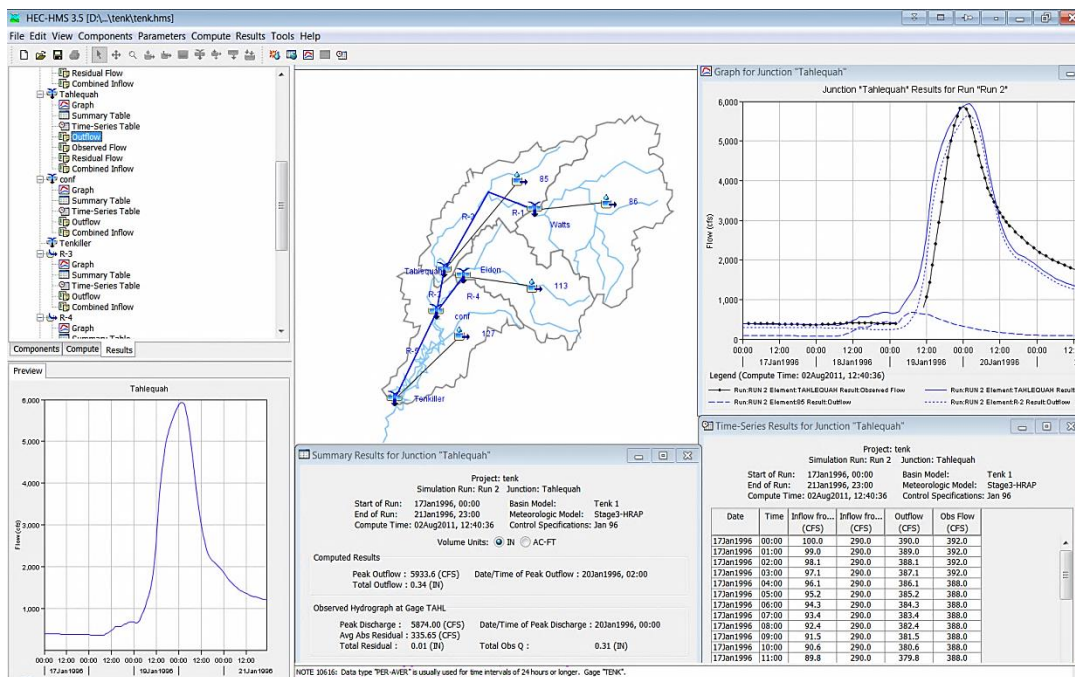


# Curso online

## Modelamiento Hidrológico con HEC-HMS (Geo-HMS): pronóstico de crecidas

### Guía de Prácticas



Universidad de Valladolid - ESP. Grupo de Hidráulica e Hidrología  
Prof. Juan Manuel Diez Hernández. PhD. Ing. Forestal  
jmdiez@iaf.uva.es



Universidad de Valladolid  
U.D. de Hidráulica e Hidrología



Grupo Ecohidrología Fluvial



## PREÁMBULO

- 📄 Esta guía ha sido elaborada como material didáctico práctico del curso virtual “Modelamiento Hidrológico con HEC-HMS y HEC-GeoHMS: pronóstico de crecidas” (60h), organizado por el Grupo de Gestión y Apoyo a la Ingeniería Agrícola de Colombia (GAIACOL) y el Grupo de Hidráulica e Hidrología de la Universidad de Valladolid – España.
- 📄 El software HEC-HMS 3.5 y HEC Geo-HMS junto con sus respectivos manuales oficiales en idioma inglés (usuario, técnico, y aplicaciones) están disponibles en la web del *U.S. Army Corps of Engineers*: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/download.html>
- 👉 Se ruega al lector benevolencia. Sus sugerencias serán bienvenidas para próximas ediciones.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Software HEC-HMS 3.5

El programa *Hydrologic Modeling System* HEC-HMS 3.5 ha sido desarrollado por el *Hydrologic Engineering Center* del *U.S. Corps of Engineers* (HEC, 2010) para simular procesos de transformación lluvia-escorrentía en sistemas de cuencas dendríticas. Reúne una colección de modelos hidrológicos determinísticos de tipo evento/continuo, agregado/distribuido, y empírico/conceptual combinables para generar los hidrogramas de una cuenca en respuesta a lluvias de cálculo reales o sintéticas. El componente específico para la calibración de los diferentes métodos facilita la aplicación responsable de HEC-HMS 3.5 en los análisis típicos de crecidas en cuencas con escorrentía natural o en zonas urbanas, así como en los estudios de disponibilidad hídrica en grandes cuencas.

Los hidrogramas generados por el programa pueden ser utilizados directamente o junto con otros programas (GIS, Autocad, etc) con finalidades diversas en el ámbito técnico-científico tales como:

- ✓ Regulación de actividades en zonas inundables dentro del ordenamiento territorial.
- ✓ Pronóstico de crecidas y reducción de daños por inundación.
- ✓ Operación de infraestructuras hidráulicas actuales de transporte y almacenamiento.
- ✓ Planificación y diseño de nuevos proyectos hidráulicos.
- ✓ Disponibilidad hídrica: índice de escasez en Colombia.
- ✓ Impacto de cambios de uso del suelo: urbanización, deforestación, conservación de suelos, etc.
- ✓ Efecto de un eventual cambio del clima en los eventos hidrológicos extremos.
- ✓ Hidrología de zonas húmedas.
- ✓ Drenaje urbano.
- ✓ Investigación: adaptación a las condiciones locales de modelos de infiltración (NC), parámetros de generación de hidrogramas (tiempos de concentración y desfase), modelos de lluvia, etc.

La versión 3.5 de HEC-HMS es la informatización más reciente y ampliada del primitivo HEC-1 (1968) en entorno DOS. Su programación combina los lenguajes C, C++, y Fortran. HEC-HMS 3.5 es un software de dominio público.

## 1.2. Modelo hidrológico

Los modelos hidrológicos que agrupa HEC-HMS 3.5 son representaciones matemáticas que simplifican los procesos reales en una cuenca, y que pueden substituirlos en determinadas condiciones y para finalidades concretas. Existen dos tipos de relaciones entre las variables conocidas (entrada) y las variables desconocidas (salida) con las que puede conformarse un modelo hidrológico con HEC-HMS:

1. Precipitación (entrada) → Hidrograma (salida).
2. Hidrograma aguas arriba (entrada) → Hidrograma aguas abajo (salida).

Todos los modelos disponibles constan de los siguientes componentes:

- Variable(s) de estado: definen la condición del sistema hidrológico en un momento y lugar determinados. Por ejemplo, en el modelo de tránsito de hidrograma en embalse (Puls) describen su estado en términos de cota de agua, volumen almacenado, salidas por elementos de desagüe, etc.
- Parámetro(s): medidas numéricas de las propiedades del sistema real. Controlan las funciones matemáticas entre las entradas y las salidas de cada modelo. Pueden tener una significación física obvia (pendiente del río en el modelo Muskingum-Cunge de tránsito en cauce), o ser puramente empíricos (coeficiente de pico en el hidrograma de Snyder's). En cualquier caso, los parámetros de un modelo pueden ser ajustados durante su calibración, de modo que los pronósticos representen de modo confiable la respuesta real del evento en la cuenca.
- Condición(es) de contorno: valores de las entradas del sistema hidrológico y que causan su cambio. La más frecuente es la precipitación, la cual genera una escorrentía. Otro caso es el hidrograma de entrada en un modelo de tránsito en cauce.
- Condición(es) inicial(es): describen el estado del sistema al inicio del evento, a partir del cual se resuelven las ecuaciones de los diferentes modelos. El caudal circulante representa la condición inicial en los modelos de escorrentía al comienzo de la tormenta, y también en los modelos de tránsito en cauces en el momento de la entrada.

El carácter determinístico de todos los modelos de HEC-HMS requiere el conocimiento exacto de los parámetros, las condiciones de contorno, y las condiciones iniciales.

## 1.3. Componentes del Modelo HEC-HMS

Para simular la respuesta hidrológica de una cuenca a una entrada de lluvia y/o caudal HEC-HMS integra los siguientes 4 componentes: 1) modelo de cuenca ("basin model"); 2) modelo meteorológico ("meteorologic model"); 3) especificaciones de control ("control specifications"); y 4) datos de entrada ("input data"). Una simulación calcula la respuesta precipitación-escorrentía de un modelo de cuenca para una entrada en forma de modelo meteorológico. Las especificaciones de control delimitan el dominio temporal del modelo y el intervalo de cálculo. Los datos de entrada se requieren generalmente como parámetro o condición de contorno en los modelos de cuenca y meteorológico: pluviograma, hidrograma, limnograma, sección transversal, curva de calibración, etc.

Las configuraciones de los componentes anteriores se muestran en el panel "Explorador de Cuenca" de la pantalla principal de HEC-HMS (Fig.1, arriba-izquierda). Cada uno de los elementos incluidos en los componentes se edita en el panel inferior "Editor de Componente" (abajo-izqda). El panel "Escritorio" muestra el esquema dendrítico conformado por los elementos hidrológicos, y también los resultados. El cuarto panel "Registro de Mensajes" contiene las notas, advertencias, y errores del proceso.

