



**DOCUMENTO TÉCNICO  
DESCRIPTIVO DE LA RED HIDROGRÁFICA  
ESCALA 1:50 000**

Edición: 2.0

**Agosto de 2010**



**INSTITUTO NACIONAL  
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA**

Dirección General de Geografía y Medio Ambiente



## ÍNDICE

### INTRODUCCIÓN

### OBJETIVO

### 1. DESCRIPCIÓN GENERAL

### 2. INSUMOS

### 3. UNIDAD DE TRABAJO

### 4. MODELO DE INTEGRACIÓN DE DATOS ESPACIALES EN INFORMACIÓN

#### 4.1. Características de la información

##### 4.1.1 Componente descriptivo

Ocurrencia

##### 4.1.2 Componente espacial

##### 4.1.2.1 Representación Geométrica de la Información o de sus objetos

Punto

Línea

Área

##### 4.1.4 Topología

Relaciones espaciales

Conectar

Cruzar

Relación lógica

#### 4.2. Diccionario de Información

##### 4.2.1 Punto de Drenaje

##### 4.2.2 Línea de Flujo

##### 4.2.3 Polígono de subcuenca

##### 4.2.4 Relaciones espaciales entre entidades

### 5. MARCO DE REFERENCIA

#### 5.1 Sistema Geodésico

#### 5.2 Sistema de Coordenadas

#### 5.3 Exactitud Posicional

#### 5.4 Resolución

### 6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ARCHIVOS ENTREGABLES

#### 6.1 Archivos ShapeFile

##### 6.1.1 Tabla de Atributos

Líneas de flujo

Puntos de drenaje

Subcuencas



## 7. REPRESENTACIÓN DE LA RED HIDROGRÁFICA

- 7.1 Trazo de líneas centrales sobre cuerpos de agua
- 7.2 Incorporación de canales a la red
- 7.3 Ciclos y Bifurcaciones
- 7.4 Puntos de drenaje e interconexión de redes a través de subcuencas.
- 7.5 Direcciones de flujo
- 7.6 Proyecto Binacional EUA-MEX
- 7.7 Hidromorfometría

## 8. UNIDADES DE CAPTACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES ESCALA 1:50 000

- 8.1 Resultados
- 8.2 Casos Especiales de Seis Subcuencas Representadas por más de un Polígono y su Solución.
- 8.3 Otros casos de Subcuencas que fueron Fusionadas.

## 9. ETAPAS POSTERIORES ORIENTADAS A LA CONSOLIDACIÓN DEL SISTEMA DE DATOS HIDROGRÁFICOS DE MÉXICO.

- 9.1 Acciones por emprender a corto plazo
- 9.2 Acciones futuras por emprender

## 10. CONCLUSIONES

- ANEXO I      Redes Geométricas
- ANEXO II     SIATL Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas



## **INTRODUCCIÓN**

Actualmente las nuevas tecnologías de información así como los avances en ingeniería de software, han permitido el desarrollo de los llamados “Sistemas de Información Geográfica” por sus siglas SIG’s, para el procesamiento, visualización, modelado, de datos espaciales, algunos de los cuales incluyen herramientas para construir redes geométricas.

Las redes geométricas ofrecen una forma para modelar redes comunes de infraestructura o naturales que se encuentran en el mundo real: de distribución de agua, líneas eléctricas, gasoductos, servicios telefónicos y el flujo de agua de cauces son todos ejemplos de las corrientes de recursos que pueden ser modelados y analizados.

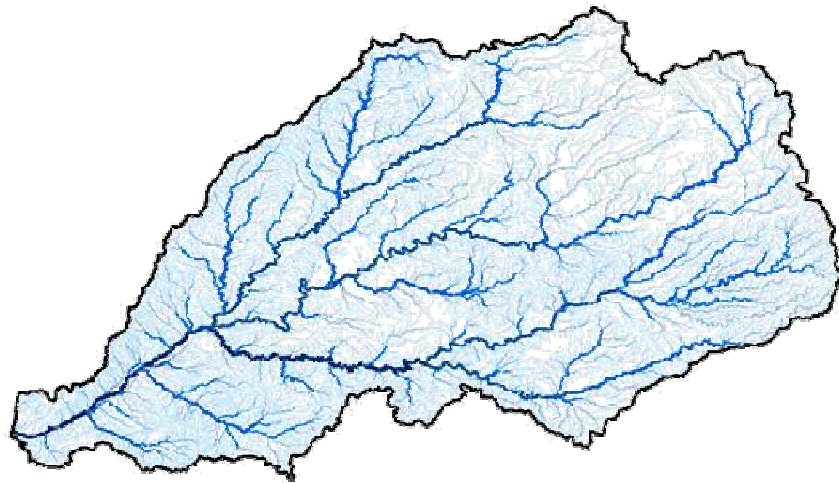
Uno de los objetivos del INEGI inmerso en el Marco del Subsistema Nacional de Información Geográfica y del Medio Ambiente, es el generar información de interés nacional que brinde elementos confiables a los tomadores de decisiones en beneficio de la nación, para lo cual se emprendió el proyecto “Estructuración de la Red Hidrográfica escala 1:50 000” consistente en construir redes a partir de rasgos hidrográficos superficiales de datos vectoriales topográficos existentes de la misma escala.

Las redes hidrográficas digitales, vinculadas a diversos datos como área de captación pluvial, precipitación, calidad del agua, temperatura, suelos, entre otras, así como con herramientas de SIG, permitirán realizar trabajos de simulación para que los gobiernos e instituciones establezcan programas y acciones preventivas que beneficien a la población.



## OBJETIVO

Describir los aspectos técnicos de los elementos que componen la Red Hidrográfica escala 1:50 000 como son puntos de drenaje, líneas de flujo y unidades de captación de aguas superficiales a la misma escala (subcuenca, cuenca y región hidrográfica), así como la información asociada y complementaria, con el fin de facilitar el conocimiento y el mejor entendimiento para su uso y aplicación.



**Nota:** La simbología y caracterización de los diferentes rasgos que se muestran en las imágenes ilustrativas en el presente documento, es la que se usó durante los trabajos de conectividad de la red, con el fin de identificar algunos resultados de métodos de redes geométricas, así como resaltar rasgos con colores contrastantes a imágenes de satélite u ortofotos para fines de interpretación.



## **1. DESCRIPCIÓN GENERAL**

La red hidrográfica es un sistema de circulación lineal que modela el drenaje de una cuenca hidrográfica.

El objetivo de la edición 1 fue el construir para cada subcuenca la red hidrográfica a partir de datos topográficos escala 1: 50 000, en específico líneas que representan corrientes de agua y en algunos casos líneas que representan canales, así como determinar para cada línea la dirección del flujo de agua.

Para realizar lo anterior, como unidad de trabajo se consideró la unidad más desagregada de la División de Aguas Superficiales Serie I escala 1:250 000 que corresponde a la subcuenca, que por una parte facilitó la distribución del trabajo pero por otro se presentaron diferencias de escala así como otros factores desconocidos de no concordancia con límites físico-naturales.

Motivo por el cual se emprendió el realizar la edición 2 que además de verificar la integridad entre redes tributarias y receptoras para dar consistencia a todo un sistema mayor de drenaje como puede ser a nivel cuenca o región hidrográfica, se digitalizaron los límites de subcuenca al detalle de la escala 1: 50 000 obteniendo con esto las Unidades de Captación de Aguas Superficiales derivada de la División Hidrológica de Aguas Superficiales escala 1:250 000.

Además, en esta edición 2.0 se incluyen indicadores de hidromorfometría para cada segmento de la red, como la magnitud de orden con la clasificación de Strahler (stream order) y el nivel de corriente (stream level) entre otros como la sumatoria de longitudes aguas arriba (arbolate sum), sumatoria de longitudes aguas abajo (path length) y un identificador de secuencia (sequence identifier), con los que se facilita tanto de forma visual como tabular el análisis de un sistema de drenaje.

Es importante mencionar que el trabajo fue distribuido en oficinas regionales y estatales con una participación de 115 analistas-editores para la edición 1 y 65 para la edición 2.

Este proyecto está concebido con trabajos de gabinete utilizando en un Sistema de Información Geográfico, diversos insumos vectoriales y de imágenes como apoyo para la interpretación del comportamiento hidrológico por parte de los analistas-editores.

A efecto de poner la Red Hidrográfica escala 1:50 000 a disposición lo antes posible a los usuarios potenciales, el proyecto está concebido en etapas orientadas a la construcción, mejora y al robustecimiento del producto, de tal forma que se liberarán ediciones conforme se avance en el proyecto.



## 2. INSUMOS

Para la estructuración de la Red Hidrográfica, se tomaron los datos topográficos vectoriales escala 1:50 000 generados por este Instituto, como fuente principal entre otros datos de diferentes escalas como soporte para determinar los criterios de conectividad de los rasgos.

<b>Datos topográficos vectoriales 1:50 000</b>
Corrientes de agua
Cuerpos de agua
Corrientes que desaparecen
Canales
Entradas a gruta
Manantiales
Áreas urbanas
Conjunto Nacional de Curvas de Nivel

<b>Datos topográficos vectoriales 1:20 000</b>
Línea de costa elaborada por la Subdirección de Información Marina

<b>Datos topográficos vectoriales 1:250 000</b>
Corrientes de agua – Red Hidrográfica

<b>Datos de Recursos Naturales vectoriales 1:250 000</b>
División Hidrológica de Aguas Superficiales Serie I
Geología
Permeabilidad de Suelos
Permeabilidad de Rocas
Fallas y fracturas

<b>Datos Raster</b>
Ortofotos con resolución de 3 y 1.5 metros
Imágenes de satélite SPOT
Modelo Digital de Elevación con resolución de 1" de arco
Servicio de Imagen Cartográfica Digital escala 1:50 000

### 3. UNIDAD DE TRABAJO

Para un mejor entendimiento del escurrimiento de aguas superficiales, se consideró como unidad de trabajo, la unidad más desagregada de la División Hidrológica de Aguas Superficiales escala 1:250 000 Serie I que corresponde a subcuenca, por lo que fue necesario preparar los insumos de su formato original, a estas unidades que representan áreas físicas naturales.



La División de Aguas Superficiales se compone de tres niveles de desagregación:

**REGIÓN HIDROGRÁFICA.-** Área delimitada por una divisoria que agrupa por lo menos dos cuencas hidrográficas, cuyas aguas fluyen a un cauce principal. La cobertura nacional asciende a 37 divisiones las cuales se denotan por el prefijo “RH” y los números del “01” al “37”. Ejemplo: “RH12”

**CUENCA HIDROGRÁFICA.-** Superficie delimitada por una divisoria cuyas aguas fluyen hacia una corriente principal o cuerpo de agua; constituye una subdivisión de la región hidrográfica. La clave se compone de los dos dígitos de la región hidrográfica y una letra mayúscula de la “A” a la “Z”. Ejemplo: “RH12K”

**SUBCUENCA HIDROGRÁFICA.-** Área considerada como una subdivisión de la cuenca hidrográfica que presenta características particulares de escurrimiento y extensión. Su clave es el resultado de la concatenación de la clave de la región hidrográfica, más la clave de la cuenca y una letra minúscula de la “a” a la “z”. Ejemplo: “RH12Kf”



## **4. MODELO DE INTEGRACIÓN DE DATOS ESPACIALES EN INFORMACIÓN**

Con el fin de contribuir al desarrollo, integración y consolidación del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG), se requiere la aplicación de un marco normativo que permita uniformar la generación de los datos y la información geográfica que sea la base para la producción de Información de Interés Nacional que pueda ser compatible, comparable, compartible, confiable y consistente.

Para efecto de la Red Hidrográfica, se mencionarán los aspectos que le dan sustento conceptual en el Modelo General de Integración de Datos Espaciales de la norma técnica próxima a publicarse.

### **4.1 Características de la Información**

El producto se compone de:

- Puntos de Drenaje (Objeto puntual)
- Líneas de Flujo (Objeto lineal)
- Polígono de Subcuenca (Objeto de tipo polígono)

La información se constituye de dos componentes: Componente Descriptivo y Componente Espacial

#### **4.1.1 Componente Descriptivo**

Son características que califican y describen aspectos de la información geográfica o de los objetos de información. El número de atributos asociados a la información es variable, pueden ser cualitativos o cuantitativos.

Los objetos de la información están descritos en los diccionarios de información mediante sus nombres, definiciones y la asignación de atributos. Los nombres, definiciones y atributos empleados, aplican estrictamente para los fines específicos de su manejo en el SNIEG.

#### **Ocurrencia**

Ocurrencia es la presencia de información geográfica o de sus objetos en un conjunto de información. Cuando la información geográfica o sus objetos cuentan con uno o varios atributos, la existencia de una combinación de valores de los atributos establecidos constituye una ocurrencia. En el punto donde cambia de valor alguno de los atributos, se presenta una ocurrencia diferente, por lo que existen tantas ocurrencias como combinaciones válidas de atributos existan.



## 4.1.2 Componente espacial

Es la representación digital de información geográfica o de objetos de la información con una estructura vectorial.

La información geográfica o sus objetos pueden tener diferente tipo de representación vectorial según su dimensión y escala de trabajo, ya sea por medio de los primitivos básicos Punto, Línea y Polígono, o a través de geometría compleja de tipo Multipunto, Multilínea y Multipolígono.

Cada tipo de representación geométrica (punto, línea y polígono), podrá estar definida en dos o en tres dimensiones, en un determinado sistema de coordenadas.

En general, una componente espacial es una cosa (objeto, persona, evento, concepto, etc.) distinguibles de lo que le rodea, acerca de la cual se requiere información.

Para propósitos de la Red Hidrográfica, un componente espacial es la representación digital del componente descriptivo de un flujo de agua superficial. Se le asocia un nombre con el fin de distinguirla de otras componentes (ejemplos: corriente de agua, canal, cuerpo de agua, etc.)

### 4.1.2.1 Representación Geométrica de la Información Geográfica o de sus objetos.

Constituye la representación digital del componente espacial de un rasgo geográfico. Cada objeto puede estar asociado con distintos tipos de representación geométrica y para esta primera etapa de la Red Hidrográfica está definida en dos dimensiones (X, Y).

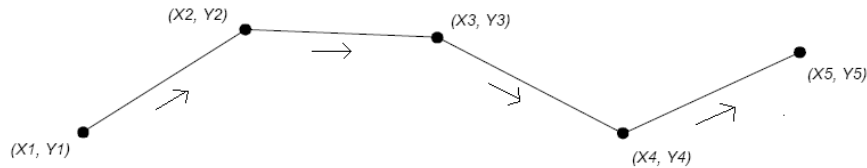
#### Punto

Es la representación geométrica más simple de la información geográfica o de sus objetos. Está definida por un par de coordenadas (X, Y). Se usa para representar objetos que por sus dimensiones y la escala de trabajo requieran manejarse como un punto.



## Línea

Es la representación geométrica constituida por una serie de dos o más pares distintos de coordenadas (vértices) ligados secuencialmente. Los conjuntos de coordenadas deberán corresponder al plano de referencia (X, Y).



Para efecto de la Red Hidrográfica, una línea se usa para describir total o parcialmente la geometría de un flujo superficial de agua en dos dimensiones.

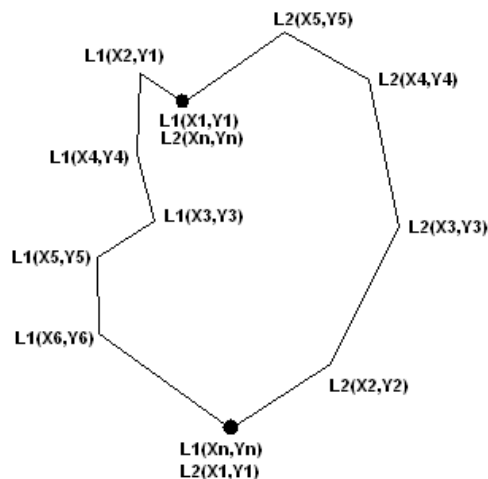
### Sentido del trazo

El sentido del trazo de cada línea denota el comportamiento hidrológico de los escurrimientos, en este caso la dirección de los flujos de agua esto asociado a un atributo que confirma tal aseveración.

