

BOLETÍN TÉCNICO DGST No. 3/2020

## Delimitación de Cuencas Hidrológicas

Obtención de curvas de nivel y escurrimientos aplicando Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Tradicionalmente, la delimitación de cuencas hidrológicas se ha realizado mediante la interpretación de los mapas cartográficos, sin embargo, este proceso ha evolucionado con el desarrollo de nuevas tecnologías.

Los Sistemas de Información Geográfica permiten una gran cantidad de aplicaciones y procesos para realizar el análisis y delimitación de las cuencas de forma más sencilla y rápida. Por ello, es importante que ingenieros y técnicos se involucren en el uso y comprensión del concepto y la teoría de estos sistemas.

En años recientes, en la rama de la hidrología ha crecido el interés por el desarrollo y aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Este interés es una respuesta a la sensibilización del público en cuanto a la calidad y manejo de estas técnicas, pues la tecnología SIG es capaz de capturar, modelar, analizar, almacenar, manejar y visualizar datos georreferenciados con mayor rapidez. La tecnología SIG es idónea para procesar grandes volúmenes de datos.

En particular, en las cuencas hidrológicas, la modelación mediante SIG permite determinar parámetros como el largo de la cuenca, área de captación, pendiente promedio, entre otros, que se complementan con información contenida en varias capas de información espacial. Actualmente, existe una gran cantidad de programas de simulación hidrológica que integran procesos que anteriormente se estudiaban por separado.

En hidrología, la mayor aplicación de los SIG es en la modelación de cuencas. Por ello, el objetivo del presente documento es promover y difundir el uso



Figura 1. Delimitación de una cuenca con SIG

de herramientas que permiten delimitar cuencas hidrológicas utilizando los programas *Clobal Mapper* y *Coogle Earth*. Figura 1.

*Clobal Mapper* es un software SIG que trabaja con datos vectoriales, ráster y LIDAR (Figura 2). Entre sus ventajas, cuenta con un gran soporte para convertir archivos a diferentes formatos (vectoriales, de imagen o conjunto de datos ráster), lo que lo hace apropiado para el manejo de la cartografía obtenida en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), generalmente en formatos .shp, .tiff, .gif, .bil, .grid, etc.; archivos de AutoCAD (.dwg y .dxf) y formatos de ráster (imágenes/mapa escaneado en formato .km/y .kmz).

Estos modelos informáticos de hidrología de cuencas están compuestos de muchos datos, por lo que la automatización de la segmentación de la cuenca y la extracción de la red de drenaje con sus características, representa una gran ventaja por la rapidez en la que éstas se parametrizan.

Tel: 01 (55) 5723 9300

Av. Coyoacán 1895, Colonia Acacias, C.P. 03240, Alcaldía Benito Juárez, Ciudad de México.

www.gob.mx/sct





Figura 2. Capas vectoriales y ráster

A continuación, se presenta un ejemplo de delimitación de una cuenca hidrológica utilizando los programas *Clobal Mapper* (versión 15.0) y *Coogle Earth* (versión 7.3.2.5776 64-bit) y cómo obtener el área de la cuenca, la longitud del cauce principal y las elevaciones del terreno, información necesaria para calcular el gasto que genera una cuenca.

Primero, se ubica el **sitio de cruce** de un cauce con una carretera, con sus coordenadas geográficas. Ej.:

30° 15' 26.27" N y 115° 47' 33.88" O



Ubicación del sitio de cruce. Imagen obtenida del SIATL

Una vez identificado el sitio de cruce de la corriente en estudio, se determina la cuenca de aportación a partir de identificar las cartas topográficas digitales del INEGI que se deben utilizar (H11B74 y H11B84). Las cartas para obtener las curvas de nivel para delimitar la cuenca con *Global Mapper*, pueden encontrarse en formato *shape* (*.shp*) en la página electrónica del INEGI:

https://www.inegi.org.mx/temas/topografia/defa ult.html#Descargas *SIATL. El* Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (*SIATL*) es una aplicación geoespacial web gratuita, diseñada para el estudio de cuencas, simulación de flujos de agua, delimitación de cuencas, obtención de la red hidrográfica. Además, integra otros datos, en capas, como cuerpos de agua, curvas de nivel, ortofotos, caminos, localidades, entre otros. Se encuentra en la página electrónica:

http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\_hidro/siatl/#

**SHAPE.** Son archivos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área. A su vez, se componen de tres archivos con extensiones .shx, .shp y .dbf, en los cuales se almacena la información geométrica y alfanumérica.