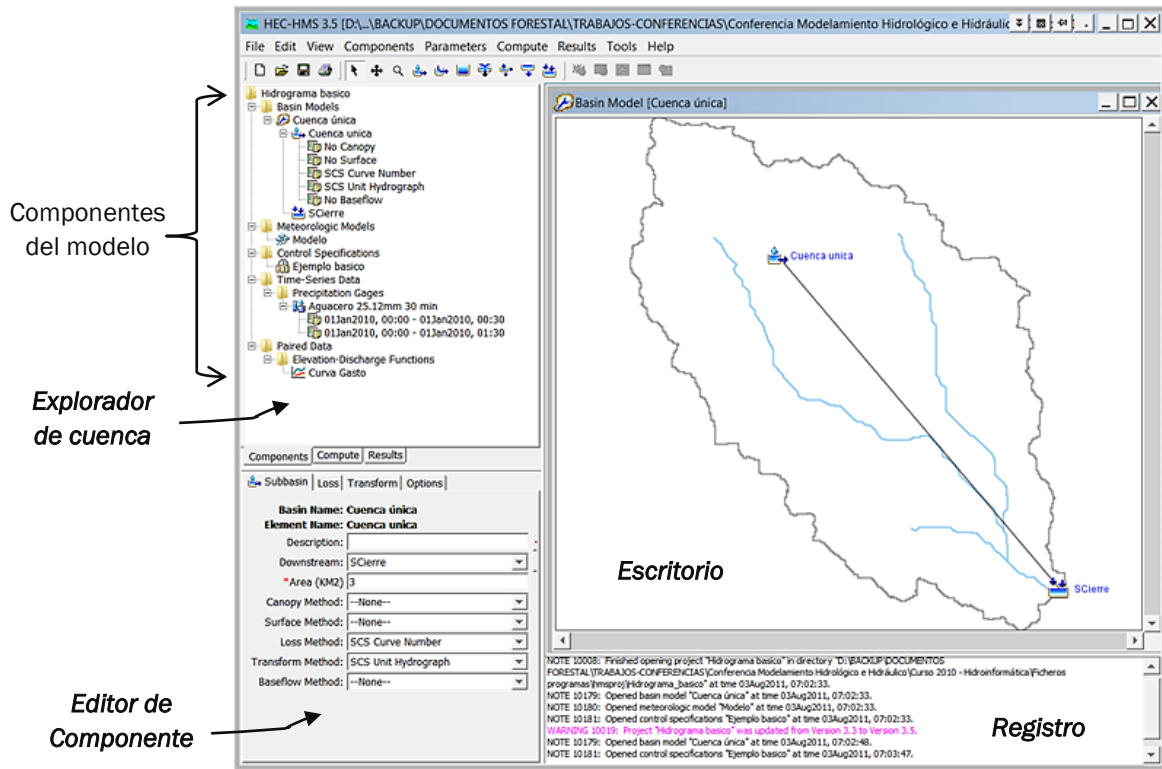


Figura 1. Pantalla principal de HEC-HMS. El panel de explorador de cuenca (arriba-izquierda) muestra la configuración de los 4 componentes del modelo.

### 1.4. Elementos hidrológicos de HEC-HMS

La cuenca hidrográfica es representada por el modelo de cuenca, el cual está conformado por un conjunto de elementos hidrológicos conectados que simulan el recorrido del agua de modo ordenado. La tabla 1 presenta los 7 tipos de elementos hidrológicos disponibles en HEC-HMS. El usuario coloca en el panel escritorio un número variable de elementos hidrológicos enlazados, siguiendo el patrón de la red de drenaje de la cuenca natural.

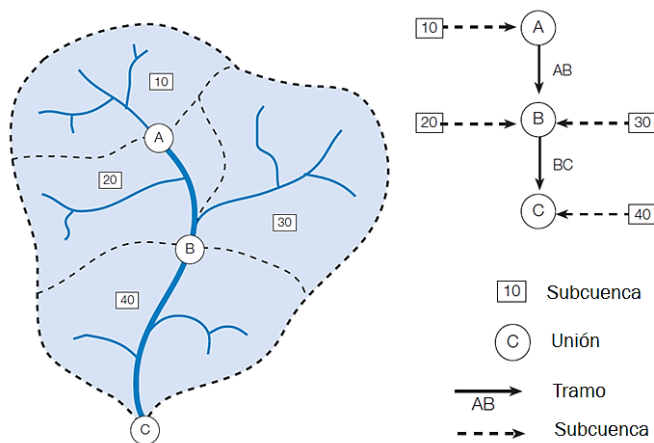


Figura 2. División de una cuenca y esquema hidrológico. Modificado (Montalbán et al., 2003)

El modelo de cuenca más simple consiste como es lógico en una única subcuenca, conectada al sumidero en la sección de cierre. Cuando la cuenca se descompone en varias subcuencas, la propagación de hidrogramas sigue el esquema básico de tránsito en cauce y confluencia en la sección de cierre de la subcuenca inferior mostrado en la Figura 2.

Cada elemento hidrológico puede representar en realidad uno o varios tipos de procesos hidrológicos, para cuyo modelado el programa ofrece diversos métodos. La tabla 2 agrupa los procesos aplicables en cada tipo de elemento, así como los diferentes métodos de resolución disponibles en la versión actual del programa.

Tabla 1. Diferentes tipos de elementos hidrológicos utilizables para definir un modelo de cuenca.








Elemento Hidrológico	Descripción
Subcuenca 	Se utiliza para representar la cuenca hidrográfica real. Normalmente, la cuenca se divide en un número variable de subcuencas, las cuales se conectan adecuadamente siguiendo el flujo. En cada subcuenca se calcula la escorrentía generada por una precipitación, se genera el hidrograma correspondiente, y se añade el caudal base.
Unión 	Combina los hidrogramas de los elementos localizados aguas arriba que confluyen en ella. El hidrograma de salida se calcula como suma de todos los de entrada.
Derivación 	Representa una salida de caudal de la red de drenaje definida por el usuario. El caudal de salida se calcula como diferencia entre el caudal de entrada y el derivado.
Fuente 	Se utiliza para introducir un hidrograma directamente en el sistema. Puede representar por ejemplo un trasvase, o bien un hidrograma precalculado con modelos externos a HEC-HMS.
Sumidero 	Representa la sección de cierre de la cuenca. Se caracteriza porque recibe el hidrograma total de respuesta, y no posee caudal de salida.
Embalse 	Modela la detención y atenuación de una crecida en un embalse o en un estanque de laminación.
Tramo 	Se emplea para propagar el hidrograma generado en un elemento hidrológico hasta otro elemento localizado aguas abajo. La laminación en cauce reduce el caudal pico y aumenta el tipo pico. Este elemento es muy utilizado en el sistema de agregación con modelos discretos.

Tabla 2. Procesos y métodos aplicables en cada tipo de elemento hidrológico.

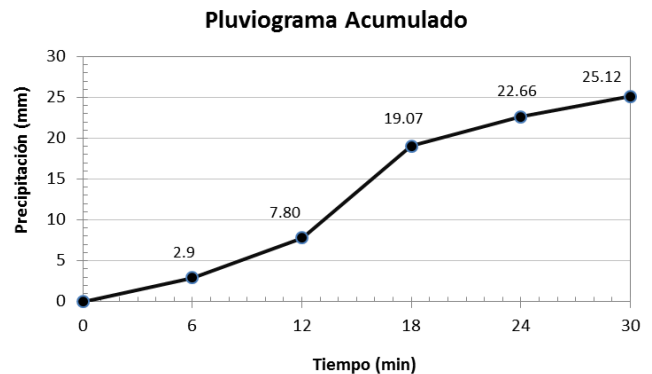
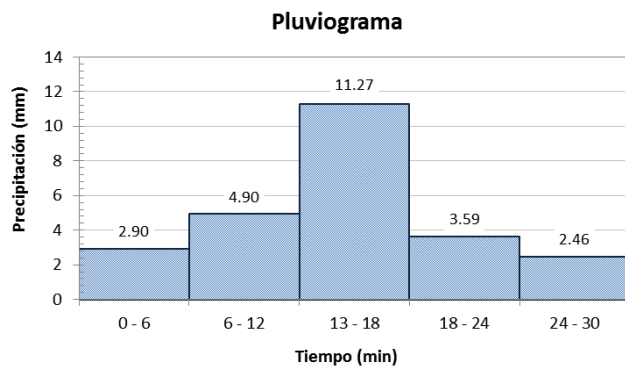
Elemento Hidrológico	Tipo de Cálculo	Método
Subcuenca	Infiltración <i>Loss Rate</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pérdidas iniciales y constantes</li> <li>✓ Número de Curva SCS</li> <li>✓ Green &amp; Ampt</li> <li>Smith Parlange</li> <li>Exponencial</li> <li>Déficit constante</li> </ul>
	Hidrograma <i>Transform</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Hidrograma unitario (HU) SCS</li> <li>✓ HU definido por usuario</li> <li>✓ HU de Clark / modificado</li> <li>✓ HU de Snyder</li> <li>Hidrograma-S definido por usuario</li> <li>Onda cinématica</li> </ul>
	Caudal Base <i>Baseflow</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Curva de recesión (con frontera)</li> <li>Caudal constante</li> <li>Depósitos lineales / no lineales</li> </ul>
Tramo	Tránsito <i>Routing</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Muskingum</li> <li>✓ Muskingum-Cunge</li> <li>Onda cinématica</li> <li>Straddle Stagger</li> <li>Modelo Lag</li> <li>Puls modificado</li> </ul>
	Aporte/Pérdida <i>Gain/Loss</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Constante</li> <li>✓ Percolación</li> </ul>
Embalse	Tránsito <i>Routing</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Método Puls</li> </ul>
Unión Derivación	Composición	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Constante</li> <li>✓ Variable</li> </ul>