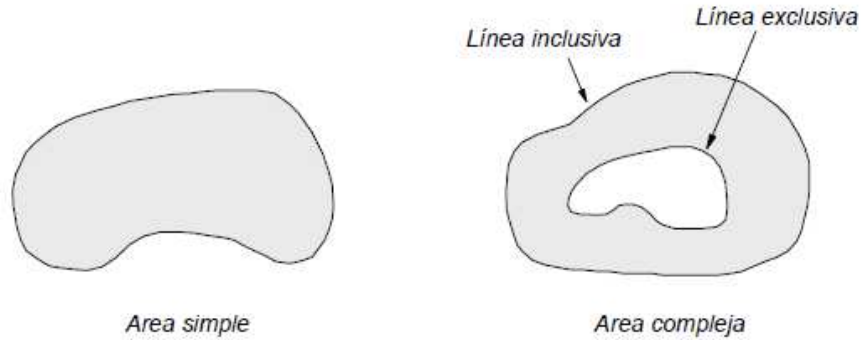
## Área

Es la representación geométrica delimitada por una línea cerrada o serie de líneas que cierran, constituida por una o más líneas ligadas secuencialmente, donde el inicio y fin de las líneas y/o del polígono (dos pares de coordenadas X,Y), tienen el mismo valor asegurando con ello la delimitación del área.

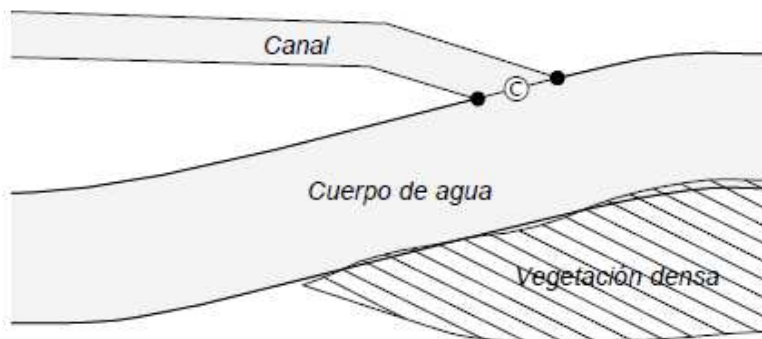
Un área se usa para describir geoméricamente un rasgo geográfico considerado como una extensión o superficie.



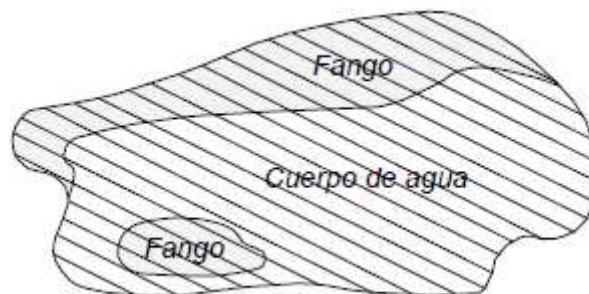
Un área puede ser simple o compleja. Un área compleja está constituida por líneas inclusivas y exclusivas.



Un área puede ser adyacente o estar sobrepuesta a otras. La siguiente figura muestra la adyacencia entre áreas que tienen o no una línea común compartida, indicada ésta por el símbolo ©.



Adyacencia de áreas con y sin relación de compartir



Sobreposición de áreas sin relación de compartir.



#### 4.1.4 Topología

Las relaciones espaciales generales de conectar y compartir se establecen para garantizar condiciones de integridad geométrica en la integración de datos espaciales en información, a partir de éstas, se construyen relaciones topológicas avanzadas de acuerdo con las necesidades particulares de integración de datos en información.

Para garantizar la consistencia geométrica de la Red Hidrográfica, la información geográfica debe estar libre de estos errores:

- Excesos o defectos en las uniones de puntos con líneas.
- Excesos o defectos en las uniones de líneas con líneas.

Para ello, se establecen tres tipos de relación: conectar, compartir y cruzar.

##### Relaciones espaciales:

###### Conectar

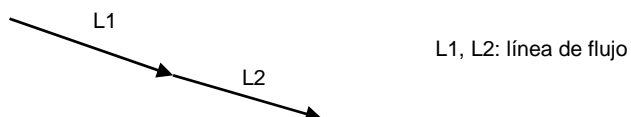
Se da una relación de **conectar** entre objetos de información geográfica, cuando y sólo cuando se satisfacen la condición siguiente:

- Que exista una intersección o unión en el plano de referencia entre los objetos de información involucrados.

La relación de conectar se dará en el punto en el que dos o más objetos de información geográfica diferentes compartan las mismas coordenadas en el plano de referencia (x, y).

Para efectos de la Red Hidrográfica, una relación de conectar implica una terminación de las ocurrencias de representación geométrica de todas las ocurrencias de objetos presentes en el punto de conexión.

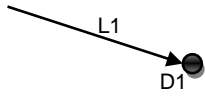
Tal es el caso de que en cada confluencia de los flujos, se garantice dicha terminación de todas las ocurrencias, a menos que los flujos no se compartan se aplicará la relación espacial cruzar.



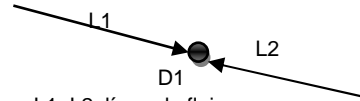
En el caso de conexiones entre diferentes entidades geométricas, el siguiente ejemplo refiere a la conexión entre líneas de flujo y punto de drenaje.



Este rasgo puntual señala la ubicación donde las aguas captadas en una subcuenca drenan al mar, o a otra subcuenca, o donde existe una acumulación de flujos como lagos para el caso de subcuencas cerradas o para indicar que el recurso hídrico se infiltra al subsuelo, entre otros casos de corrientes que desaparecen.

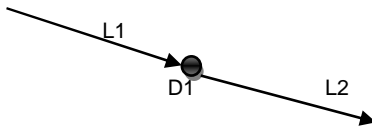


L1: línea de flujo  
D1: punto de drenaje

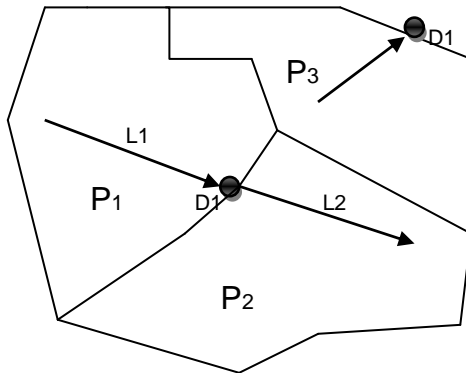


L1, L2: línea de flujo  
D1: punto de drenaje

Para el caso de una subcuenca tributaria de otra, se debe garantizar la continuidad de flujos y por tanto, el punto de drenaje debe ser la interconexión de las líneas de flujo de ambas redes y debe estar ubicado sobre el perímetro de las unidades de captación de aguas superficiales..



D1: punto de drenaje  
L1: línea de flujo de subcuenca tributaria  
L2: línea de flujo de subcuenca receptora



D1: Punto de Drenaje  
L1: Línea de Flujo de subcuenca tributaria  
L2: Línea de Flujo de subcuenca receptora  
P(1,2,3): Unidades de Captación de Aguas Sup.

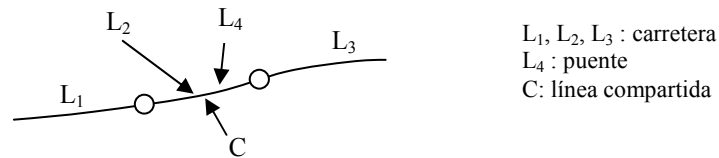
## Compartir

Se dará una relación de compartir entre objetos espaciales cuando se satisfagan las condiciones siguientes:

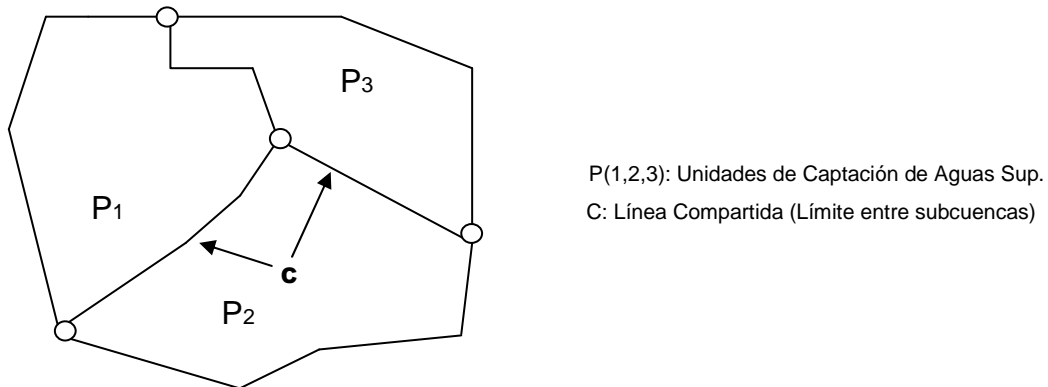
- Que los objetos caracterizados como líneas o polígonos sean parcial o totalmente contiguos o coincidentes.
- Que la relación esté considerada en el diccionario de datos correspondiente.

Esta relación requerirá que los objetos involucrados en la relación, compartan las mismas coordenadas de representación geométrica lineal, en el plano de referencia (x, y).

La relación de compartir implicará una relación de conectar para las líneas que coincidan en los extremos de la línea compartida.



**Figura 11a.** Compartición de objetos de línea



**Figura 11b.** Compartición de objetos de polígono.

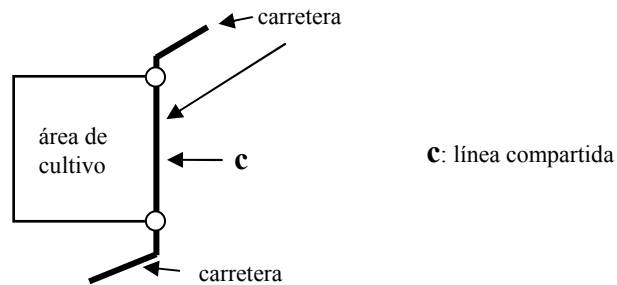


Figura 11c. Compartición de objetos de área y línea.

### Cruzar

Relación espacial que se presenta cuando dos objetos de información se cruzan y las ocurrencias no se dan como terminadas en el punto de intersección.

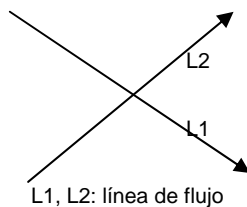
Se da una relación de **cruzar** entre ocurrencias de entidades, sólo cuando se satisface la siguiente condición:

- Que exista un cruce entre líneas de flujo pasando una de ellas por debajo o por arriba de la otra, sin que se compartan el flujo.

Por lo regular esta relación se presenta en donde la mano del hombre ha modificado el comportamiento de los escurrimientos naturales, en específico a través de canales y acueductos.

La construcción de la red hidrográfica fue realizada con trabajos de gabinete y la utilización de esta relación a partir de la interpretación de rasgos con imágenes se torna un tanto difícil, aunado también a determinar la dirección de flujo en los sistemas de canales. Para ello se plantea incorporar los canales en una etapa específica para ello.

No obstante en algunos casos si fue utilizada esta relación.





## Relación lógica

Una relación lógica se da cuando un objeto de tipo punto, línea o área, toma el valor de algún atributo de otro objeto, en específico de un identificador único.

Para el caso de la Red Hidrográfica, existe una relación lógica entre los puntos de drenaje y las líneas de flujo que drenan a dicho punto.

Esta relación es el identificador del punto de drenaje que se propaga a las líneas de flujo que fluyen a ese punto.

## 4.2 Diccionario de Información

### 4.2.1 Punto de drenaje

Objeto puntual que indica el lugar donde los flujos de los escurrimientos superficiales se drenan al mar o a otra subcuenca. También es utilizado para indicar de forma virtual una acumulación de flujos al interior de cuerpos de agua que representan lagos en subcuencas cerradas, además de indicar aquellos flujos que desaparecen de forma superficial por infiltración en función de la condición de suelos, vegetación, relieve, entre otros factores.

#### Atributos

**Identificador único:** Un número secuencial único que se incrementa con cada ocurrencia.

**Clave de la subcuenca:** Clave de la subcuenca a la que pertenece la línea de flujo.

#### **Tipo de punto de drenaje**

Dominio de valores:

0

1

2

#### **Salida o acumulación de flujos de una subcuenca:**

Drenaje de la cuenca

Lago o laguna

Drenaje artificial



<b>Flujos de agua que desaparecen superficialmente por:</b>	
-1	Suelos permeables
-2	Desierto
-3	Falla o fractura
-4	Depresión o dolina
-5	Gruta o cenote
<b>Flujos incompletos por:</b>	
-6	Drenaje a red secundaria
-7	Conjunto faltante
-8	Frontera
-9	Otro

### **Condición del punto de drenaje**

Dominio de valores:

#### **Salida o acumulación de flujos de una subcuenca:**

Drenaje de la cuenca: El punto de drenaje se ubica en la intersección de la línea de flujo que representa una corriente de agua, por lo general la parte más baja del río principal, con el límite de la subcuenca, indicando con esto el lugar de salida de los flujos al mar o a otra subcuenca.

Lago o laguna: El punto de drenaje se ubica de forma virtual dentro de un cuerpo de agua que representa un lago o laguna y coincide con alguna conexión de las líneas de flujo centrales.

Drenaje artificial: El punto de drenaje se ubica en la intersección de la línea de flujo que representa un canal, con el límite de la subcuenca, indicando con esto el lugar de salida de los flujos al mar o a otra subcuenca de forma artificial.

#### **Flujos de agua que desaparecen superficialmente por:**

Suelos permeables: El punto de drenaje se ubica en un flujo de agua que desaparece de forma superficial por infiltración resultado de la interpretación de los insumos de



permeabilidad de suelos y rocas, altimetría e imágenes de satélite y ortofotos.

- Desierto: El punto de drenaje se ubica en un flujo de agua que desaparece de forma artificial por evapotranspiración e infiltración en regiones desérticas, resultado de la interpretación de los insumos de permeabilidad de suelos y rocas, altimetría e imágenes de satélite y ortofotos.
- Falla o fractura: El punto de drenaje se ubica en un flujo de agua natural que desaparece por infiltración coincidente con una falla o fractura, resultado de la interpretación de los insumos de permeabilidad de suelos y rocas, fallas y fracturas, altimetría e imágenes de satélite y ortofotos.
- Depresión o dolina: El punto de drenaje se ubica en un flujo de agua natural que desaparece por infiltración al interior de una depresión o dolina, resultado de la interpretación de los insumos de permeabilidad de suelos y rocas, fallas, fracturas y dolinas, altimetría e imágenes de satélite y ortofotos.
- Gruta o cenote: El punto de drenaje se ubica en un flujo de agua natural que desaparece por infiltración debido a un cenote o gruta.
- Drenaje a una red secundaria: El punto de drenaje se ubica en un flujo de agua natural que drena a un sistema de canales secundarios que no fueron considerados como parte de la red.
- Otro: El punto de drenaje se ubica en un flujo de agua que se queda inconcluso por alguna razón distinta a las anteriores y no interpretable su justificación.



### Flujos incompletos por:

**Conjunto faltante:** El punto de drenaje se ubica donde un flujo de agua queda interrumpido o inconcluso por no estar disponible el conjunto escala 1:50 000.

**Frontera:** El punto de drenaje se ubica en la intersección del flujo de agua con el límite internacional, debido a que el flujo continúa en territorio de un país vecino.

**Identificador del punto de drenaje:**

Identificador de cada punto de drenaje que reinicia su numeración en cada subcuenca y que es usado para la relación lógica para líneas de flujo.

**Número de líneas de flujo:**

Total de líneas de flujo ramificadas y que confluyen en cada punto de drenaje.

**Longitud total de líneas de flujo:**

Suma de todas las longitudes de líneas de flujo ramificadas y que confluyen en cada punto de drenaje.

### 4.2.2 Línea de Flujo

Línea que representa un flujo de agua que depende de precipitación pluvial o afloramiento subterráneo ya sea natural a través de corrientes de agua o artificial a través de canales.

#### Atributos

**Identificador único:** Un número secuencial único que se incrementa con cada ocurrencia.

**Clave de la subcuenca:** Clave de la subcuenca a la que pertenece la línea de flujo.

**Clave de conjunto 50K:** Clave del conjunto digital escala 1:50 000 sólo para líneas originales.





### **Tipo de línea de flujo**

Dominio de valores:

101:	Corriente de agua
102:	Canal
103:	Línea central a través de cuerpos de agua o canales de tipo área.

### **Entidad de línea de flujo**

Dominio de valores:

Corriente de agua:	Flujo de agua que depende de precipitación pluvial o afloramiento subterráneo.
Canal:	Cauce artificial abierto empleado para irrigación, transporte de aguas residuales o conducción de sistemas de abastecimiento o en sistemas de generación de energía eléctrica.
Línea central:	Representación virtual de una línea de flujo a través de cuerpos de agua o canales de tipo área.