Después, es necesario abrir las cartas con el programa *Clobal Mapper*, seleccionando la opción *"File/Open Data Files"*.



Pantalla de inicio de Global Mapper v.15.0

A continuación, se deben buscar y abrir los archivos comprimidos (*.zip*) que se descargaron de la página electrónica del INEGI.

$\mathbf{x} \leftarrow \mathbf{y}$		LET > CARTAS TOPOGRAFICAS > H11B74 >	~ č	Buscar en H1187	4
Organiz	ar 👻 Nueva ca	rpeta			· · 🔳
- C	Documentos ^	Nombre	Fecha de modifica	Tipo	Tamaño
S = E	iscritorio	🖀 702825213732_s.zip	25/02/2020 12:19	Archivo WinRAR Z	7,769 KB
2	mágenes				
۰ <b>د</b>	Música				
	Objetos 3D				
۸ 🖪 ۷	/ideos				
🔁 🖬	Windows (C:)				
_ s	GANCHEZ (E:)				
SA	NCHEZ (E:)				
4	I. Planta Genera				
	CORTES 4 SEP				
	Nombre		Commonly Used Formats		

Ventana de control para abrir archivos

Av. Coyoacán 1895, Colonia Acacias, C.P. 03240, Alcaldía Benito Juárez, Ciudad de México. Tel: 01 (55) 5723 9300

723 9300 www.gob.mx/sct



Una vez abiertos los archivos, se pueden observar las cartas digitales en la pantalla del programa, con todas sus capas activas, es decir, se pueden observar las curvas topográficas, los caminos, edificaciones, corrientes naturales, puentes, calles, localidades, etc. Sin embargo, para efectos de delimitar cuencas hidrológicas, es necesario utilizar los layers de curvas de nivel y corrientes de agua, por lo cual, se requiere activar sólo esas capas.

En la ventana "*Tools*", ubicada en la barra del menú, se debe seleccionar "*Control Center...*" para ingresar a la ventana de control de capas "*Overlay Control Center*". En esta ventana, para cada carta, se recomienda seleccionar sólo las capas "CURVAS DE NIVEL50\_P y CORRIENTE\_AG50", ya que son las capas correspondientes a las curvas de nivel y a las corrientes de agua. Figuras 3 y 4.



Figura 3. Ventana de herramientas (Tools)



Figura 4. Ventana de control de capas (Layers)

También se recomienda cambiar el color de las capas ya que así, se pueden diferenciar las curvas de los escurrimientos. Figura 5.



Figura 5. Curvas en color rojo y escurrimientos en azul

Para definir el color de las capas, en la ventana "Overlay Control Center" se deben seleccionar los layers que se desea cambiar, por ejemplo "CORRIENTE\_AG50", después dar un clic en "Options" y luego seleccionar la pestaña "Line Style", donde aparecerá un cuadro que permite cambiar el ancho y color de la línea. Figura 6.

Select Line Style			×			
Drawing Style Style: Solid Width: 1 pix	el	•	▼ Color			
I Show Labe □ Center Lab	I for this Line el on Line Featu	Select Label	Select Label Font			
Sample Label						
	OK	Cancel	,			

Figura 6. Ventana de estilo de línea (Line Style)

Una vez terminado el cambio del color de las capas, se recomienda exportarlo a un archivo con formato vectorial que permita trabajarlo en *Google Earth Pro*. Debe seleccionarse *File/Export/Export vector Format.../kml/kmz* se podrá obtener un archivo *.kmz* que puede ser visto en *Google Earth*. Figura 7.