## PRÁCTICA 1 (Básico) - Cuenca Simple: Aguacero singular → Escorrentía → Hidrograma

- 98Cuenca simple
- Modelo de lluvia: Pluviograma
- Infiltración-Escorrentía: Número de Curva
- Hidrograma: H.Unitario SCS
- Caudal Base: No

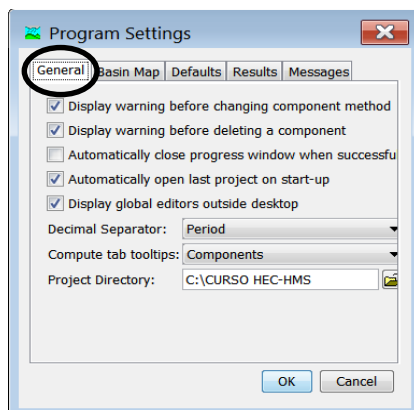
La cuenca de estudio tiene un área de 3 km<sup>2</sup>, la longitud del curso principal es 1042 m, y el desnivel máximo vale 83 m. El número de curva estimado es 86. Se precisa calcular el hidrograma generado por una lluvia ocurrida el 1 Enero 2010 a las 00:00h, de duración 30 min. y precipitación 25.12 mm, de la cual se conoce su pluviograma en intervalos de duración 6 min. No se considera caudal base.

Intervalo	Tiempo (min)	Precipitación (mm)
1	0 - 6	2.90
2	6 - 12	4.90
3	13 - 18	11.27
4	18 - 24	3.59
5	24 - 30	2.46
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>25.12</b>



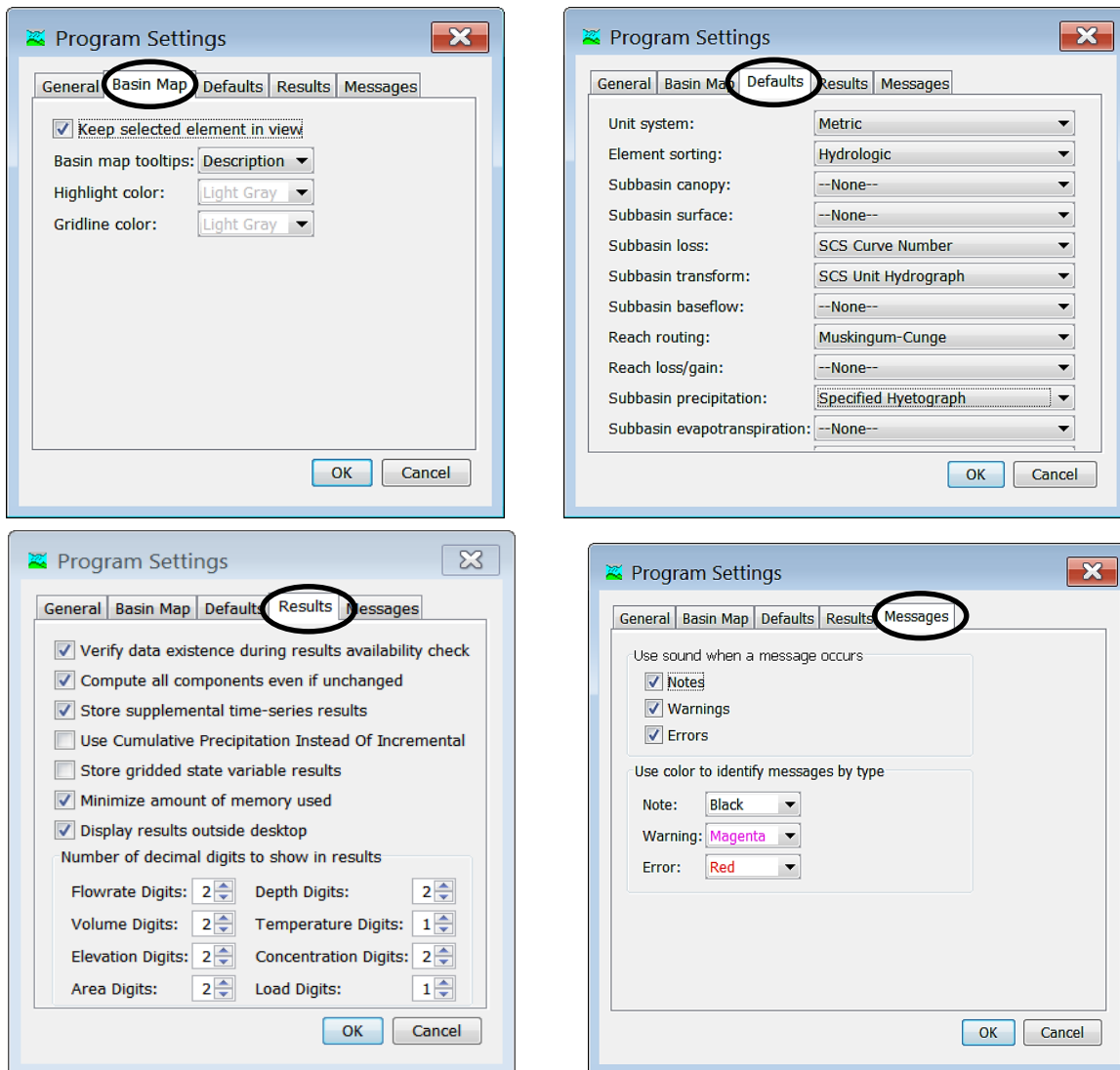
### Configuración del programa

Una vez abierto HEC-HMS, vamos a configurarlo convenientemente por primera vez: *Tools>Program Settings*. En la pestaña *General* active las opciones de la siguiente figura.



- Advertir de cambios efectuados.
- Confirmar el borrado de un componente.
- Cerrar el proceso automáticamente si es correcto.
- Abrir automáticamente el último proyecto al iniciar.
- Mostrar los editores fuera del escritorio (varias ventanas).  
 Separador decimal: punto (*Period*); ej. 2.40.  
 Referencias en pestaña *Compute: Components*.  
 Directorio de proyecto: a su elección.

Configure las 4 sucesivas pestañas restantes de acuerdo a las capturas inferiores.

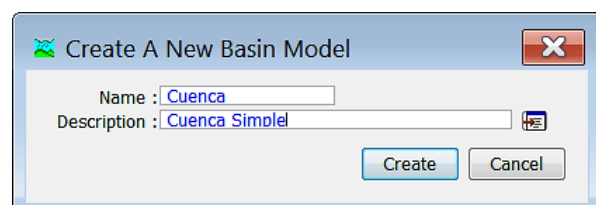
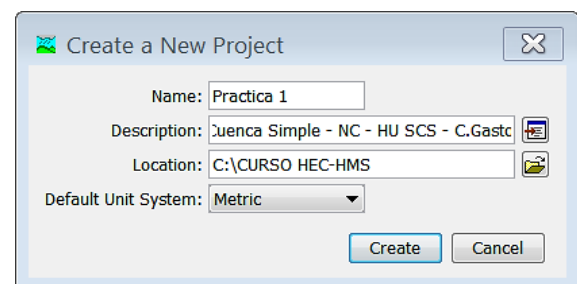


## CREAR NUEVO PROYECTO

En la ventana principal seleccionar *File>New*. Indicar un nombre para el proyecto (*Name*), una descripción (*Description*), la localización de la carpeta (*Location*), y finalmente el sistema de unidades Métrico. Los tres primeros elementos puede fijarlos a su elección.

### PASO 1: DEFINIR EL MODELO DE CUENCA

Ir al menú *Components>Basin Model* y pulsar el botón *>New* para crear un nuevo modelo. Introduzca un nombre (*Name*) a su elección y una descripción opcional (*description*). Pulse *>Create* y cierre el gestor de modelo de cuenca (*Basin Model Manager*).



En el panel de explorador de cuenca abra la carpeta *Basin Models* (click+/2clicks) y seleccione el recipiente modelo (icono cuenca). Aparece entonces en el panel escritorio un lienzo blanco donde se irán colocando los elementos hidrológicos. Para que resulte más ilustrativo (no influye en los cálculos), insertaremos un mapa de la cuenca como fondo. Posicione el ratón en cualquier zona del panel escritorio, pulse *Botón derecho>Background layers* y agregue el fichero gráfico mediante *Add*. Emplearemos el fichero con extensión *\*.map* (*practica1.map*), pero observe que existen otros formatos admitidos: *shp*, *dbf*, *shx*, etc.