### **Código de rasgo (FC)**

Dominio de valores:

3180:	Canal en operación.
3181:	Canal en construcción
3182:	Canal fuera de uso.
3271:	Corriente de agua intermitente.
3272:	Corriente de agua perenne.
3273:	Línea central

### **Condición de la línea de flujo**

Dominio de valores:

Intermitente:	Corriente con presencia de agua en determinadas épocas del año.
Perenne:	Corriente con presencia de agua permanentemente
En operación:	Canal que está en uso
En construcción:	Canal que está en proceso de construcción
Fuera de uso:	Canal que no está en uso
Línea central:	Línea de flujo a través de cuerpos de agua o canales de tipo área.

Nota: estos valores se mantienen de los datos topográficos en su valor original.



### **Edición de la línea de flujo**

Dominio de valores:

O:	Línea original proveniente de los datos topográfico
N:	Línea nueva digitalizada para conexión de la red hidrográfica.

### **Fecha de línea de flujo:**

Para líneas originales: fecha en que se creó o actualizó el conjunto topográfico. Para líneas nuevas: fecha de término de los trabajos de edición de la conectividad o fecha de inclusión de la línea nueva.

### **Longitud de la línea de flujo:**

Distancia en metros de la línea de flujo.

### **Identificador del punto de drenaje:**

Identificador de cada punto de drenaje que reinicia su numeración en cada subcuenca y que heredado a las líneas de flujo para su relación lógica entre objetos.

### **Flowdir (dirección de flujo)**

Dominio de valores:

0:	Dirección de flujo indeterminada
1:	Dirección de flujo determinada.

### **Enabled (estado de línea de flujo)**

Dominio de valores:

0:	(Falso) segmento deshabilitado para redes geométricas.
1:	(Verdadero) segmento habilitado para redes geométricas.

### **Desc\_Enabled (clasificador de líneas de flujo donde se presenta un ciclo o bifurcación)**

Dominio de valores:

NULO:	Segmento habilitado para redes geométricas.
C:	Segmento deshabilitado y que forma un ciclo.
B:	Segmento deshabilitado y que forma una bifurcación.



### **Calificador de posición autorizado de representación geométrica**

Dominio de valores:

0 No determinada.-	para aquellas líneas originales donde no se cuenta con este valor.
1 Definida.-	para aquellas líneas donde los rasgos sobre imagen son visibles e interpretables.
2 Aproximada.-	para aquellas líneas donde los rasgos no son visibles sobre la imagen y se deduce y aproxima el trazo. Por ejemplo sobre áreas urbanas o acueductos subterráneos.
3 Virtual.-	para aquellas líneas centrales sobre cuerpos de agua donde el flujo es virtual.

**Secuence ID:** Identificador de secuencia.

**Order\_1:** Indicador con la clasificación de Strahler.

**Level\_1:** Indicador de nivel de corriente.

**Arbolate Sum\_1:** Sumatoria de longitudes del segmento referencia y de los segmentos tributarios aguas arriba.

**Path Length\_1:** Sumatoria de longitudes a partir del segmento referencia y de los segmentos siguiendo la trayectoria del flujo aguas abajo hasta el punto de drenaje.

**Nota:** para estos cuatro últimos campos con indicadores de hidromorfometría, el sufijo “\_1”, representa que los indicadores fueron determinados a la unidad de subcuenca, sin considerar la continuidad de las aguas a través de dichas unidades.

En la siguiente edición 2.1 se incluirán campos adicionales con el mismo nombre pero con los sufijos “\_2” y “\_3” que contendrán dichos indicadores determinados a nivel cuenca y región hidrográfica respectivamente.

### **Dimensiones mínimas**

Para realizar la conectividad de la red hidrográfica, no se considera ninguna restricción para dimensiones mínimas. En cuanto a los datos origen están en función de las dimensiones mínimas descritas en su diccionario de datos correspondiente.



### 4.2.3 Polígono de subcuenca

Superficie delimitada por una divisoria cuyas aguas fluyen a una corriente principal, o cuerpo de agua; es una subdivisión de una cuenca hidrográfica que presenta características particulares de escurrimiento.

#### Atributos

<b>Id:</b>	número secuencial único que se incrementa con cada ocurrencia.
<b>Cve_subcue:</b>	clave compuesta de la subcuenca que incluye la región, cuenca y subcuenca hidrográfica, ejemplo "RH01Aa".
<b>Cve_rh:</b>	clave de la región hidrográfica, ejemplo "RH01".
<b>RH:</b>	nombre de la región hidrográfica.
<b>Cve_cue:</b>	clave de la cuenca a la que pertenece la subcuenca (letra mayúscula), por ejemplo "A".
<b>Cuenca:</b>	nombre de la cuenca.
<b>Cve_subc:</b>	clave de la subcuenca (letra minúscula), por ejemplo "a".
<b>Subcuenca:</b>	nombre de la subcuenca.
<b>Área_km2:</b>	superficie de la subcuenca en kilómetros cuadrados
<b>Perímetro:</b>	sumatoria de aristas del polígono de subcuenca en kilómetros.
<b>Tipo:</b>	clasificación de la subcuenca en función del tipo del sistema de drenaje.

Dominio de valores

Cerrada: área física de captación pluvial en la que el agua no tiene salida superficialmente por ríos. Puede haber una acumulación de flujos formando lagos o simplemente el agua se infiltra al subsuelo o se



evapora debido a condiciones climáticas y de los suelos.

Abierta: área física de captación pluvial que se distingue por presentar salida de sus aguas a otro sistema o al mar a través de ríos.

**Nota:** para el caso de subcuencas cerradas la clasificación de la subcuenca está dada en función de su característica natural, no obstante éstas presenten salida de sus aguas de forma artificial a través de canales.

**Drenaje1** referencia a donde se drenan las aguas, por ejemplo MAR, FRONTERA, o clave de la subcuenca que capta las aguas.

**Descarga1** total de drenes que se descargan a lo descrito en el campo drenaje1.

**Drenaje2** referencia a donde se drenan las aguas, por ejemplo MAR, FRONTERA, o clave de la subcuenca que capta las aguas.

**Descarga2** total de drenes que se descargan a lo descrito en el campo drenaje2.

**Drenaje3** referencia a donde se drenan las aguas, por ejemplo MAR, FRONTERA, o clave de la subcuenca que capta las aguas.

**Descarga3** total de drenes que se descargan a lo descrito en el campo drenaje3.

**Drenaje4** referencia a donde se drenan las aguas, por ejemplo MAR, FRONTERA, o clave de la subcuenca que capta las aguas.

**Descarga4** total de drenes que se descargan a lo descrito en el campo drenaje4.

**Tot\_desc** total de drenes o descargas



#### **4.2.4 Relaciones espaciales entre objetos**

Línea de flujo (L)	conecta con	Línea de flujo (L)
Línea de flujo (L)	conecta con	Punto de drenaje(P)
Punto de drenaje (P)	conecta con	Línea de flujo (L)
Línea de flujo (L)	cruza con	Línea de flujo (L)
Línea de flujo (L)	conecta con	Subcuenca(A)
Punto de drenaje (P)	comparte con	Subcuenca(A)
Subcuenca(A)	comparte con	Subcuenca(A)
Subcuenca(A)	contiene	Punto de drenaje (P)
Subcuenca(A)	contiene	Línea de flujo (L)



## **5 MARCO DE REFERENCIA**

### **5.1 Sistema Geodésico**

La información de la red hidrográfica se almacena en una base de datos en coordenadas geográficas con Datum ITRF92 época 1988.0 y se distribuye en este mismo sistema.

### **5.2 Sistema de Coordenadas**

La red hidrográfica está referida a sistema de coordenadas geográficas.

### **5.3 Exactitud Posicional**

La exactitud de posición corresponde al grado de cercanía de una cantidad estimada, tal como una coordenada horizontal o una altura, con respecto a su valor verdadero.

Está dada por la diferencia entre la posición de la representación geométrica asociada con un objeto, y la posición real del rasgo geográfico correspondiente, medido con respecto a la red geodésica.

En los datos auxiliares de los conjuntos de datos, se indica la precisión del método de compilación original de los datos topográficos de la Base de Datos Geográfica. Así mismo, se mantendrá un registro de los métodos y materiales empleados en los diferentes procesos lo cual permitirá tener una idea de la calidad de los datos.

Para los trabajos de conectividad y direcciones de flujo de la Red Hidrográfica, se utilizó un rango de escala de visualización permitido entre 1:2 500 a 1:10 000 para la digitalización de líneas nuevas.

Este rango permitió tener el acercamiento adecuado para digitalizar rasgos que requirieron mayor detalle como en las partes abruptas o sinuosas, así como un alejamiento adecuado para rasgos sobre valles, planicies o llanuras donde los rasgos no presentan tanta variante y por ende la densidad de vértices apropiados.

### **5.4 Resolución**

La **resolución**, especifica la unidad de medida más pequeña que se adopta para registrar datos. Para los datos vectoriales de la BDG, se establece en un metro para los ejes X y Y.

Para el caso de la Red Hidrográfica la resolución para los ejes X y Y se establece a 8 dígitos decimales de grados decimales, que en metros representan por debajo de 1 milímetro y dependerá su variante en función de la latitud.



Para representaciones geométricas lineales, la densidad de coordenadas debe ser suficiente para permitir curvas suaves a la escala de representación, mientras se respete la precisión y se evite una sobreabundancia de coordenadas. Las especificaciones y estándares de adquisición de datos definen los parámetros mínimos con respecto a la regla arriba mencionada.





## 6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ARCHIVOS ENTREGABLES

### 6.1 Archivos ShapeFile

Las redes hidrográficas se entregan en archivos vectoriales en formato shapefile por sus siglas (SHP), el cual es un formato propietario abierto de la compañía ESRI quién crea y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica y que actualmente se ha convertido en el formato estándar de facto, para el intercambio de información geográfica entre los diversos Sistemas de Información Geográfica.

Este tipo de formato se compone de cuatro archivos principales: SHP en el cual se guardan las geometrías, DBF en el cual se guardan los atributos de las geometrías, SHX para índices de los datos espaciales, PRJ para la referencia geoespacial; y otros archivos auxiliares como SBX y SBN que se generan realizando algunos procesos, además de otros como el XML para metadatos.

#### 6.1.1 Tabla de Atributos

##### Red Hidrográfica

###### Punto de Drenaje

Nombre	Tipo	Long	Descripción	Dominio de valores
FID	OID			0, ...N
SHAPE	Geometry		Geometría	Point
ID	Numérico	11	Identificador único	1 ... N
CVE_SUBC	Caracter	7	Clave de la subcuenca	
TIPO	Numérico	11	Clasificación de drenaje	0,1,2, -1...-9
CONDICION	Caracter	20	Descripción de drenaje	
ID_DRENA	Numérico	11	Identificador del punto de drenaje	1 ... N
ARBSUM	Numérico	12	Sumatoria de longitudes de líneas de flujo aguas arriba, que confluyen en el punto de drenaje	
NUM_LIN	Numérico	8	Total de líneas ramificadas y que confluyen en el punto de drenaje	1 ... N



Dominio de Valores

TIPO / CONDICIÓN
0 Drenaje de la cuenca
1 Lago o laguna
2 Drenaje artificial
-1 Suelos permeables
-2 Desierto
-3 Falla o fractura
-4 Depresión o dolina
-5 Gruta o cenote
-6 Drenaje a red secundaria
-7 Conjunto faltante
-8 Frontera
-9 Otro

Línea de Flujo

Nombre	Tipo	Long	Descripción	Dominio de valores
FID	OID			0, ... N
SHAPE	Geometry		Geometría	Polyline
ID	Numérico	11	Identificador único	1 ... N
CVE_SUBC	Caracter	7	Clave de la subcuenca	
CLAVE50K	Caracter	7	Clave del conjunto topográfico escala 1:50000	
TIPO	Numérico	11	Tipo de entidad	
ENTIDAD	Caracter	17	Entidad	
FC	Numérico	11	Código de rasgo	
CONDICION	Caracter	13	Condición de la corriente	
EDICION	Caracter	1	Tipo de la línea "original" o "nueva"	'O' ó 'N'
FECHA	Fecha	8	Para líneas originales: fecha en que se creó o actualizó el conjunto topográfico. Para líneas nuevas: fecha de término de los trabajos de edición de la conectividad.	DD/MM/AAAA
LENGHTM	Numérico	12.2	Longitud del segmento	
ID_DRENA	Numérico	11	Identificador del punto de drenaje al cual pertenece la línea	1...N
FLOWDIR	Numérico	11	Definición de la dirección de flujo	0 ó 1
ENABLED	Numérico	6	Campo para habilitar o deshabilitar segmentos en redes geométricas	0 ó 1
DESC_ENABL	Caracter	2	Descripción del campo Enabled (Ciclo o bifurcación)	Nulo, 'C' o 'B'



CALI_REPR	Numérico	11	Calificador de representación geométrica	0,1,2 ó 3
SECUENCEID	Numérico	8	Identificador de secuencia	
ORDER_1	Numérico	8	Magnitud de orden (clasificación de Strahler) a nivel de subcuenca	N...1, -1
LEVEL_1	Numérico	8	Nivel de corriente a nivel de subcuenca	1...N, -1
ARBSUM_1	Numérico	12.2	Sumatoria de longitudes de líneas de flujo aguas arriba a nivel de subcuenca	
PATHL_1	Numérico	12.2	Longitud de trayectoria (sumatoria de longitudes aguas abajo) a nivel de subcuenca	

### Dominio de Valores

TIPO / ENTIDAD
101 CORRIENTE DE AGUA
102 CANAL
103 LINEA CENTRAL

FC / CONDICION
3180 CANAL EN OPERACIÓN
3181 CANAL EN CONSTRUCCIÓN
3182 CANAL FUERA DE USO
3271 CORRIENTE DE AGUA INTERMITENTE
3272 CORRIENTE DE AGUA PERENNE
3273 LÍNEA CENTRAL DE CUERPO DE AGUA

EDICIÓN
O Línea original proveniente de los datos topográficos
N Línea nueva digitalizada para conexión de la red hidrográfica



FLOWDIR
0 Dirección de flujo indeterminada
1 Dirección de flujo determinada

Nota: El campo FLOWDIR es reconocido por ArcGis (Sistema de Información Geográfica) en la construcción de redes geométricas así como ArcHydro (Software para el modelado y procesamiento de Redes Hidrográficas).

ENABLED
0 (Falso) Segmento deshabilitado para redes geométricas
1 (Verdadero) Segmento habilitado para redes geométricas

Nota: El campo ENABLED es reconocido por el software ArcGis en la construcción de redes geométricas, así como ArcHydro (modelo de datos hidrológico y software para su procesamiento).

Debido a que los segmentos deshabilitados (ENABLED=0) no participan de forma lógica como red geométrica y sólo son considerados para efectos de representación, no aplican los indicadores de hidromorfometría en los campos SECUENCEID, ORDER\_1, LEVEL\_1 que adquieren el valor -1 y ARBSUM\_1, PATHL\_1 que adquieren el valor de 0.

DESC_ENABLED
NULO Segmento habilitado para redes geométricas
'C' Segmento deshabilitado y que forma un ciclo
'B' Segmento deshabilitado y que forma una bifurcación

Nota: este campo tiene valor sí el campo Enabled tiene el valor 0 deshabilitado.