**KMZ.** Es un formato de archivo basado en el estándar \*.xm*l*, que se utiliza para mostrar datos geográficos en un navegador terrestre, como Google Earth o Google Maps. Utiliza una estructura basada en etiquetas con atributos y elementos anidados.

Av. Coyoacán 1895, Colonia Acacias, C.P. 03240, Alcaldía Benito Juárez, Ciudad de México.

Tel: 01 (55) 5723 9300

Pág. **3** de **5** 

www.gob.mx/sct



Select Export Fo	rmat X
Select the forma http://www.blue for information o	t to export your loaded data to. See marblegeo.com/products/global-mapper-formats.php n the available formats.
KML/KMZ	▼
	OK Cancel

Figura 7. Ventana de selección de formato a exportar

Posteriormente, debe abrirse el archivo *.kmz* generado con el programa *Global Mapper*, el cual estará geográficamente referenciado en *Google Earth* y presentará las curvas de nivel y escurrimientos sobre la imagen satelital (Figura 8). Al hacer clic sobre cada una de las curvas de nivel, se mostrará una serie de datos (elevación, tipo, carta, código, etc.), que facilitan la obtención de las características fisiográficas de una cuenca. Figura 9.



Figura 8. Curvas de nivel y escurrimientos sobre imagen de *Google Earth Pro* 



Figura 9. Datos que contienen las curvas de nivel del archivo *.kmz* 

Google Earth Pro cuenta con la herramienta "Polígono" que aparece al seleccionar en la barra de menú "Añadir/Polígono", con la cual es posible delimitar, con criterio, el área de una cuenca. Conviene señalar que la delimitación no se hace automáticamente, ya que debe efectuarse considerando los parteaguas, curvas de nivel, el relieve y las fotografías satelitales, lo cual permite delimitar la cuenca de una forma más adecuada. Figura 10.



Figura 10. Delimitación de una cuenca de aportación

Finalmente, para obtener el área de una cuenca delimitada con un polígono, *Google Earth Pro* cuenta con el ícono "Regla", que se encuentra en la barra de herramientas y abre una ventana que permite medir una distancia o un área.

Los Sistemas de Información Geográfica son herramientas de gran ayuda en la construcción de modelos hidrológicos, en especial, cuando es necesario representar espacialmente las redes de drenaje. En la actualidad, los SIG aún tienen limitaciones en cuanto a datos espaciales, escalas, integración entre modelos, etc.; sin embargo, su uso es cada vez más frecuente pues proporciona buenos resultados en la delimitación de cuencas, en cuya práctica no debe dejarse de lado el análisis ni la experiencia del ingeniero proyectista.

Av. Coyoacán 1895, Colonia Acacias, C.P. 03240, Alcaldía Benito Juárez, Ciudad de México.

Tel: 01 (55) 5723 9300

Pág. 4 de 5

www.gob.mx/sct



## REFERENCIAS

Blue Marble Geographics. *Manual de usuario de Global Mapper v.13.2.* Geosoluciones, 2017.

Collaborative Safety Research Center, CSRC. *Manual de uso y funcionamiento Google Earth v.1.0.* Universidad Anáhuac, México, 2016.

Servicio Geológico Mexicano. *Funcionamiento de un Sistema de Información Geográfica.* Museo Virtual del Gobierno de México, México, 2017.

Tacué, Jhon. *Obtención de curvas de nivel Global Mapper v.18*. Universidad del Cauca, Colombia, 2018.

## Formatos compatibles con Global Mapper

https://sites.google.com/a/civilju.com/www/globalm apper/formatos-compatibles-con-global-mapper

Av. Coyoacán 1895, Colonia Acacias, C.P. 03240, Alcaldía Benito Juárez, Ciudad de México.

URS AN ARTS DATE DATE ON

Tel: 01 (55) 5723 9300

www.gob.mx/sct

Pág. 5 de 5