A continuación se crea el elemento hidrológico “Subcuenca” (*Subbasin*). Este esquema básico consiste en la cuenca hidrográfica simple, la cual no está subdividida en subcuencas. Para operar consideramos por tanto que *Cuenca* ≡ *Subcuenca 1*. En los botones de la fila debajo del menú, presione el icono de subcuenca y después toque en el lugar del escritorio donde desee colocarlo (Figura 1). A continuación incluya una sección de cierre o sumidero, pulsando el botón correspondiente (*Sink*) y después tocando el escritorio. Para conectar estos elementos, primero oprima el botón “Flecha” (a la izquierda del botón *Subbasin*). Después coloque el ratón sobre el elemento *Subcuenca* en el escritorio, y pulse *click izqdo* para marcarlo. Sin mover el ratón, pulse *botón dcho>Connect downstream*; el puntero cambia a cruz; desplácese hasta el icono sección de cierre y tóquelo con *click izqdo*. Aparecerá el conector recto.

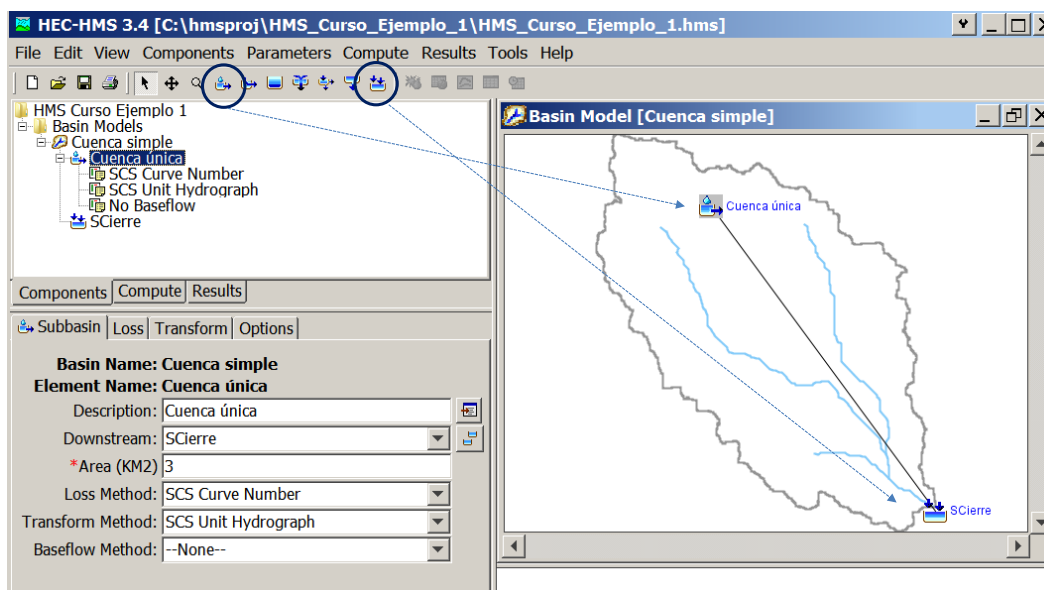


Figura 1.

Para editar la subcuenca, selecciónela en el explorador de cuenca (fondo azul), e introduzca los datos abajo en el panel Editor de Componentes como muestra la Figura 2. En la pestaña activa *Subbasin*: área 3 km<sup>2</sup>; el método de escorrentía (*Loss method*) es Número de Curva (*SCS Curve Number*); el tipo de hidrograma (*Transform*) es Hidrograma Unitario del SCS (*SCS Unit Hydrograph*); y no se considera caudal base (*Baseflow method-none*). Los elementos *Canopy method* y *Surface method* no aplican en este método. Con un asterisco rojo se señalan los datos necesarios. El método de Número de curva se parametriza en la pestaña contigua *Loss*: introducir *NC=86* y conservar el porcentaje impermeable de la cuenca (*Impervious*) en 0%. En la siguiente pestaña *Transform* se define el *HU-SCS*: tipo de gráfico (*Graph Type*) Estándar; y Tiempo de retardo (*Lag Time*) = 6.53 min. Recuerde que *Tlag* = 0.6 Tc.

$$T_c = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385} = 10.88 \text{ min} \quad \text{Fórmula California-Kirpich (1942).}$$

La pestaña *Options* no se utiliza.

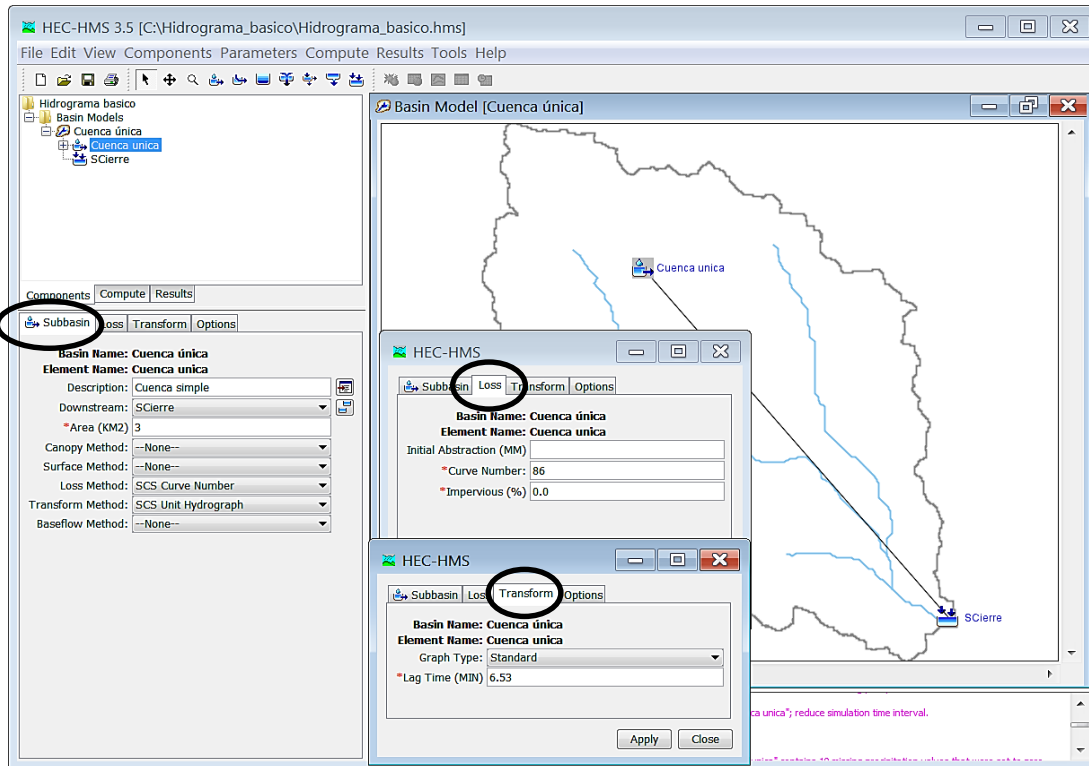


Figura 2.

## PASO 2: DEFINIR LAS ESPECIFICACIONES DE CONTROL

Las Especificaciones de Control (*Control Specifications*) delimitan la duración del escenario de cálculo y la precisión de los resultados. Desde el menú principal seleccione *Components > Control Specification Manager* y cree unas nuevas especificaciones con *>New*. Ahora seleccione en el panel de explorador de cuenca el elemento *Control Specification* y edítelo en el panel inferior (Figura 3): días y horas de inicio y de final de la simulación, e Intervalo de cálculo (*Time interval*). Desde 01Jan2010 - 00:00 hasta 01Jan2010 - 01:30 con  $t=6\text{min}$ . Nota: respetar el formato de fecha (ddMMYYYY) y hora (HH:mm).

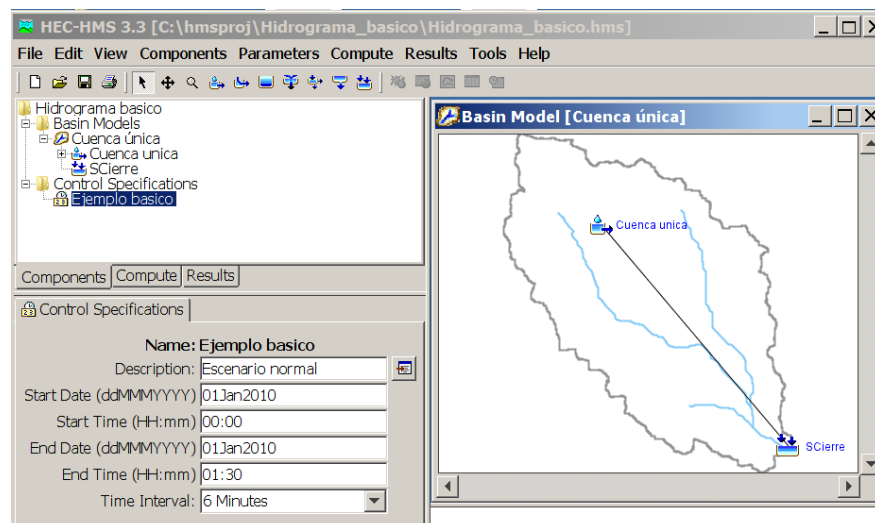


Figura 3.