CALI_REPR
0 no determinada
1 definida
2 aproximada
3 virtual



## Unidades de Captación de Aguas Superficiales

### Polígono de Subcuenca

Nombre	Tipo	Long	Descripción	Dominio de valores
FID	OID			0, ...N
SHAPE	Geometry		Geometría	Point
ID	Numérico	11	Identificador único	1 ... N
CVE_SUBCUE	Carácter	6	Clave de Subcuenca Hidrográfica	
CVE_RH	Carácter	4	Clave de Región Hidrográfica	
RH	Carácter	70	Nombre de Región Hidrográfica	
CVE_CUE	Carácter	1	Clave de Cuenca Hidrográfica	
CUENCA	Carácter	70	Nombre de Cuenca Hidrográfica	
CVE_SUBC	Carácter	1	Clave de Subcuenca Hidrográfica	
SUBCUENCA	Carácter	70	Nombre de Subcuenca Hidrográfica	
AREA_KM2	Numérico	12.2	Área de la unidad en Km cuadrados *	
PERIMETRO	Numérico	12.2	Perímetro de la unidad en Km. **	
TIPO	Carácter	10	Clasificación de la Subcuenca	ABIERTA, CERRADA
DRENAJE1	Carácter	8	referencia a donde se drenan las aguas, por ejemplo MAR, FRONTERA, o clave de la subcuenca que capta las aguas	
DESCARGA1	Numérico	3	total de drenes que se descargan a lo descrito en el campo drenaje1	
DRENAJE2	Carácter	8	referencia a donde se drenan las aguas, por ejemplo MAR, FRONTERA, o clave de la subcuenca que capta las aguas	
DESCARGA2	Numérico	3	total de drenes que se descargan a lo descrito en el campo drenaje2	
DRENAJE3	Carácter	8	referencia a donde se drenan las aguas, por ejemplo MAR, FRONTERA, o clave de la subcuenca que capta las aguas	
DESCARGA3	Numérico	3	total de drenes que se descargan a lo descrito en el campo drenaje3	
DRENAJE4	Carácter	8	referencia a donde se drenan las aguas, por ejemplo MAR, FRONTERA, o clave de la subcuenca que capta las aguas	
DESCARGA4	Numérico	3	total de drenes que se descargan a lo descrito en el campo drenaje4	
TOT_DESC	Numérico	4	Total de descargas que tiene la Subcuenca	



Nota: La codificación de caracteres para los archivos .dbf es Latin1.

\* el área está calculada con la proyección Cónica Equivalente de Albers con los paralelos base 17°30' y 29°30' Norte, y falso origen en las abscisas de 2500000 m. en el meridiano 102°W y ordenadas de 0 m. en el paralelo 12°N.

\*\* el perímetro está calculado con la proyección Cónica Conforme de Lambert con los paralelos base 17°30' y 29°30' Norte, y falso origen en las abscisas de 2500000 m. en el meridiano 102°W y ordenadas de 0 m. en el paralelo 12°N.

El nombre de los archivos está compuesto por la clave de la subcuenca y el sufijo “\_hl” para líneas de flujo, “\_dr” para puntos de drenaje y “\_subc” para unidades de captación a nivel subcuenca.

Ejemplo:

RH16Bc_hl.shp	Líneas de flujo (Red Hidrográfica)
RH16Bc_dr.shp	Puntos de drenaje
RH16Bc_subc.shp	Polígono de la subcuenca

### **Información complementaria**

Adicional al producto, se incluye información complementaria que puede ser útil para los usuarios como cuerpos de agua y nombres de rasgos hidrográficos.

De los datos topográficos escala 1:50 000

RH16Bc_ha.shp	Polígonos de cuerpos de agua (embalses o presas, lagos, lagunas, ríos, canales, bordos y mar) representación según dimensiones mínimas en el modelo y diccionario de datos topográficos.
---------------	--

RH16Bc_to.shp	Puntos con topónimos (nombre de rasgos hidrográficos y otros afines)
---------------	--

Estos dos últimos archivos presentan cierto tratamiento respecto a los datos originales topográficos, pero aún no se consideran elementos de la red hidrográfica.

Para el caso de los cuerpos de agua, a lo largo del Río Bravo fue reemplazada su representación por una fusión de polígonos del National Hydrography Dataset del USGS de los EUA.



A efecto de unir aquellos cuerpos de agua divididos por su coincidencia con los paralelos o meridianos utilizados para organizar los datos por conjuntos digitales, se les realizó un proceso automatizado para realizar dicha unión.

Además se tiene el recorte de cuerpos de agua al polígono de la subcuenca con un buffer de 3 Km, ocasionando con esto una franja del cuerpo de agua que representa el mar para aquellas situadas en litorales.

Respecto a los topónimos, el tratamiento realizado fue el construir el nombre compuesto para mejor identificación y representación, pero aún no se vincula el nombre a las líneas de flujo.

Por ejemplo en datos originales:

Término genérico:	ARROYO
Nombre:	VENADO, EL

Con el tratamiento:

Nombre compuesto:	ARROYO EL VENADO
-------------------	------------------

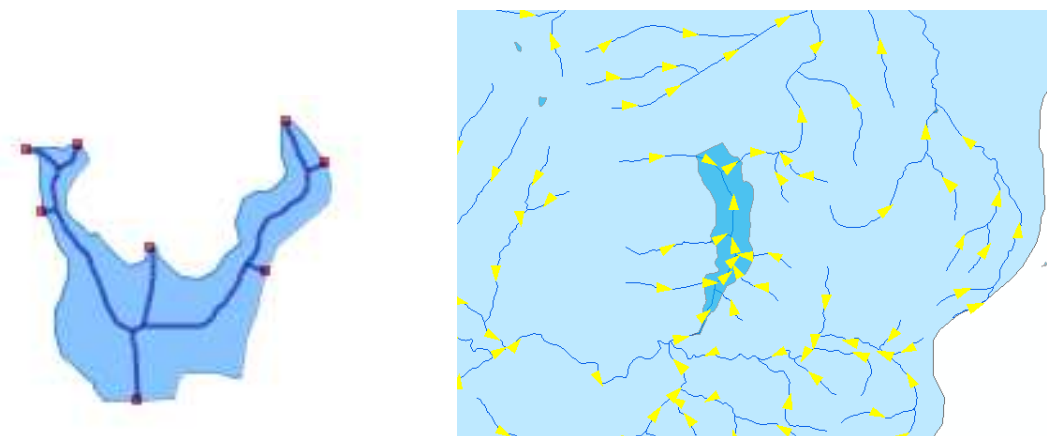
Un producto adicional son los tres continuos nacionales que componen las Unidades de Captación de Aguas Superficiales escala 1:50 000 Edición: 1.0 (Regiones, Cuencas y Subcuencas Hidrográficas). Estos se tendrán que solicitar por separado.

## 7. REPRESENTACIÓN DE LA RED HIDROGRÁFICA

En ese capítulo se describen los aspectos conceptuales necesarios para el entendimiento de la estructuración de la información de la red hidrográfica.

### 7.1 Trazo de líneas centrales sobre cuerpos de agua

Debido a que la representación de una red hidrográfica es totalmente lineal y en los datos topográficos 1:50 000 la trayectoria de los escurrimientos es complementada por la acumulación de flujos (cuerpos de agua) representados con polígonos, fue necesario trazar líneas centrales representando el flujo virtual a través de estos, a efecto de dar continuidad a la red.



Los datos tienen la conexión precisa de las corrientes que confluyen en cada cuerpo de agua.

### 7.2 Incorporación de canales a la red

En los datos topográficos existen dos tipos de entidades geométricas para representar canales, los que se representan de tipo área que por lo general son canales importantes con una anchura mayor o igual a 25 metros, y los de tipo línea para secundarios o menores de 25 de ancho.

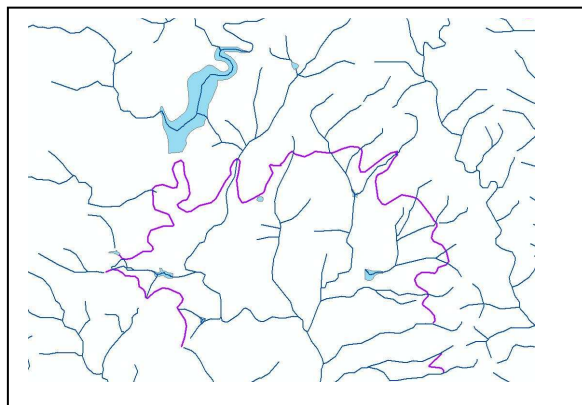
Para el caso de los canales de tipo área, en el proceso de preparación de insumos se agregaron al archivo de cuerpos de agua, a efecto de generar en un proceso automatizado para cada subcuenca, las líneas centrales.



Según el diccionario de datos, es un cauce artificial abierto empleado para irrigación, transporte de aguas residuales o conducción en sistemas de abastecimiento o en sistemas de generación de energía eléctrica.

Pero este tipo de rasgo tiene sus excepciones y es que no todos los canales pueden considerarse como parte de la red hidrográfica.

Tal es el caso del siguiente ejemplo, en el que se aprecia un canal en color magenta, que en lugar de complementar alguna corriente de agua, las cruza.



Caso contrario al ejemplo anterior, existirán canales que dan continuidad a los escurrimientos naturales y que se transfirieron a la red hidrográfica.

Para estos casos, se identificó el o los canales principales y solamente se transfirieron estos a la red, excluyendo el resto del sistema de riego.

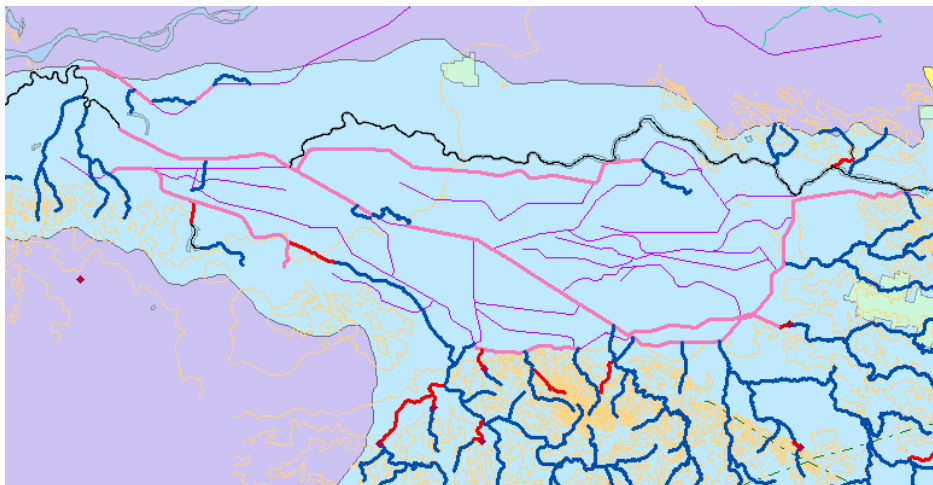


Los casos complejos de canales secundarios que se presentan en distritos de riego donde se forma una malla cuadriculada de acuerdo a las áreas de cultivos, éstos no se incluyeron por lo difícil para determinar sus direcciones de flujo y se plantea la necesidad de realizar una etapa específica para dicha tarea.



En la primera etapa, se les dio prioridad a los canales que dan continuidad a la corriente natural de agua que se observa claramente que están en operación.

En la siguiente imagen se aprecian con color rosa los canales que fueron incorporados a la red hidrográfica y en morado los que no se consideraron:





### 7.3 Ciclos y Bifurcaciones

Existe un comportamiento en el escurrimiento de aguas superficiales que es la bifurcación de cauces provocada por varios factores, como el tipo de suelo y rocas, tipo de vegetación, avenidas y deslaves por eventos hidrometeorológicos, así como otras inducidas por la mano del hombre para diferentes fines, como abastecimiento, riego de cultivos, desvíos para protección de agricultura, poblaciones o infraestructura.

También en muchos de los casos, una vez divididas las aguas en dos cauces, estos pueden volver a confluir aguas abajo y desde el punto de vista de redes geométricas este comportamiento se denomina ciclo o loop.

En el modelado de simulaciones sobre todo en modelos acíclicos, las bifurcaciones y ciclos causan datos erróneos.

Además, para determinar de forma automatizada las direcciones de flujo de todas las líneas que conforman la red, fue necesario detectar este tipo de comportamiento, para deshabilitar los segmentos con el campo "Enabled" con valor 0 (falso) y clasificarlas de acuerdo a su tipo: Ciclo o Bifurcación, debido a que el algoritmo desarrollado es semejante a los modelos acíclicos.

No obstante en este producto estén identificados estos casos, puede o no utilizarse esta característica, debido a que la Red Hidrográfica está diseñada para trabajar con modelos acíclicos y cíclicos.

A continuación se explican estos comportamientos de aguas superficiales, los términos dados para este proyecto y el tratamiento que se les dio:

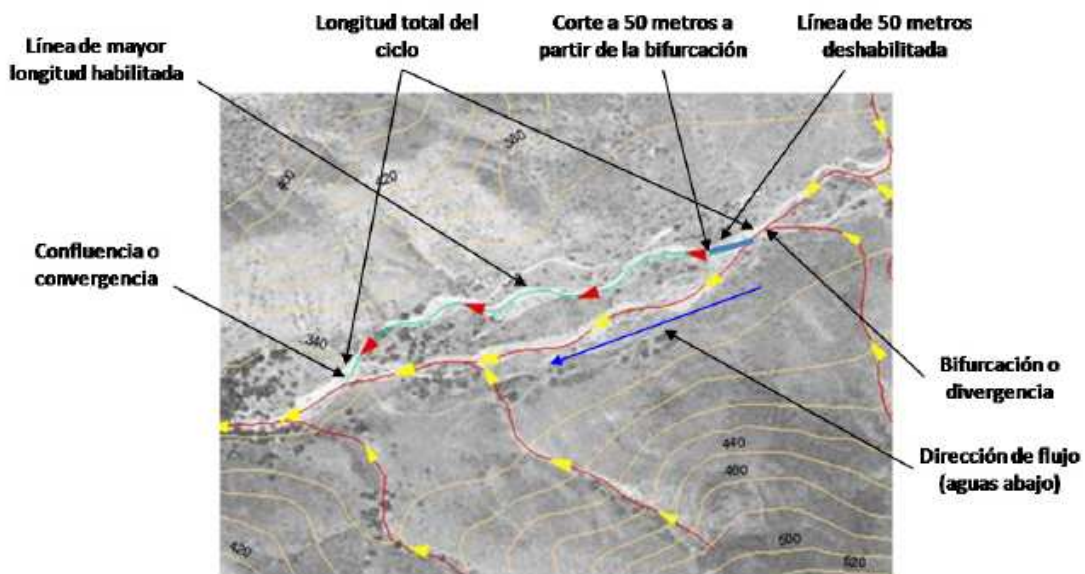
**Ciclo:** término utilizado para identificar donde un flujo de agua presenta una bifurcación, pero a determinada distancia dentro de la misma subcuenca, se vuelve a unir al mismo cauce.

Criterios para resolver ciclos:

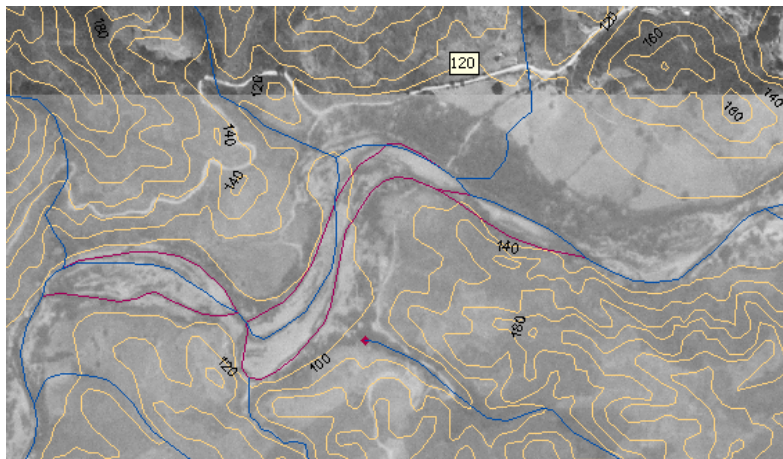
- ✓ Para el caso de patrones trenzados dentro del margen del cauce y que fueron digitalizadas líneas que forman ciclos, solamente se consideró aquella corriente principal de acuerdo a la interpretación en función a la altimetría e imágenes de satélite u ortofotos.
- ✓ Sí una línea que forma un ciclo en un cauce y ésta no es parte de un patrón trenzado, por ejemplo un islote y su longitud total es menor a 150 metros, no se incorporó a la red y se consideró el lado de mayor caudal.

- ✓ Si la longitud total de un ciclo es de 150 a 1000 metros, además de no tener corriente alguna que descargue en esta, se incorporó a la red pero deshabilitada con el campo Enabled en falso.
- ✓ Si la longitud total de un ciclo es mayor de 1000 metros, se dividió en dos partes: la primera a 50 metros a partir de la bifurcación aguas abajo la cual se deshabilitó con el campo Enabled en falso y el segmento mayor habilitado con el campo Enabled en verdadero.
- ✓ De tratarse de un ciclo de tipo línea central de un cuerpo de agua, como es el caso de las líneas que rodean áreas de exclusión como islas, se eliminó una de ellas a efecto de deshacer el ciclo, previo análisis de acuerdo a las direcciones de flujo y que no interfiera con la lógica del drenaje.

Ejemplo:



En patrones trenzados que por la acumulación de sedimentos se forman meandros y que varían de una temporada a otra, solamente se dejó la corriente principal. En la siguiente imagen en color rojo se aprecian las líneas que fueron excluidas.



