el campo que contiene la información de elevación de la tubería.

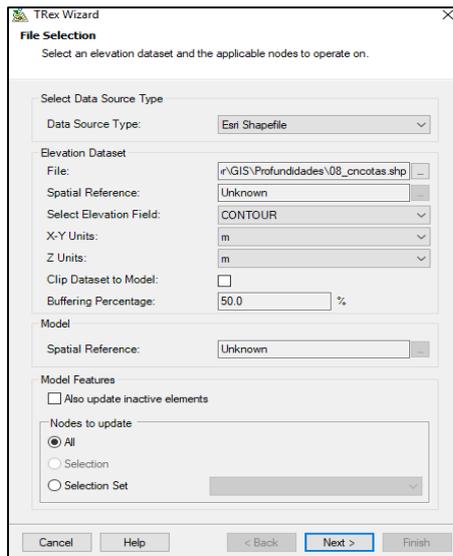


Figura 10. Herramienta TRex en WaterCAD®.

Finalmente, la figura 11 muestra el software WaterCAD de Bentley con el archivo vectorial tipo shape que contiene las profundidades de los nodos y demás elementos hidráulicos del modelo.

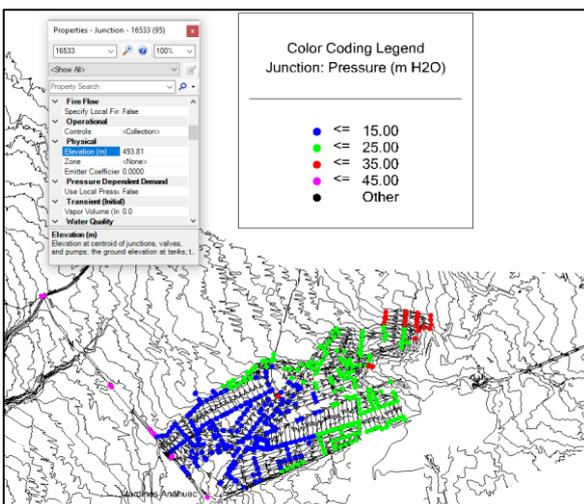


Figura 11. Modelo hidráulico en WaterCAD®.

Una vez realizada la acción anterior, es importante comprobar que cada nodo del modelo hidráulico tenga asignado la información correspondiente de elevación. En este sentido, se podrá simular y obtener las presiones hidráulicas en cada nodo de manera satisfactoria.

CONCLUSIONES

De acuerdo con la metodología presentada podemos afirmar que los SIG, son de vital importancia para la implementación de modelos hidráulicos que nos permiten determinar variables de interés para investigaciones o proyectos aplicados, relacionados con el área de la hidráulica. Así mismo, es muy importante utilizar las herramientas que tenemos a nuestro alcance, para poder optimizar procesos. Los resultados obtenidos muestran que se pueden obtener de forma rápida y automatizada los datos geoespaciales para el modelo hidráulico. Lo anterior permite invertir más tiempo en el proceso de calibración y validación del modelo hidráulico.

BIBLIOGRAFÍA

- Akpan, P. U., Jones, S., Eke, M. N., & Yeung, H. (2017). Modelling and transient simulation of water flow in pipelines using WANDA Transient software. *Ain Shams Engineering Journal*, 8(3), 457–466. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2015.09.006>
- Fragozo Sandoval, L., Ruiz y Zurvia-Flores, J., & Toxky López, G. (2016). La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 37(2), 29–43.
- Galuppini, G., Creaco, E., Toffanin, C., & Magni, L. (2019). Service pressure regulation in water distribution networks. *Control Engineering Practice*, 86(March), 70–84. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2019.03.007>
- García, M. del M. (2006). *Modelación y simulación de redes hidráulicas a presión mediante herramientas informáticas*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.
- GIZ, & VAG. (2011). *Guía para la reducción de las pérdidas de agua. Un enfoque en la gestión de la presión*. (Deutsche Gessellschaft fur Internationale Zusammenarbeit., VAG Amaturen GmbH(VAG), University of Applied Sciences Northwestern Switzerland(FHNW), & Karlsruhe Institute of Technology(KIT) (eds.); Traducido).
- Guerra Puente, H. (2019). *Propuesta de reducción de pérdidas en una red de distribución de agua potable mediante la simulación hidráulica de presiones en un macrosector de la red del Área Metropolitana de Monterrey*. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ingeniería Civil. Tesis de Licenciatura. San Nicolás de los Garza, Nuevo León.