### PASO 3: INTRODUCIR LA LLUVIA DE CÁLCULO

El pluviograma se introduce desde el menú principal *Components>Times series data manager*. Se elige el tipo de dato en *Data Type>Precipitation Gages*, y se crea una lluvia nueva con *>New*. Indique un nombre y descripción a su preferencia. Para definir la lluvia de cálculo, selecciónelo primero en el panel explorador de cuenca, como un elemento en la carpeta *Time-Series Data>Precipitation Gages>... hasta el final (01Jan2010..)*. Abajo, en el panel editor, se entrarán los datos tal y como muestra la Figura 4. En la pestaña *Time-Series Gage* se fijan las unidades *Units>Incremental Millimeters*, y la duración de los intervalos (*Time interval*) 6 minutos. En la pestaña *Time Window* cambie a la fecha y hora reales de la lluvia: 01Jan2010,00:00 - 01Jan2010,00:30. El pluviograma se introduce en la solapa *Table*, y su gráfica se muestra en la solapa *Graph* para comprobación.

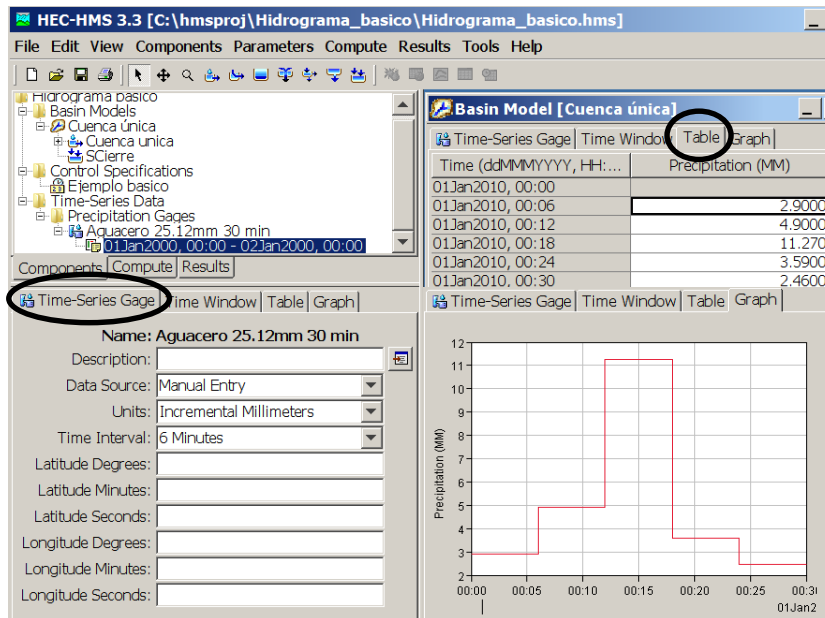


Figura 4.

 Es un momento adecuado para Guardar: *File>Save*.

### PASO 4: DISEÑAR EL MODELO METEOROLÓGICO

El modo como la precipitación de cálculo incide en la cuenca se establece desde el menú principal *Components>Meteorologic Model Manager*. Se crea un nuevo modelo de lluvia con *>New*. En el panel explorador de cuenca se selecciona el modelo recién introducido, representado mediante una nube lloviendo: *Meteorologic Models>modelo....* (Figura 5). Abajo en el panel editor pestaña *Meteorologic Model* se especifica primeramente el método de ponderación de diferentes lluvias: este ejercicio consiste en un aguacero aislado conocido, por lo que se fija *>Precipitation - Specified Hydrograph*. Evapotranspiración (*Evapotranspiration*) y fusión nival (*snowmelt*) no aplican aquí. En la pestaña *Basins* hay que incluir las cuencas correspondientes a dicho modelo, por lo tanto seleccione en la columna *Include Subbasins*, marcando la celda inferior con el ratón (*click izqdo.*) y la opción *Yes*. Por último, en la pestaña *Options* puede mantener el tratamiento de los datos en blanco (*Replace missing-Yes*), y de la sobrescritura (*Total override-No*).

De modo complementario, se puede seleccionar en el explorador de cuenca la pestaña inferior *Results* y activar las variables a mostrar, inclusive varias simultáneamente manteniendo la tecla *CTRL*. En la Figura 7 se muestra un gráfico de barras con el pluviograma (azul), y superpuesto el volumen infiltrado (rojo). La zona azul visible corresponde a la escorrentía (*Excess*). Debajo el hidrograma. A la derecha, reportes tabulares de precipitación – infiltración – escorrentía – caudal, y resumen.

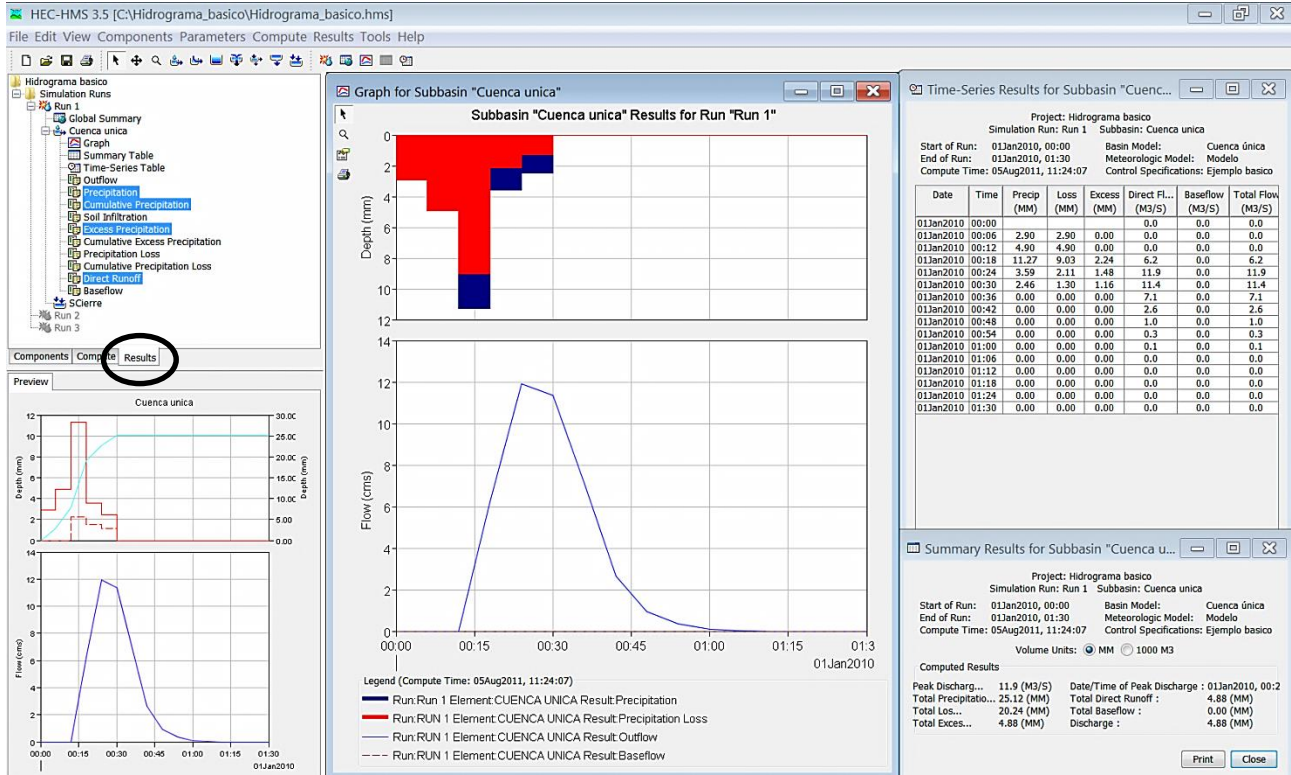


Figura 7.

Advertencias: La configuración anterior produce el siguiente mensaje típico: *“WARNING 41784 - Simulation time interval is greater than 0.29 \* lag for subbasin, reduce simulation time interval”*. Para solventarlo, reduzca en Especificaciones de Control el intervalo de cómputo a 2 minutos. La Figura 8 ilustran las diferencias entre los cálculos con 6 minutos (izqda) y más precisos con 2 minutos. (dcha).

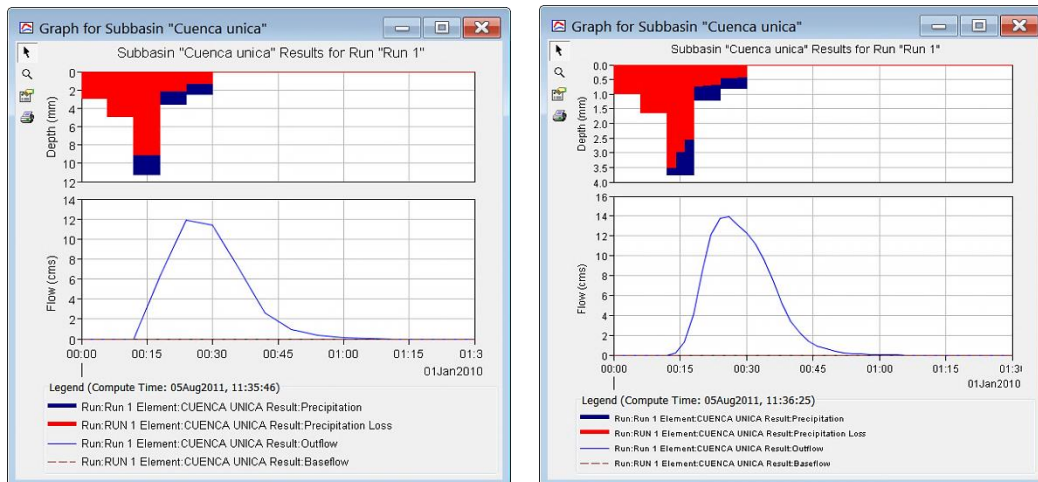


Figura 8.