**Bifurcación:** término utilizado para identificar donde las aguas de un cauce se dividen en dos o más flujos, aguas abajo y se alejan en direcciones diferentes sin volverse a unir al interior de una subcuenca.

Este fenómeno se presenta regularmente en planicies costeras donde no existe una pendiente dominante y el cauce de una temporada a otra puede cambiar de curso. También se pueden presentar en cuerpos de agua como lagos o embalses en donde se pueden tener más de una descarga, por lo regular inducidas por el hombre.

Criterios para resolver bifurcaciones:

- ✓ Sí la línea de la bifurcación es cercana al límite de la subcuenca y ésta no drena al mar, es decir que es tributaria de otra subcuenca y al analizar los datos originales o el excedente de 3 Km. por fuera de la subcuenca, se aprecia la continuidad de la corriente bifurcada:
  - De ser menor o igual a 50 metros se dejó dicha línea como parte de la red y en su totalidad se consideró deshabilitada con el campo Enabled en falso.
  - Sí es mayor a 50 metros se incorporó a la red pero se dividió la línea en dos partes: el primer segmento de 50 metros a partir de la bifurcación aguas abajo, el cual se integró como deshabilitada con el campo Enabled en falso y el siguiente segmento se integró habilitado con el campo Enabled en verdadero.





- ✓ Sí la subcuenca drena al mar y la línea a partir de la bifurcación hasta la línea de costa:
  - Es menor a 150 metros:
    - Se dejó a criterio del analista por no considerarla representativa como es el caso de los deltas de ríos o de dejarla como parte de la red de acuerdo a:
      - De ser menor o igual a 50 metros en su totalidad se integró en la red pero deshabilitada con el campo Enabled en falso.
      - Sí es mayor a 50 metros se incorporó a la red pero se dividió la línea en dos partes: el primer segmento de 50 metros a partir de la bifurcación aguas abajo deshabilitado con el campo Enabled en falso y el siguiente segmento habilitado con valor verdadero.
  - Es mayor a 150 metros:
    - Se dividió la línea en dos partes: el primer segmento de 50 metros a partir de la bifurcación aguas abajo, el cual se consideró deshabilitado con el campo Enabled en falso y el siguiente segmento se integró habilitado con valor verdadero.
- ✓ Sí una línea es de tipo línea central de un cuerpo de agua, no aplicó la segmentación y en su totalidad se deshabilitó con el campo Enabled en falso, no importando la longitud.

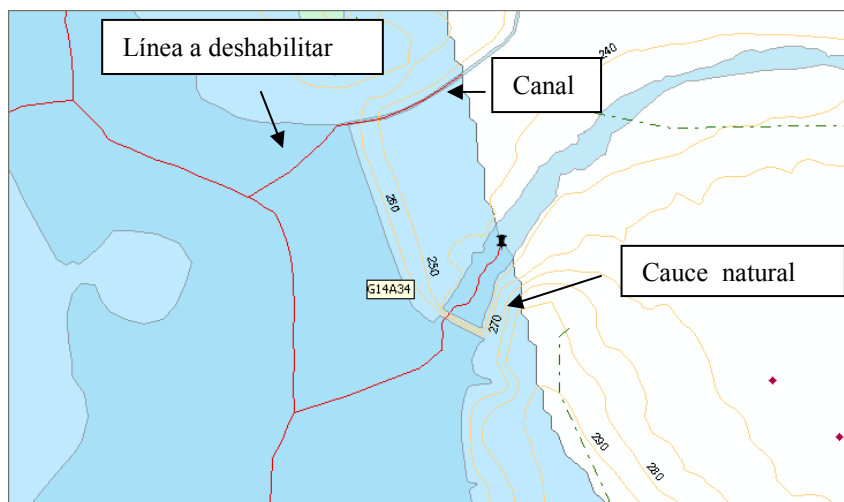
#### Ejemplos:

Bifurcaciones por formación de deltas en la desembocadura de los ríos mediante sedimentos que se depositan a medida que la corriente del río va desapareciendo.

Está compuesto por brazos o “caños” fluviales que separan a las islas en las que se han venido depositando los sedimentos acarreados por ese río, al llegar al mar, océano o lago. Los depósitos de los deltas de los ríos más grandes se caracterizan por el hecho de que el río se dividen en múltiples brazos que se van dividiendo y volviendo a juntarse para formar un cúmulo de canales activos e inactivos.



Al igual que un lago, en un embalse de manera artificial se pueden conducir las aguas además del cauce natural, en más de una dirección para riego o abastecimiento, formando bifurcaciones.



Para cualquier caso de segmentos deshabilitados por ciclo o bifurcación, cómo se mencionó anteriormente se clasificó en el campo "Desc\_Enabled" con la letra "C" para ciclos y la letra "B" para bifurcaciones.



Cabe mencionar que de requerir en algún proyecto que todos los segmentos estén habilitados para modelos cíclicos, con un comando de asignación de valores y condicionando aquellos que tengan el campo Enabled con valor 0, podrán cambiarse los valores a 1 que equivale a verdadero y significa que el segmento está habilitado.

Para regresar los valores a 0 que equivale a falso para aquellos segmentos a deshabilitar, se podrán condicionar aquellos que en el campo "Desc\_Enabled" sea igual a "C" ó "B".

Nota: Debido a que los segmentos deshabilitados (ENABLED=0) no participan de forma lógica en la red geométrica porque el modelo utilizado es de tipo acíclico, no fue posible validar su dirección de flujo de forma automatizada, no obstante en la metodología se considera resolverla de acuerdo a la interpretación de los escurrimientos por parte del editor y su vez validarlos durante la supervisión.

#### **7.4 Puntos de drenaje e interconexión de redes a través de subcuencas.**

Cada subcuenca tiene al menos un punto de drenaje el cual indica el lugar donde sus aguas fluyen al mar o a otra subcuenca receptora, o indican también alguna acumulación de flujos como lagos, así como corrientes que por las características de los suelos, vegetación, relieve, entre otros factores, puedan desaparecer superficialmente por infiltración o evaporación.

Este rasgo puntual también es utilizado en otros países y conocido como **Outlet** ó **Sink**.

Las cuencas se clasifican en tres tipos y en parte depende de la clasificación de los puntos de drenaje:

- **Cerrada:** área física de captación pluvial en la que el agua no tiene salida superficialmente. Puede haber una acumulación de flujos formando lagos o simplemente el agua se infiltra al subsuelo o se evapora debido a condiciones climáticas y de los suelos.
- **Abierta:** es un área física que se distingue por presentar la salida de sus aguas a otro sistema o al mar a través de ríos.

**Nota:** para el caso de subcuencas cerradas la clasificación de la subcuenca está dada en función de su característica natural, no obstante éstas presenten salida de sus aguas de forma artificial a través de canales.





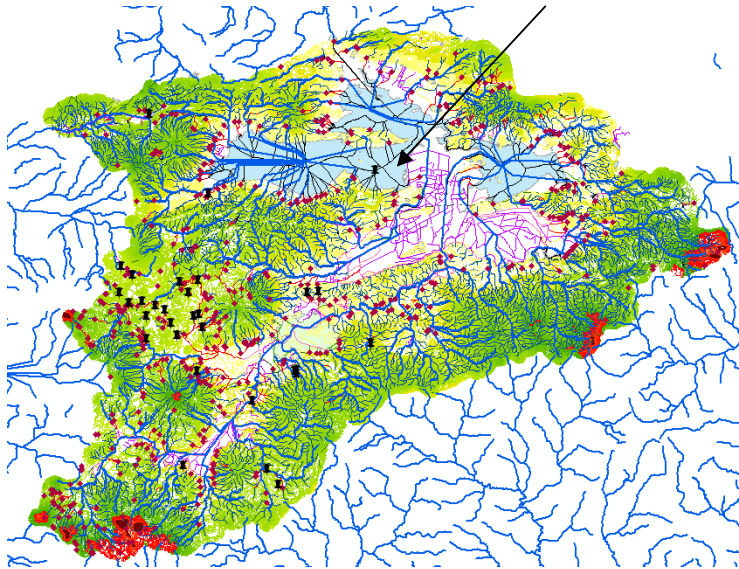
De acuerdo a lo anterior y a los casos de interpretación en los trabajos de análisis y edición de la conectividad, se consideró la siguiente clasificación:

<b>Salida o acumulación de flujos de una subcuenca:</b>	
0	Drenaje de la cuenca
1	Lago o laguna
2	Drenaje artificial
<b>Flujos de agua que desaparecen superficialmente por:</b>	
-1	Suelos permeables
-2	Desierto
-3	Falla o fractura
-4	Depresión o dolina
-5	Gruta o cenote
<b>Flujos incompletos por:</b>	
-6	Drenaje a red secundaria
-7	Conjunto faltante
-8	Frontera
-9	Otro

Así mismo, los puntos de drenaje de subcuencas abiertas tributarias de otras, son puntos de interconexión entre redes hidrográficas.

### Ejemplos

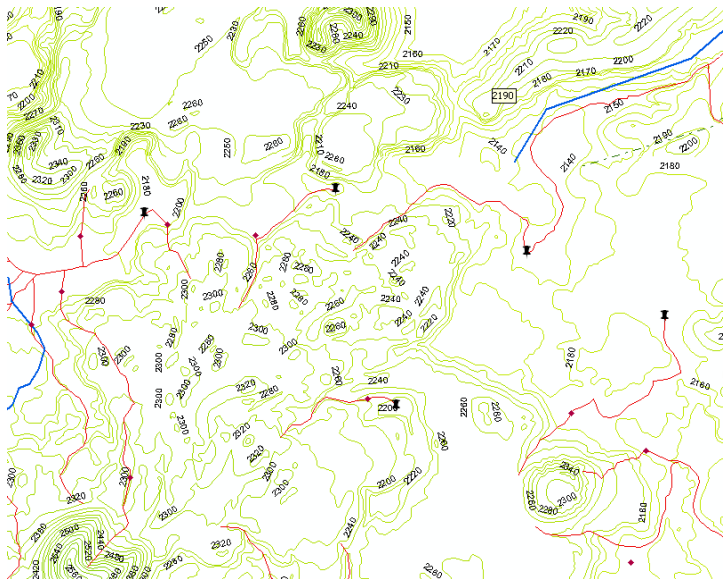
De tratarse de una subcuenca cerrada, la mayor parte de sus corrientes descargarían en un cuerpo de agua por lo general un lago y el punto drenaje se coloca al centro justo en la confluencia de algunas líneas de flujo virtuales.



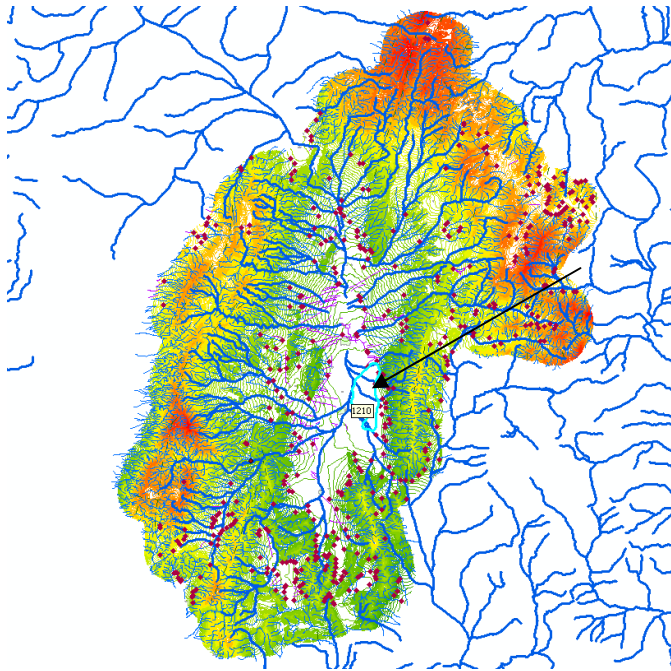
No obstante, existen subcuencas cerradas que actualmente son abiertas de forma artificial por la construcción de canales o acueductos. Para ello fue necesario incluir la clasificación “Drenaje Artificial”.

Existen subcuencas que no tienen alguna continuidad con las corrientes por diversas causas, como alta permeabilidad de suelos, dolinas, zonas desérticas, fallas y fracturas, entubamiento subterráneo, etc.

Para estos casos se colocó el punto de drenaje y se clasificó según el caso.



Para el caso de subcuencas cerradas donde no existe acumulación de flujos y el agua se infiltra o evapotranspira, se identificó la curva de menor elevación que representa ya sea un valle o una depresión y se conectó al interior de ella, las corrientes que drenan sus aguas a esa zona.



Existen otro tipo de puntos de drenaje que se utilizan en donde el escurrimiento continúa a un país vecino, pero por la presencia del límite internacional, deben dejarse interceptadas a éste. Para estos casos se clasifica el punto de drenaje como Frontera.





## 7.5 Direcciones de flujo

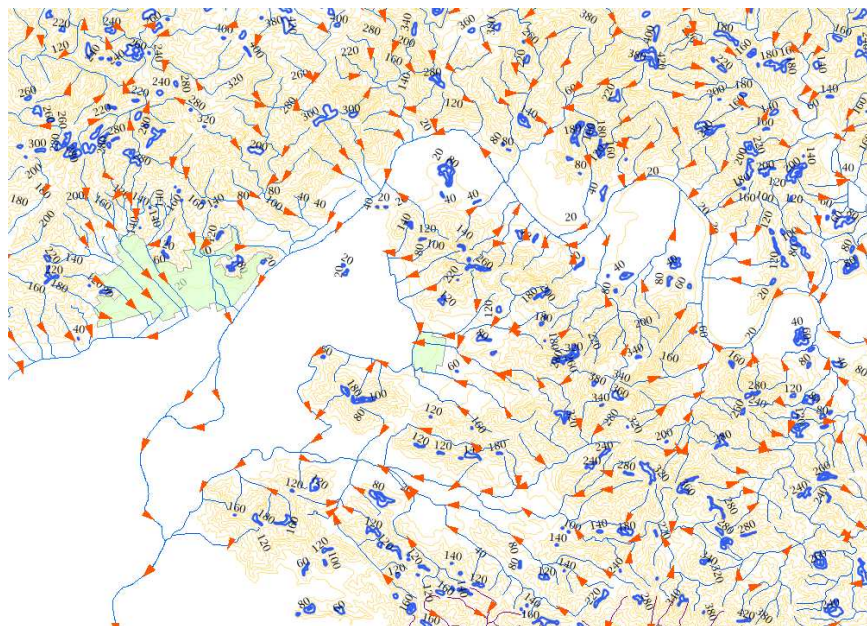
Para garantizar la conexión de la red, se desarrolló un algoritmo para realizar un diagnóstico de conectividad, que inicia a partir de cada punto de drenaje, a efecto de detectar aquellas estructuras desconectadas y que a su vez determina la dirección de flujo de cada segmento de corriente.

De esta forma la dirección de flujo corresponde geoméricamente al sentido del trazo de la línea o polilínea. Es decir, cada línea contiene un nodo inicial (From ó Desde), vértices intermedios, y un nodo final (To ó Hasta), donde la parte más alta corresponde al “From” y la parte más baja al “To”.

Para identificar qué líneas tienen la dirección de flujo determinada, el campo FLOWDIR tiene el valor de 1 y para aquellas líneas sin determinar el valor de 0.

Cabe mencionar que todas las líneas de flujo de la red hidrográfica edición 1a, tienen determinadas sus direcciones de flujo, no obstante se prevé para etapas posteriores la posibilidad de incluir canales de distritos de riego donde la dirección de flujo quede pendiente de determinarla y el valor del campo FLOWDIR será 0.

Además, este campo es reconocido para la construcción de redes geométricas en ArcGis, así como para el modelado y determinación de indicadores hidrológicos con ArcHydro.





## **7.6 Proyecto Bi-Nacional México-Estados Unidos de América para integración de Redes Hidrográficas Transfronterizas.**

Con el fin de conectar e integrar las redes hidrográficas transfronterizas entre México y Estados Unidos, personal del USGS (United States Geological Survey) e INEGI se reunieron para establecer tanto la metodología como los criterios de edición e intercambio de información además de acordar que imágenes utilizar para el análisis y la edición de los datos.

Un acuerdo fue el de utilizar como líneas comunes, el Límite Internacional de los datos topográficos escala 1:50 000 de INEGI sobre frontera terrestre y en cuanto al Río Bravo la utilización de la línea de flujo Artificial Path (línea central o virtual) del NHD (National Hydrography Dataset) del USGS.

### **Metodología**

El INEGI concluye la edición 2 con el ajuste de líneas al límite internacional y la correspondencia de líneas de flujo con rasgos representados en el NHD, además de consistencia espacial respecto a imágenes y la inclusión de la línea del NHD para el Río Bravo.

Se envían al USGS para conectar virtualmente sus líneas de flujo a las de INEGI además de verificar.

En caso de encontrar alguna posible inconsistencia o solicitar un cambio, el USGS documenta y envía propuestas de solución.

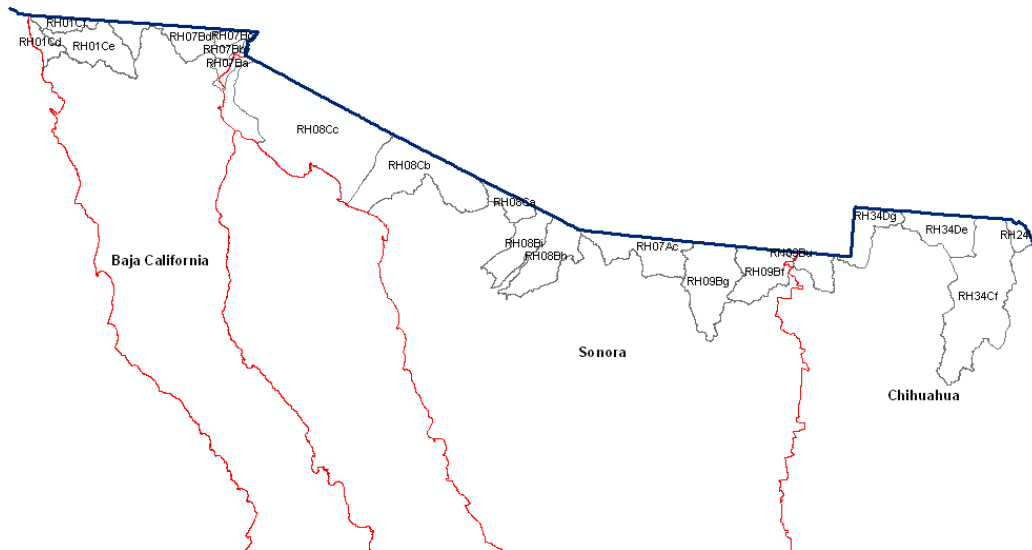
El INEGI verifica si proceden dichas observaciones y realiza los cambios o envía resultado de análisis.

El USGS concluye la conectividad virtual y envía al INEGI para su verificación.

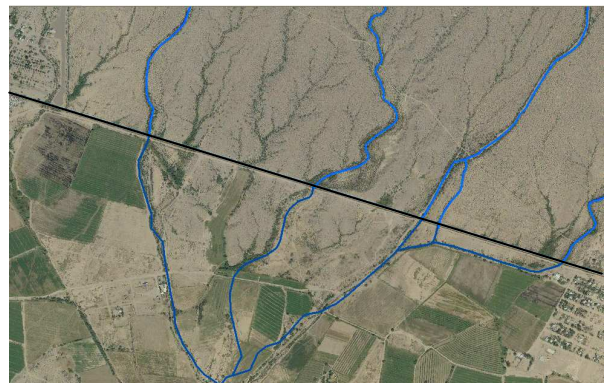
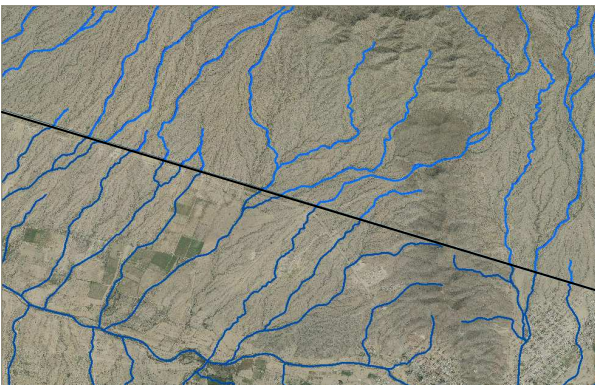
El USGS e INEGI realizan la conectividad física y lógica además de integrar las redes en la base de datos.

## Frontera Terrestre

De lado del territorio mexicano se trabajaron 19 subcuencas ubicadas sobre los estados de Baja California, Sonora y Chihuahua y de lado del territorio estadounidense con las 17 subcuencas sobre los estados de California, Nuevo México y Arizona.



Ejemplos:





## Frontera con el Río Bravo

El Río Bravo, también conocido como Río Grande en los Estados Unidos, atraviesa 34 subcuencas del lado mexicano, desde el Estado de Chihuahua hasta el Estado de Tamaulipas con su desembocadura en el Golfo de México y limítrofe con el estado de Texas.

Como se dijo anteriormente, con el fin de contar con una línea común para ambos países, en la edición 2 se reemplazó la línea central del cuerpo de agua que representa el río Bravo, por la línea de flujo (Artificial Path) del NHD.

Para ello fue necesario realizar la edición de conexión de la red hidrográfica a ésta y la segmentación de dicha línea en cada confluencia.



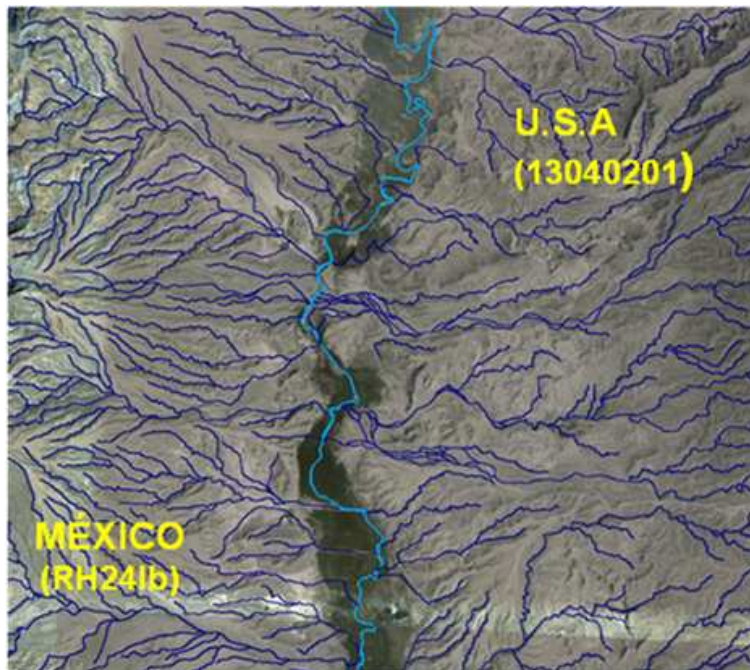
Antes de incorporar los datos de la “Artificial Path” fue necesario realizar un análisis a la información hidrográfica proporcionada por el USGS de lo cual se destaca:

- a) La información correspondiente a la línea central fue extraída de las redes hidrográficas de las subregiones 1304, 1308 y 1309 de los Estados Unidos. Posteriormente se seleccionaron las que forman parte de la línea central para luego integrar las tres regiones en un solo archivo con el fin de facilitar el proceso de sustitución a cada una de las 34 subcuencas del territorio mexicano.
- b) Debido a que difieren los atributos del NHD respecto a los de Red Hidrográfica, de todos los atributos asociados a la información del USGS, sólo se consideraron los



campos comunes ENABLED y FLOWDIR, así como el identificador único COMID con el cual se pueden vincular nuevamente el resto de los atributos.

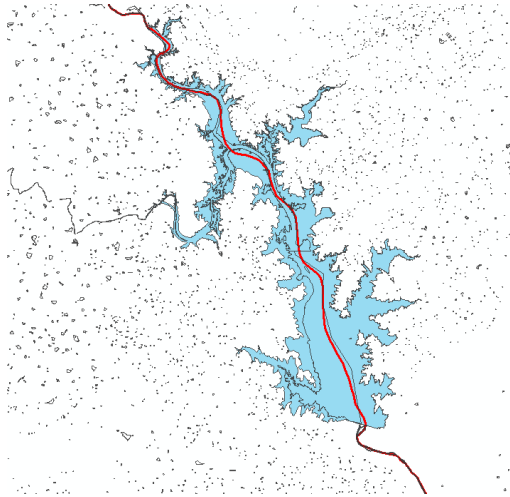
- c) El procedimiento de edición consistió en reemplazar la línea central de las redes hidrográficas mexicanas con la Artificial Path del NHD garantizando su conectividad y segmentación en cada afluencia.



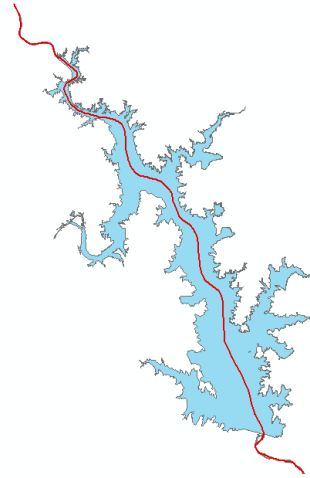
- d) Se realizó un proceso de disolución a la capa de Binational\_waterbodies a fin de obtener un sólo cuerpo de agua que ayudara en la integración de la FlowLine y que además fuese utilizado para redefinir las unidades de captación en la zona de la frontera con Estados Unidos. De la misma manera que las FlowLine, se realizó un proceso para discriminar y dejar sólo los cuerpos de agua coincidentes con la frontera.



Binational Water Bodies



Cuerpo de agua



En relación a las unidades de captación fue necesario redefinir nuevamente los límites debido a que se consideró el cuerpo de agua binacional y no tanto los existentes en los datos topográficos.

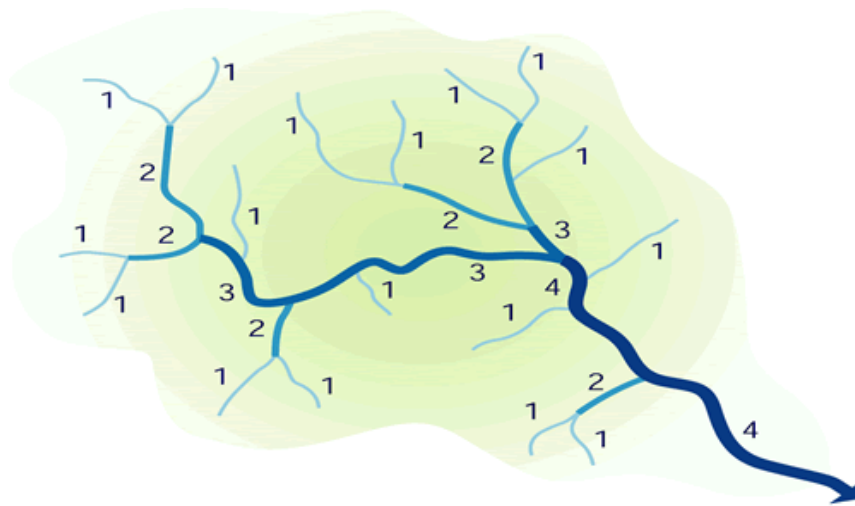
**Nota:** tanto los límites de las unidades de captación de aguas superficiales, como la línea de flujo (Artificial Path) considerada para el Río Bravo, de ninguna manera representan los límites internacionales y son sólo para fines de representación hidrográfica.

## 7.7 Hidromorfometría

Una red hidrográfica es un sistema de circulación lineal, jerarquizado y estructurado que asegura el drenaje de una cuenca; específicamente una cuenca hidrográfica.

Distinguimos entre la cuenca teórica, que abarca la totalidad de los drenajes, y la cuenca circulante, en la que sólo se considera la parte recorrida por las arterias funcionales.

La jerarquía de la red marca la importancia creciente de sus elementos. La hidromorfometría tiene por objeto precisar esta jerarquía mediante números.



La edición 2.0 de la Red Hidrográfica contiene indicadores de hidromorfometría a nivel de subcuenca y estos fueron determinados con algoritmos sin considerar la relación de redes tributarias.

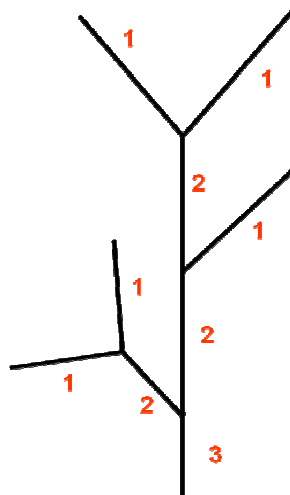
Dichos indicadores deben interpretarse desde el punto de vista como unidades aisladas por subcuenca y por tanto estos no consideran una continuidad entre redes a través de las unidades de captación de aguas superficiales.

Para resolver esta limitante, se tiene considerado liberar en meses posteriores, la edición 2.1 que contendrá dichos indicadores a nivel de cuenca y de región hidrográfica.

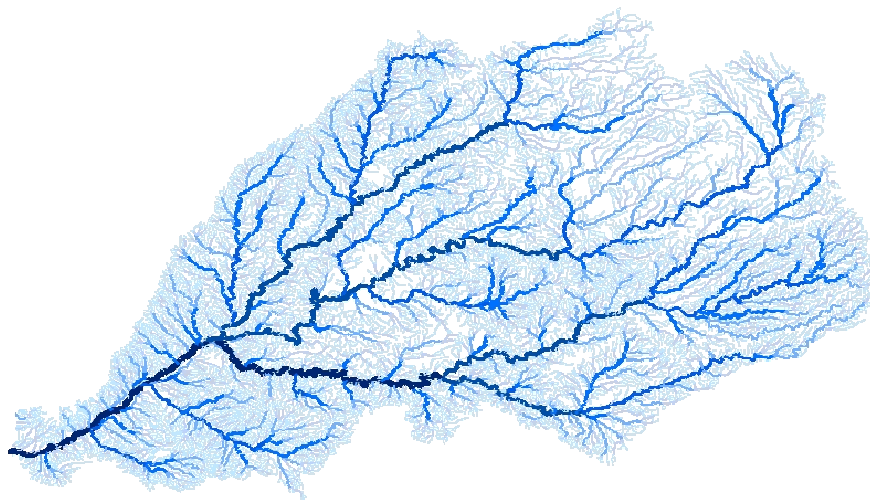
## Stream Order - Magnitud de Orden

Medida de la posición de un arroyo (definido como el segmento entre tributarios sucesivos) dentro de la jerarquía de la red de drenaje. Es la base para el análisis cuantitativo de la red.

Los arroyos más pequeños permanentes son llamados "de primer orden". Dos corrientes de primer orden se unen para formar una más grande, de segundo orden, dos corrientes de segundo orden se unen para formar una tercera orden, y así sucesivamente. Pequeñas corrientes de entrada a una secuencia de orden mayor no cambian su número de orden. Strahler 1964.

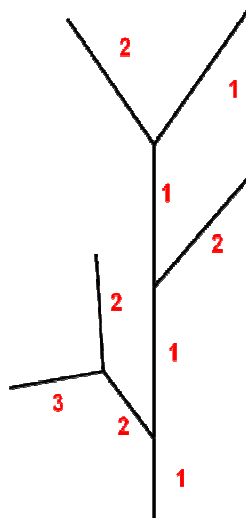


Ejemplo:

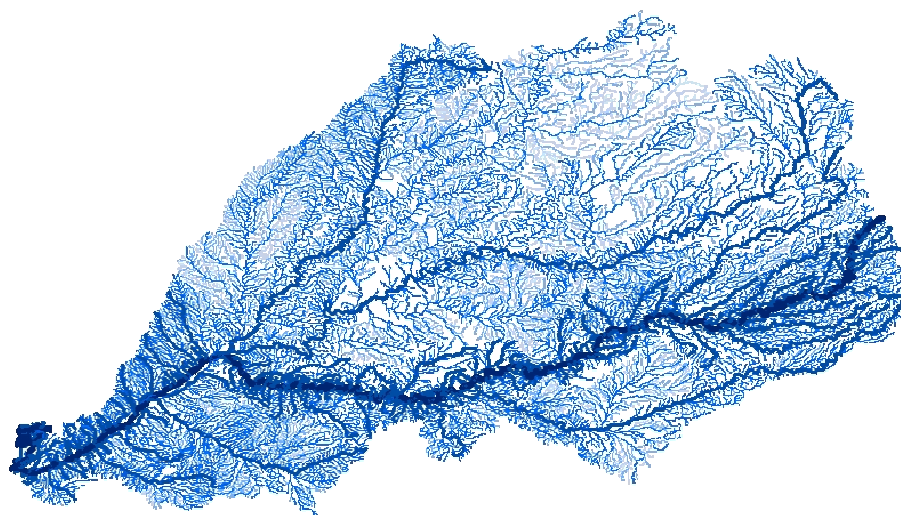


### Drain Stream Level - Nivel de Corriente

El nivel de corriente proporciona la información necesaria para determinar la ruta principal aguas arriba en cada confluencia, en función de la sumatoria de longitudes.