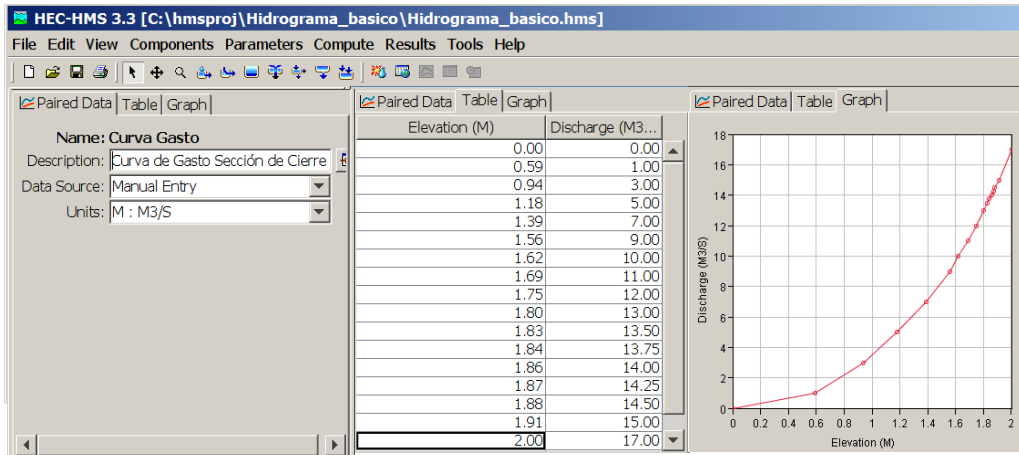


Figura 11.

Ahora hay que asignar la curva de gasto al elemento sumidero. En el panel explorador seleccione en *Basin Models* el elemento sección de cierre (Sink). En editor de componente solapa *Options* seleccione en *Elevation-Discharte* la función de gasto introducida. Para que aparezca en la gráfica un caudal de referencia (Figura 12, línea horizontal), introduzca debajo en la opción *Ref.Flow* el valor 17 m<sup>3</sup>/s, y una etiqueta de referencia (*Ref.Label*) del tipo “desbordamiento”.

Ahora se ejecuta nuevamente la simulación (con intervalo de cómputo en especificaciones de control = 2 minutos). La nueva información que aparece en la sección de cierre es la gráfica de Nivel-Tiempo ligada al hidrograma (Figura 12). Se observa la profundidad máxima durante el caudal pico de 1,9 m, condiciones muy próximas al desbordamiento.

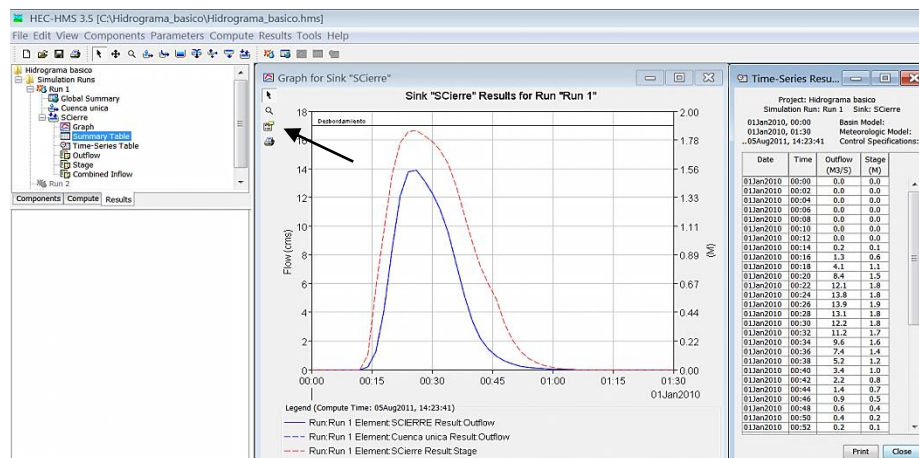


Figura 12.

Por último, puede dedicar un tiempo a revisar las opciones de formato del gráfico de la Figura 12, presionando el botón *Edit Graph Properties* (ver flecha Fig.12, mano agarrando ficha)

## PRÁCTICA 4 – C. Compuesta → NC→ HUT → Conducción Cauce → Agregación subcuencas

- Cuenca compuesta: 2 subcuencas
- Modelo de lluvia: distinta en cada subcuenca
- Infiltración-Escurrentía: NC
- Hidrograma: HUT-Témez (MOPU, 1987 – España).
- Caudal Base: no
- Propagación en Cauce: Método Muskingum-Cunge (8 puntos).

Este ejercicio explica la ejecución del tránsito de un hidrograma en un tramo fluvial mediante el método de Muskingum-Cunge. Aplicando los conocimientos previos sobre unión y tránsito de hidrogramas, aprenderemos a diseñar un modelo de fraccionamiento de cuenca en subcuencas.

La Figura 1 presenta una cuenca de estudio dividida en dos subcuencas: Alta y Baja. La zona Alta tiene una superficie de 3 km<sup>2</sup>, tiempo de concentración 30 minutos, y NC=86. Sobre ella incide un pluviograma de duración 30 minutos y volumen 25.12 mm, compuesto de 5 intervalos de duración 6 minutos cada uno con las siguientes precipitaciones (mm): 2.90 – 4.90 – 11.27 – 3.59 – 2.45. La subcuenca Baja tiene una extensión de 4 km<sup>2</sup>, tiempo de concentración 48 min y NC=92. Sobre ella incide el siguiente pluviograma con intervalos de 6 minutos (mm): 2.90 – 6.20 – 10.30 – 3.20 – 2.10. Cabe destacar que las dos lluvias comienzan y finalizan al mismo tiempo (no hay desfase temporal)

La longitud fluvial entre las secciones de cierre de las subcuencas alta (A) y baja (B) es  $L_{AB}=2500$  m. La pendiente longitudinal media de dicho tramo de propagación es 0.005 (m/m). La geometría de la (única) sección transversal representativa (Figura 2) tiene una anchura de 31 m y profundidad máxima 2 m; se define mediante 8 puntos topográficos (distancia/elevación): 0/2, 5/1, 15/1, 16/0, 21/0, 22/1, 27/1, y 31/2. Los coeficientes de rugosidad de Manning de dicha sección son: margen izquierda = 0.0985; cauce = 0.062; margen derecha = 0.075.

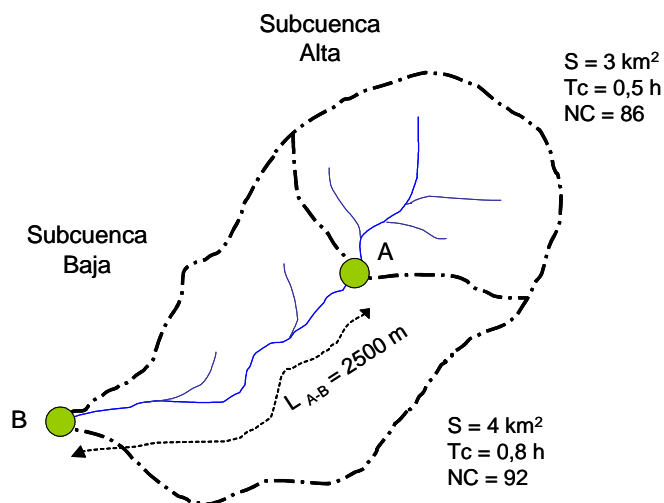


Figura 1.

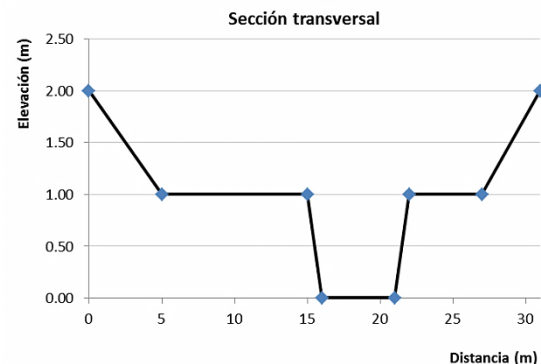


Figura 2.

El sistema de división de la cuenca incluye:

- 1) hidrograma de subcuenca Alta (A).
- 2) Tránsito de ese hidrograma por la longitud fluvial AB.
- 3) Unión de dos hidrogramas en el punto B: Conducido AB + hidrograma de subcuenca Baja.