Ejemplo:

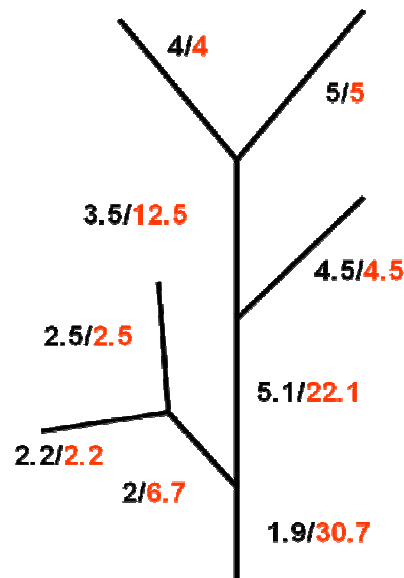




## Otros Indicadores

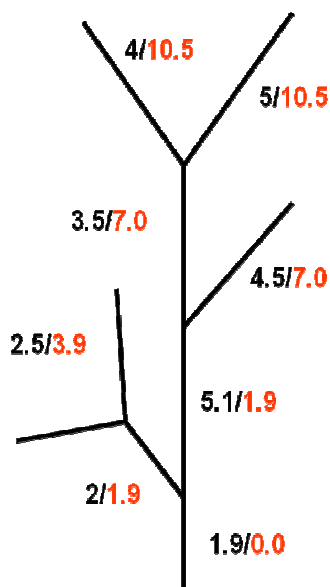
### Arbolate Sum – Sumatoria de longitudes aguas arriba

Es la suma de todas las longitudes de segmentos aguas arriba y tributarias al segmento de referencia.



### Path Length - Longitud de Trayectoria

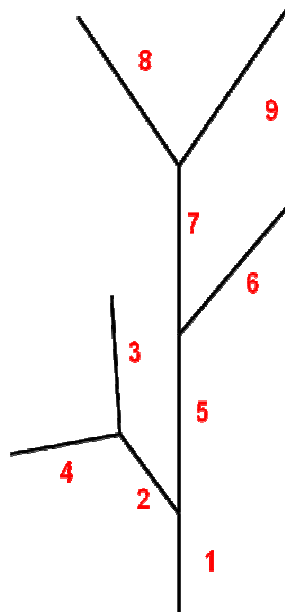
La distancia desde el extremo final de un segmento al punto de terminación de red.





## Hydrologic Sequence Identifier - Identificador de Secuencia Hidrológica

Es una secuencia hidrológica ascendente con número único para cada segmento de la red en una unidad de desagregación.



Nota: Debido a que los segmentos deshabilitados (ENABLED=0) no participan de forma lógica como red geométrica y sólo son considerados para efectos de representación, no aplican los indicadores de hidromorfometría en los campos SEQUENCEID, ORDER\_1, LEVEL\_1 que adquieren el valor -1 y ARBSUM\_1, PATHL\_1 que adquieren el valor de 0.

Referencia:

Super-Charging the NHD with Value-Added Attributes

Cindy McKay, Horizon Systems

Jennifer Hill, Horizon Systems

Tim Bondelid, RTI International

Ian Stack, Indus

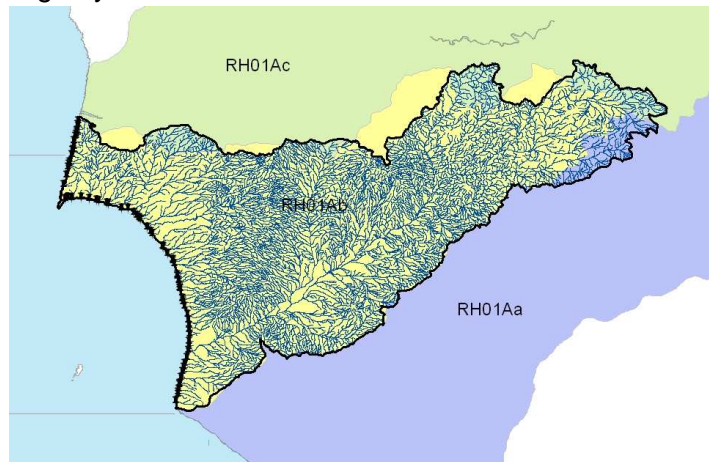
Sponsored by:

US Environmental Protection Agency Office of Water

## 8 UNIDADES DE CAPTACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES ESCALA 1:50 000.

Un elemento importante para una red hidrográfica, es el área de captación o de drenaje, que se traduce en un polígono envolvente que corresponde fielmente a los rasgos físico-naturales geomorfológicos, en específico parteaguas de una depresión o concavidad.

Los datos de la Red Hidrográfica edición 1.0 hacen referencia a la División Hidrológica de Aguas Superficiales escala 1:250 000 serie I, originando con ello una incongruencia con los datos de la red respecto al polígono de subcuenca, en principio por la diferencia de escala de los datos y en otros casos con diferencias considerables por razones desconocidas de origen y documentación escasa de dicha división.

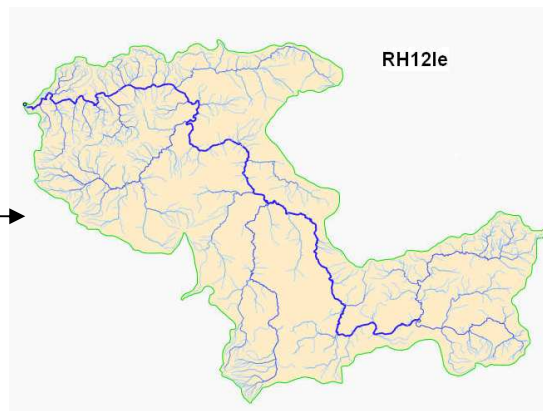
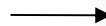
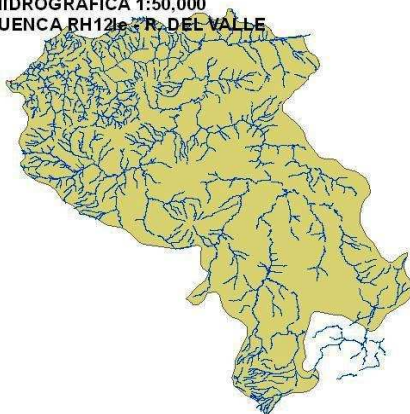


Motivo por el cual fue necesario considerar digitalizar nuevamente dichas divisorias a fin de contar con un polígono de subcuenca consistente a los datos y a la escala de la red hidrográfica.

División de Aguas Superficiales escala  
1:250 000 serie I  
Con Red Hidrográfica edición 1.0

Unidades de Captación de Aguas  
Superficiales escala 1: 50 000  
Con Red Hidrográfica edición 2.0

RED HIDROGRÁFICA 1:50,000  
SUBCUENCA RH12e R. DEL VALLE

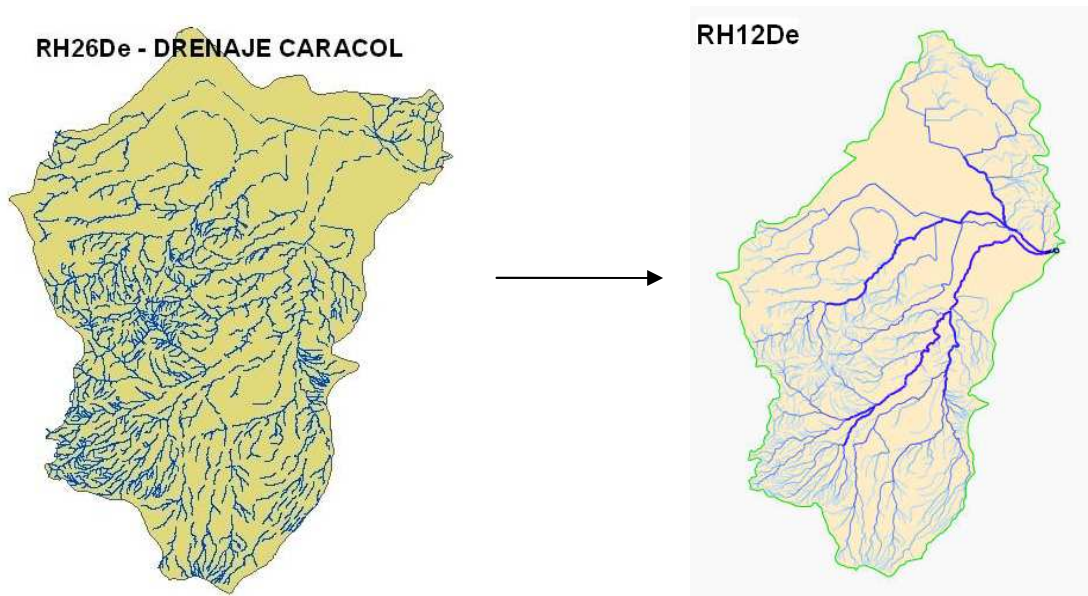






División de Aguas Superficiales escala  
1:250 000 serie I  
Con Red Hidrográfica edición 1.0

Unidades de Captación de Aguas  
Superficiales escala 1: 50 000  
Con Red Hidrográfica edición 2.0

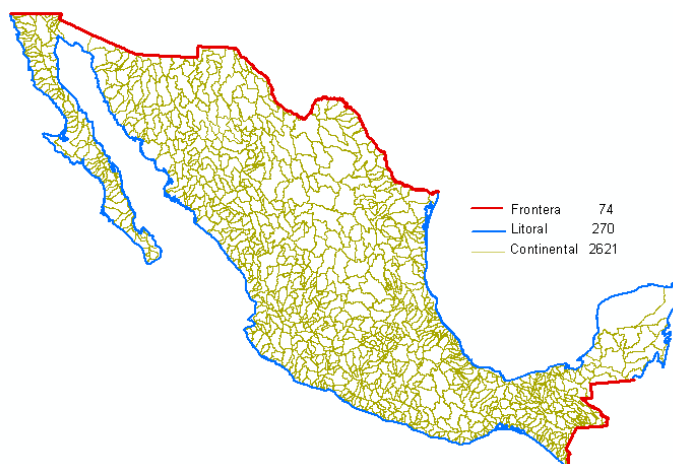


La segunda etapa consistió en revisar la divisoria de cada subcuenca a efecto de detectar y corregir inconsistencias que se contrapusieran con el comportamiento natural hidrológico además de garantizar la continuidad de las líneas de flujo entre una subcuenca tributaria y su receptora, así como digitalizar los límites de acuerdo a la altimetría del terreno considerando además las redes hidrográficas.

Es importante mencionar que para llevar a cabo esta etapa se contó con el Conjunto Nacional de Curvas de Nivel Escala 1: 50 000 el cual garantiza la conectividad de curvas de nivel al interior de cada conjunto así como la conectividad de las curvas de nivel equidistantes a 20 metros entre los conjuntos adyacentes. Debido al tamaño de los datos de dicho conjunto se implementó un servicio WMS (web map service) como apoyo para analizar las redes hidrográficas y trazar los nuevos límites.

Para llevar a cabo esta actividad se determinó el número de límites ascendiendo estos a 2965. Entiéndase como límite a la línea que divide dos subcuencas adyacentes, o para aquellas en litorales la línea que divide el mar con el continente y para las fronteras, la línea de frontera o límite internacional.





La actividad realizada durante esta etapa consistió en llevar a cabo un análisis exhaustivo en base a las zonas de relieve, litorales, cuerpos de agua, planicies o incluso en la frontera a fin de determinar y ubicar coordenadas extremas para cada uno de los límites asignados garantizando la conexión entre ellos y evitar una edición posterior al realizar la integración de los límites al generar las áreas de captación de aguas superficiales escala 1:50 000.

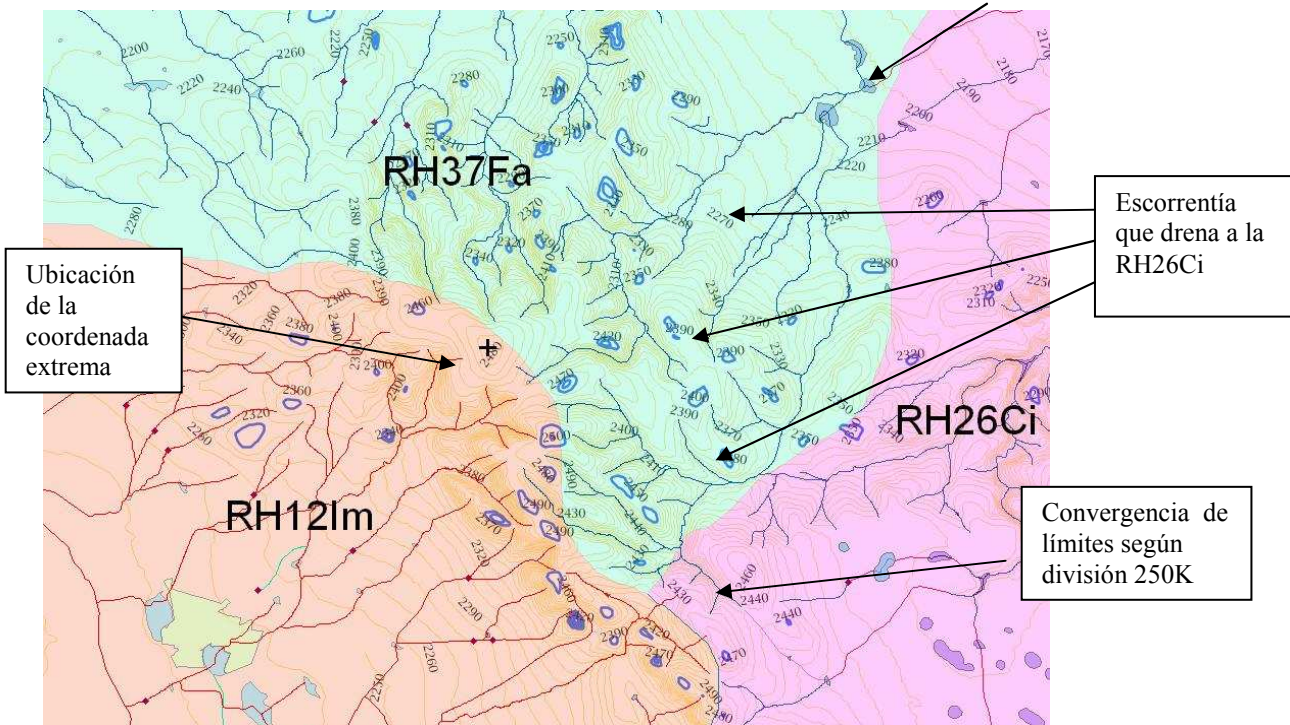
Además de ello, se realizó una revisión de todas las corrientes de agua sobre la divisoria de la subcuenca a fin de corregir anomalías, inconsistencias, duplicidades u omisiones, corrientes primarias con flujo ascendente, ramales con drenaje hacia la subcuenca adyacente así como la verificación y clasificación de los puntos de drenaje.

Para realizar el trazo del nuevo límite se establecieron los siguientes criterios:

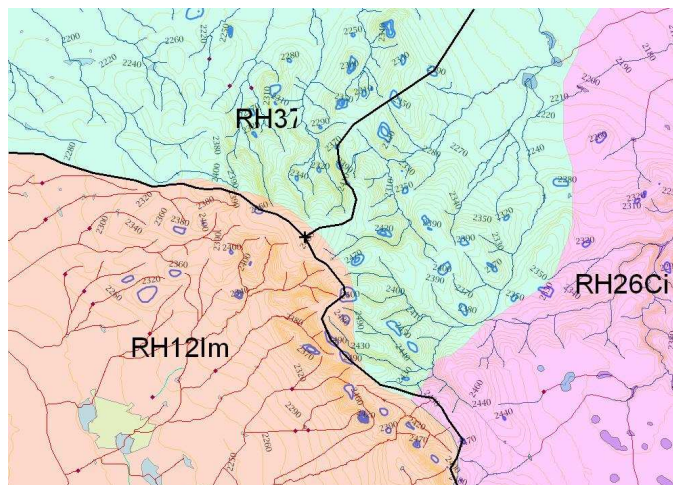
**a)** Zonas con relieve. Los límites de subcuencas localizadas en zonas donde el relieve del terreno fuera abrupto, tales como las zonas montañosas, la ubicación de la coordenada extrema se realizó mediante el análisis de la altimetría a fin de identificar sobre la divisoria las zonas altas y el comportamiento de las redes hidrográficas adyacentes. El servicio WMS del Conjunto Nacional de Curvas de Nivel representaba en un tono más fuerte las zonas de mayor altura lo que permitió identificar claramente la divisoria y con ello escorrentías erróneamente conectadas o que en su defecto, habían sido consideradas como parte de la red en la etapa 1 debido los límites de las subcuencas a escala 1:250 000



Error de conexión



En la siguiente imagen se aprecia el resultado del trazo de los nuevos límites que garantiza el drenaje natural dentro de la subcuenca.