## Extensión HEC-GeoHMS

### Introducción

HEC-GeoHMS es una extensión de la aplicación informática ArcGis que contiene un conjunto de herramientas hidrológicas geoespaciales. Dicha extensión permite visualizar información espacial, documentar características de la cuenca, realizar análisis espaciales, delinear cuencas y ríos, construir las entradas para modelos hidrológicos. Una capacidad muy interesante de GeoHMS es la de crear modelos de cuenca (*Basin Model*) para ser importados desde HEC-HMS.

En nuestro caso, vamos a utilizar la extensión HEC-GeoHMS para procesar la información del terreno y generar una serie de entradas hidrológicas, las cuales son el modelo de cuenca inicial para HEC-HMS.

Cabe destacar que esta extensión también permite estimar parámetros hidrológicos a partir de las características de la cuenca y de los cauces. Adicionalmente, puede procesar registros de precipitación y de caudal, aunque esta capacidad queda fuera del alcance de este curso de introducción a GeoHMS.

### Descarga ArcGis 10

En este curso vamos a utilizar el programa ArcGis, el cual es un producto de elaborado por Esri, del cual facilitamos el siguiente link, en el que se presentan tres opciones de descarga gratuita (**60 Day-Trial**) <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis10/trial.html>

Una vez que hemos descargado el ArcGis, procedemos a descargar la extensión Hec-GeoHMS, la cual es una aplicación gratuita elaborada por US Army Coops of Engineers y se descarga a partir del siguiente link, seleccionando la extensión correspondiente a HEC-GeoHMS 10 for ArcGis 10.0. <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-geohms/download.html>

### Instalación del HEC-GeoHMS

La extensión HEC-GeoHMS incorpora las herramientas que se muestran a continuación (Fig.1):

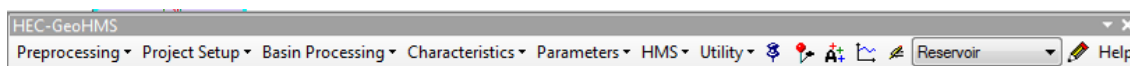


Figura 1.

Una vez instalado el HEC-GeoHMS se debe de cargar en el ArcMap, seleccionamos el menú *Customize* → *Toolbars...* y activamos la extensión HEC-GeoHMS.

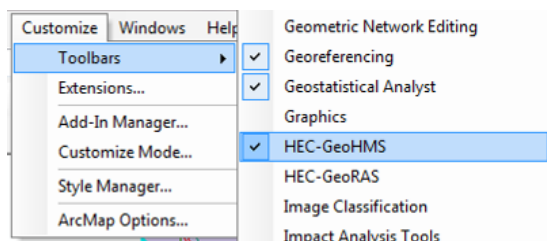


Figura 2. Activación de la herramienta HEC-GeoHMS

Del mismo modo hay que activar la extensión Spatial Analyst desde *Customize* → *Extensions...*

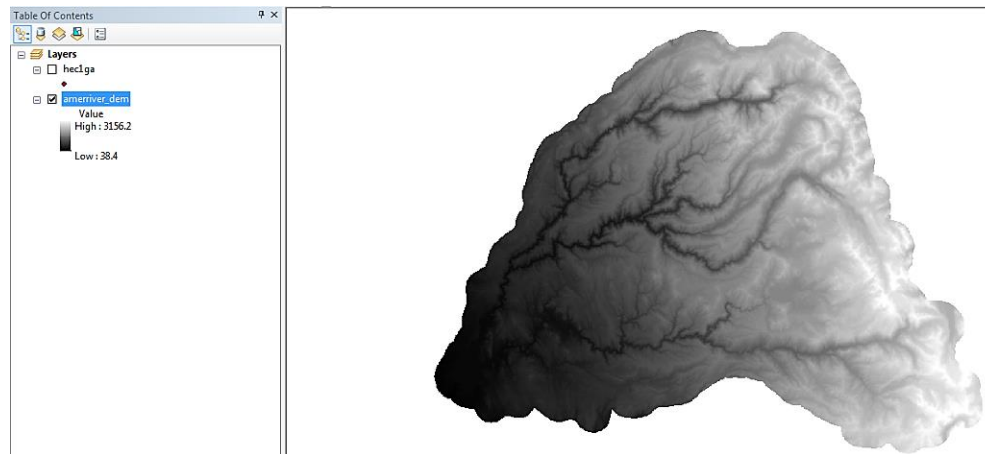


Figura 6. Imagen del MDT con formato Raster

## PASO 2: MODELIZACIÓN DEL TERRENO

Para la modelización del terreno se van a elaborar 9 nuevas capas, las cuales se desarrollan de forma secuencial, ya que para realizar un paso es indispensable la capa creada en el anterior. Estas capas son (se indica el proceso y el nombre de cada una de ellas):

- MDT sin depresiones → FIL
- Flow Direction → FDR
- Flow Accumulation → FAC
- Stream Definition → STR
- Stream Segmentation → STRLNK
- Catchment Delineation → CAT
- Catchment Polygon Processing → CAT\_POL
- Drainage Line Processing → DRA\_LIN
- Watershed Aggregation → WAT\_AGG

### MDT sin depresiones

El MDT sin depresiones se elabora rellenando las depresiones, con el fin de que el agua pueda fluir de una celda a otra sin estancarse. Este aspecto es un requisito de la extensión. Para ello creamos el archivo FILL SINKS, del siguiente modo: Preprocessing > Fill Sinks (Fig.7)

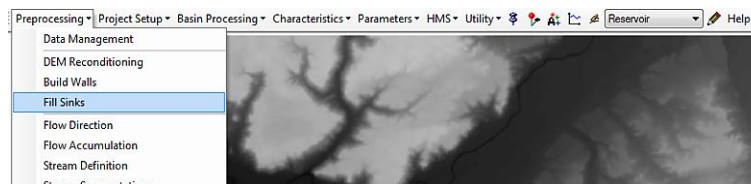


Figura 7. Comandos para determinar el MDT sin depresiones (Fill Sinks)

En la ventana que aparece al continuar (Fig.8), rellenamos los dos primeros apartados obligatorios:

- Input DEM: indicamos la localización del MDT (*amerriver\_dem*) en el computador. Pinche en la flecha para abrir el desplegable y seleccione el fichero. Si apareciese un símbolo de error (círculo rojo con cruz blanca) delante de Input DEM, debería desaparecer una vez seleccionado.

A continuación señalamos, haciendo clic, el punto donde queremos que se localice la sección de cierre de la futura cuenca, según muestra la Figura 39.

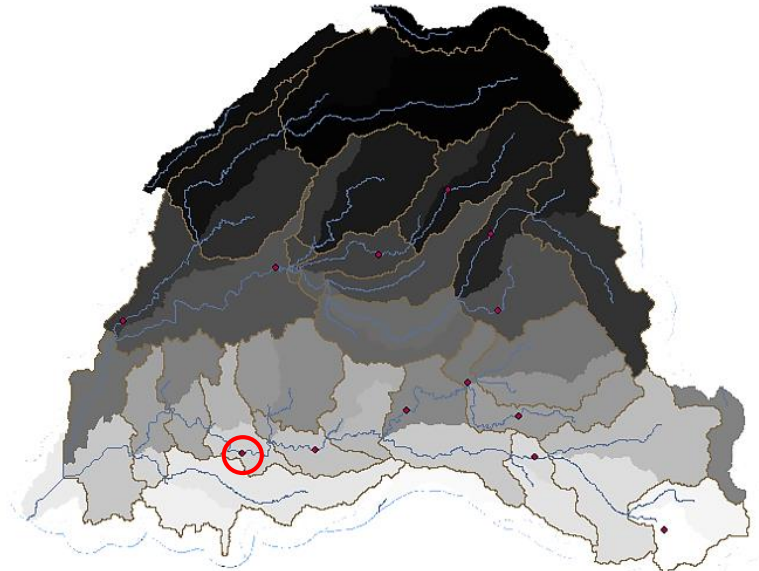


Figura 39. El círculo rojo indica el punto de salida de la cuenca (sección de cierre- "outlet")

Una vez seleccionado el punto de salida, aparece la ventana Project Points for EJEMPLO, en el que damos un nombre al punto y una descripción, en este caso podemos poner Punto 1 en ambos apartados y aceptamos (Fig.40).

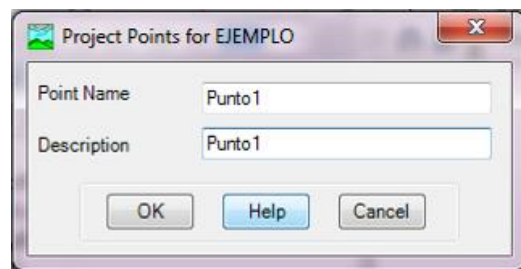


Figura 40. Ventana de Project Points

### Generate Project

A continuación vamos a proceder a generar el proyecto de la zona de estudio, para ello seleccionamos Project Setup > Generate Project (Fig.41).

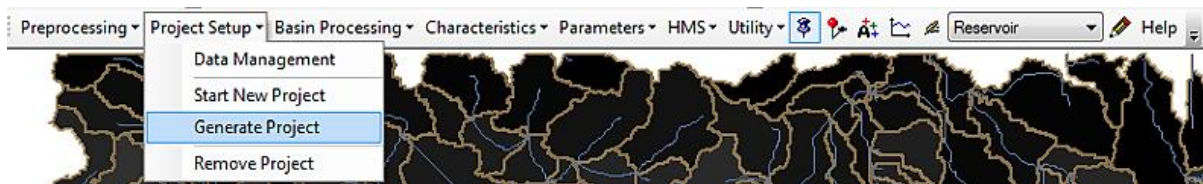


Figura 41. Comandos para generar el proyecto

Nos aparece la ventana Generate Project (Figura 42), en la que se ve un resumen de todas las capas generadas en el punto 4, las cuales están colocadas automáticamente. Si eventualmente la capa de Raw DEM no lo estuviese, tendríamos que seleccionar nuestro MDT (amerriver\_dem).

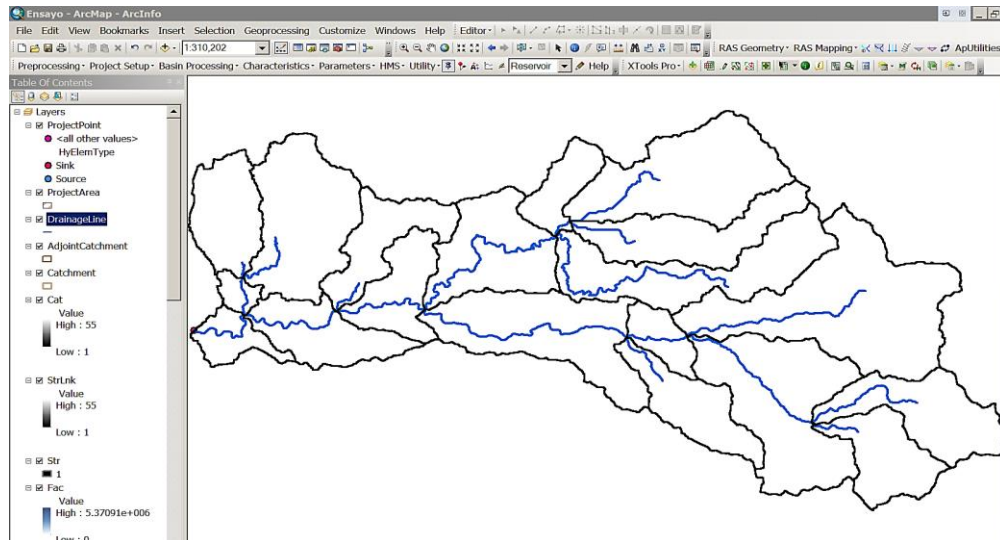


Figura 45. Imagen de la cuenca generada

#### PASO 4: PROCESAMIENTO DE LA CUENCA

##### Delimitación de las subcuencas generadas

➤ Combinación de cuencas

Este proceso se realiza cuando tenemos un número muy grande de subcuencas y queremos agruparlas en menos cuencas y más extensas. Para ello seguimos los siguientes pasos:

- Selección de las cuencas a unir, mediante el boton de ARCMAP: *Select Features* (Fig.46)



Figura 46. Icono Select Features

Ahora pulse sobre la divisoria de la primera subcuenca seleccionada. Observe que cambia de color negro a celeste. Para seleccionar múltiples subcuencas mantenga pulsada la tecla MAYÚSCULA (Fig.47).

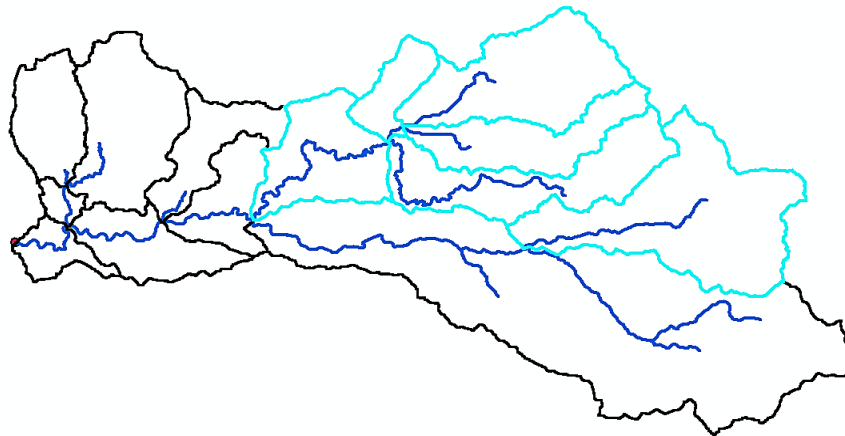


Figura 47. Selección de varias subcuencas para ser agregadas.

➤ Importación del mapa de fondo (*Background layer*)

Para agregar la capa, nos situamos dentro de la ventana *Basin Model*, y hacemos clic con el botón de la derecha y seleccionamos *Background Layers* (Figura 97).

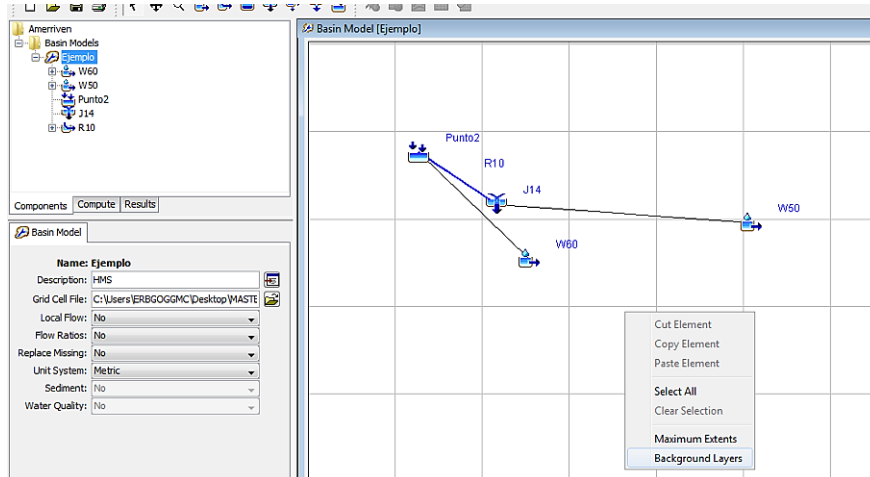


Figura 97. Comando para introducir el *Background Layer*.

En la ventana que aparece añadimos las capas (\*.shp) creadas en ArcGIS, mediante la pestaña *Add...* (Fig.98), cerramos la ventana y ya tenemos el *Basin Model* preparado (Fig.99).

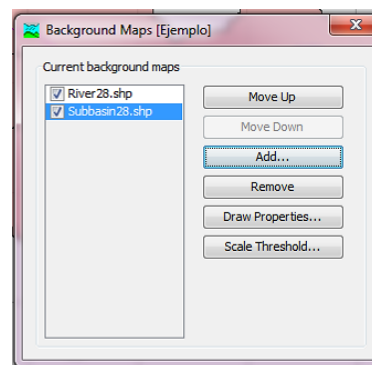


Figura 98. Ventana *Background Maps*

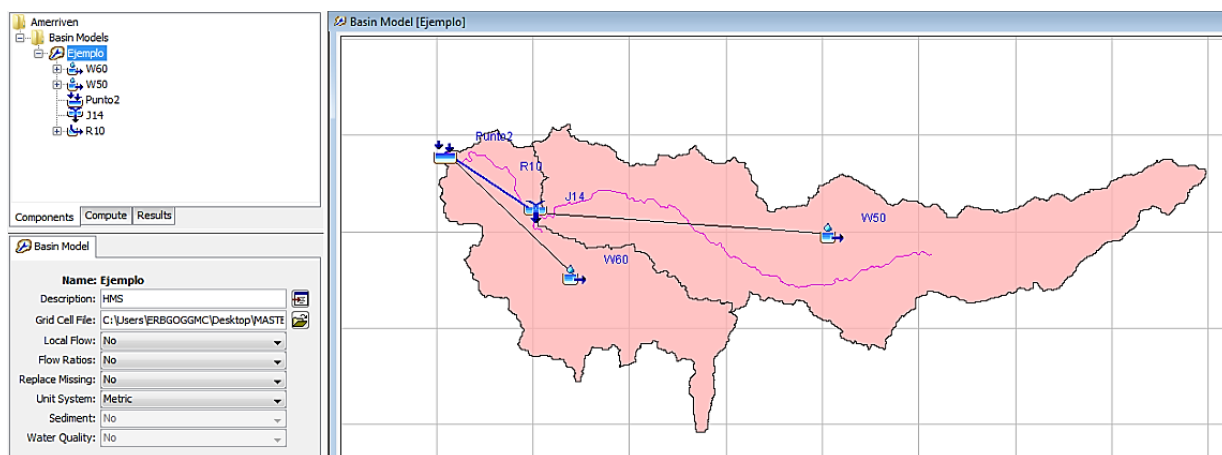


Figura 99. Modelo de cuenca generado con HEC-GeoHMS.