**b) Coincidentes con litoral o cuerpo de agua**

En la Red Hidrográfica Edición 1.0 se utilizó la línea de costa proporcionada, en aquel entonces, por la subdirección de Oceanografía para determinar el límite hasta dónde las corrientes drenan al mar, enfrentándonos con ello a diferencias entre los cuerpos de agua

obtenidos de los datos topográficos escala 1:50 000 con respecto a la línea de costa, razón por la cual se decidió que, si los cuerpos de agua antes mencionados fueron utilizados para conformar las redes hidrográficas entonces utilizarlos también para enmarcar las subcuencas coincidentes con el litoral o con cuerpos de agua.

Diferencias de la línea de costa usada en la edición 1 respecto al cuerpo de agua

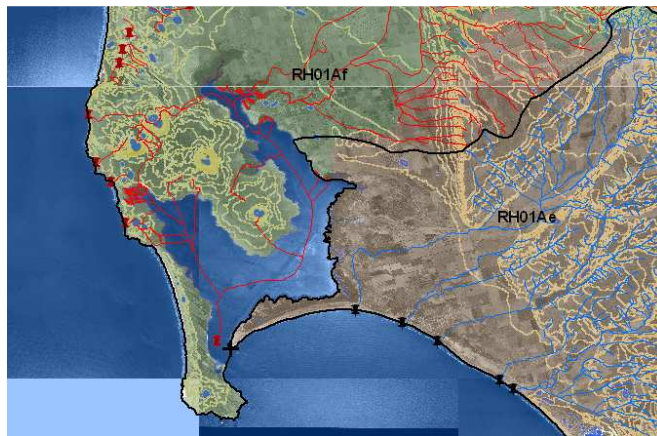


Ubicación de la coordenada extrema sobre el litoral, así como el nuevo límite.



Para la obtención del límite a partir del cuerpo de agua se desarrolló un procedimiento que extraía exactamente la línea del cuerpo de agua, a partir de dos puntos indicados por el analista, sin alterar ni modificar ninguno de sus vértices garantizando con ello exactitud al incorporar la red hidrográfica, la unidad de captación y el cuerpo de agua.

Un cuerpo de agua que representa el mar, puede extenderse hacia el interior de tierras continentales para representar ríos caudalosos, lagunas, esteros, marismas etc. por lo que fue necesario cerrar con una línea virtual las desembocaduras para completar el límite de la subcuenca cuidando siempre la tendencia y continuidad de la costa.



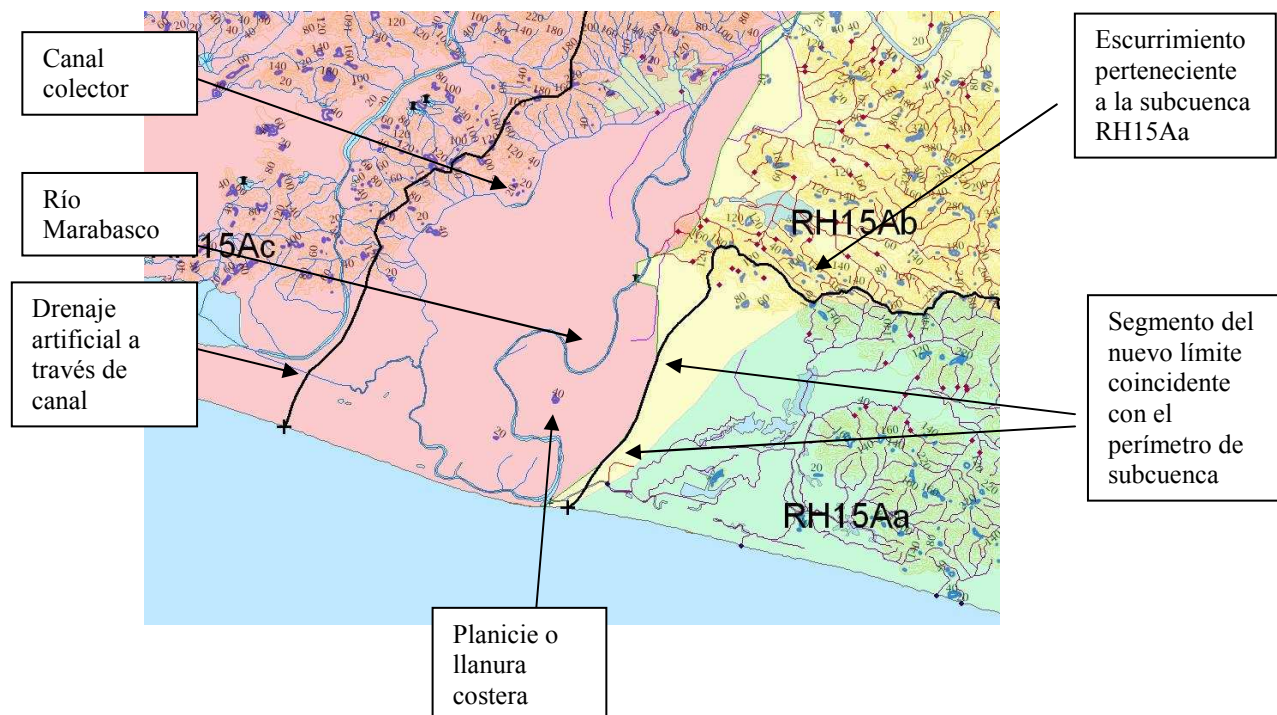
De este procedimiento se excluyen los puertos o cualquier infraestructura semejante.





c) Planicies o llanuras costeras

A falta de formación montañosa en estas áreas y por consecuencia a falta de curvas de nivel lo que dificultó la interpretación para determinar la divisoria, fue necesario apoyarse con el comportamiento de los sistemas de drenaje en función de las redes hidrográficas 1: 50 000 y 1:250 000, además de otros elementos topográficos.





**d) Coincidentes con frontera**

El comportamiento de sistemas de drenaje natural no obedece a límites político-administrativos y por tanto trasciende fronteras.

Como se menciona en el tema 7.6 Proyecto Bi-Nacional México-Estados Unidos de América para integración de Redes Hidrográficas Transfronterizas, es importante mencionar que también se están haciendo esfuerzos para continuar las unidades hidrográficas del país vecino pero en el lado mexicano.

No obstante a la conclusión de dichos esfuerzos bi-nacionales, para efecto de la Red Hidrográfica desde el punto de vista territorio nacional, sobre la frontera norte y sur, se generaron polígonos de subcuencas parciales acotadas al Límite Internacional de los datos topográficos escala 1:50 000 y al lado externo de los cuerpos de agua que representan el Río Bravo o Suchiate.

## **8.1 Resultados**

De esta forma se obtiene un nuevo producto llamado Unidades de Captación de Aguas Superficiales escala 1:50 000 el cual sirve para enmarcar la Red Hidrográfica escala 1:50 000 edición 2.0.

Este producto no pretende sustituir a la división hidrológica oficial, no obstante se deja a consideración de las instituciones que fungen como autoridades en la materia, su aprobación.

Cabe mencionar que dentro de la División Hidrológica de Aguas Superficiales escala 1:250 000 serie I existían 6 casos de subcuencas representadas con más de un polígono, por una aparente inconsistencia a falta de documentación de origen.

Además, resultado del análisis y la edición de las divisorias a la escala 1:50 000, se detectaron casos donde fue necesario fusionar algunos polígonos y en otros el de dividir, resultando un total de 976 subcuencas para las Unidades de Captación de Aguas Superficiales escala 1:50 000.

Cuenta con las 3 desagregaciones de la División de Aguas Superficiales escala 1:250 000 Serie I: región hidrográfica, cuenca, subcuenca.



37 Regiones Hidrográficas  
158 Cuencas Hidrográficas  
976 Subcuencas Hidrográficas

## 8.2 Casos Especiales de Seis Subcuencas Representadas por más de un Polígono y su Solución.

La División de Aguas Superficiales escala 1:250 000 serie I comprende 983 subcuencas, de las cuales 6 de ellas presentan características especiales al estar divididas en dos o más polígonos, razón por la cual se convirtieron en casos especiales de análisis y solución para la determinación de las Unidades de Captación de Aguas Superficiales escala 1:50 000.

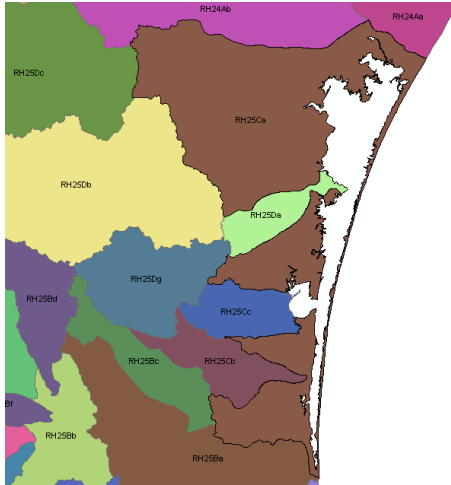
### a) Laguna Superior e Inferior

Localizada al sur de Oaxaca colindante con el Océano Pacífico se ubica la subcuenca RH22Aa denominada Laguna Superior e Inferior, misma que en la División de Aguas Superficiales escala 1:250 000 serie I, se encuentra dividida en 3 polígonos.

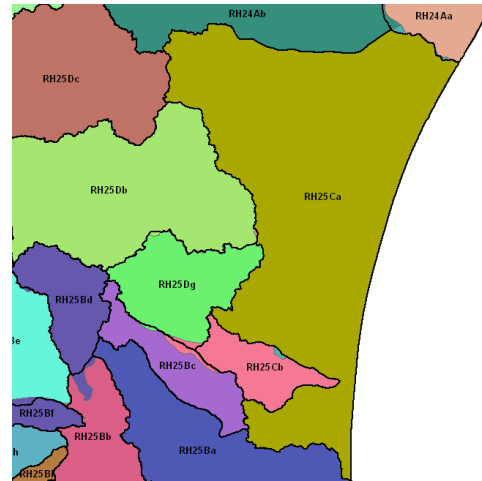
Debido a que el límite de subcuenca utilizado en dicha etapa estaba definido hasta donde iniciaba el cuerpo de agua que representa dicha laguna.



División de Aguas Superficiales escala 1:250 000 serie I



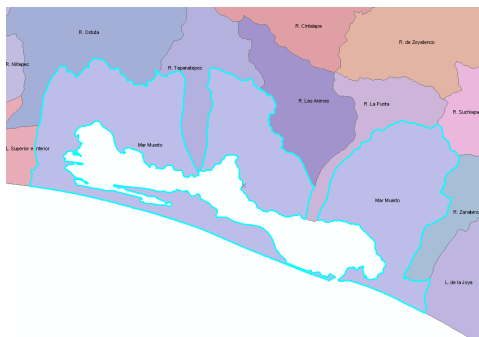
Unidades de Captación de Aguas Superficiales escala 1:50 000



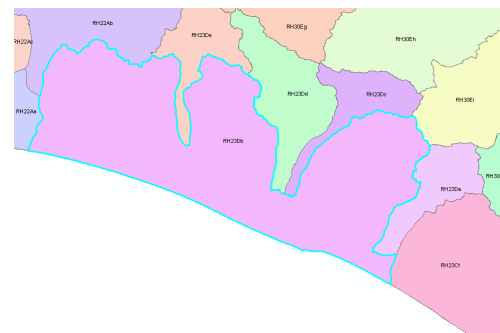
c) Laguna Mar Muerto

Localizada en las costas del Océano Pacífico entre los estados de Oaxaca y Chiapas se encuentra la subcuenca denominada Laguna Mar Muerto la cual, para la División de Aguas Superficiales escala 1:250 000 serie I se conformaba con tres polígonos, sin embargo, aplicando el mismo criterio y procedimiento para la Laguna Inferior y Superior, se procedió a integrar las redes hidrográficas en una sola uniéndolas con líneas centrales al interior del cuerpo de agua. Asimismo, con esta solución se obtiene para las Unidades de Captación de Aguas Superficiales escala 1:50 000 un solo polígono.

División de Aguas Superficiales escala 1:250 000 serie I



Unidades de Captación de Aguas Superficiales escala 1:50 000

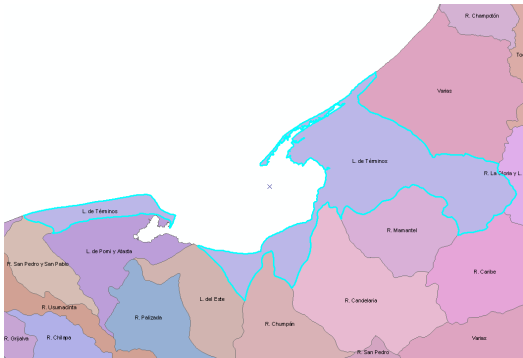




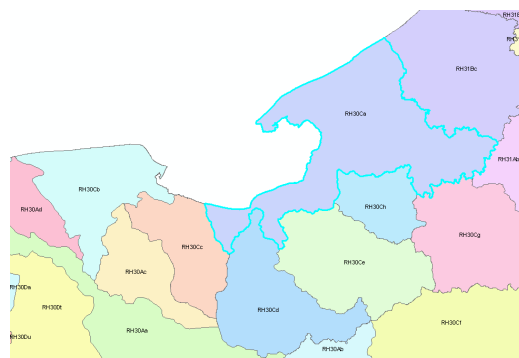
d) Laguna de Términos (Campeche)

En el caso de la subcuenca RH30Ca que corresponde a la Laguna de Términos localizada en Cd. Del Carmen, Camp., al no existir corrientes de agua al interior del uno de sus polígonos, específicamente el de menor extensión, se toma la decisión de fusionarlo con la subcuenca RH30Cb ubicado al sur del mismo. De esta manera en las Unidades de Captación de Aguas Superficiales escala 1:50 000 queda como un solo polígono.

División de Aguas Superficiales escala 1:250 000 serie I



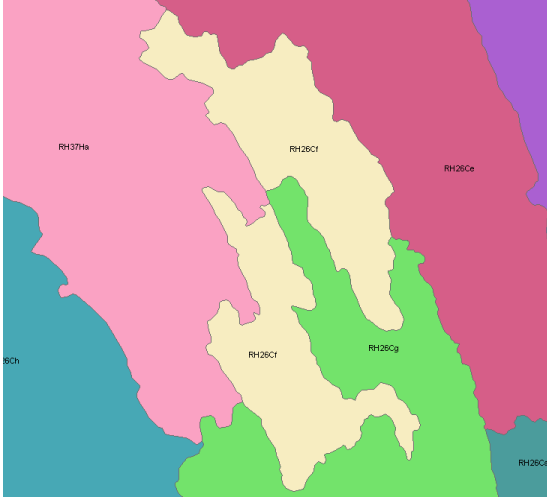
Unidades de Captación de Aguas Superficiales escala 1:50 000



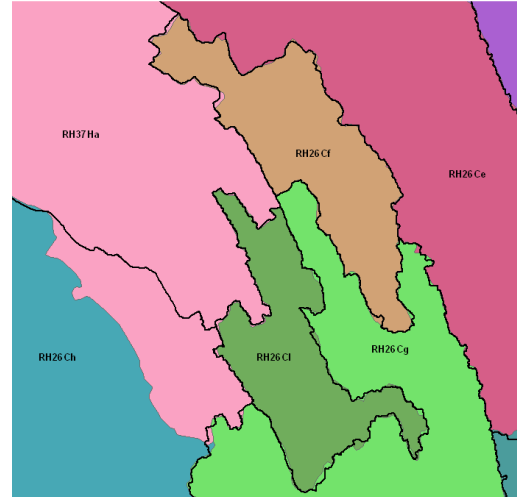
e) Caso de División de Subcuenca

Debido a las características de la red hidrográfica en esta zona y a que este polígono no cumple con la definición de cuenca ya que esta unido de una forma en donde no coincide con el detalle de la superficie del terreno, se toma la decisión de crear una subcuenca nueva para las Unidades de Captación de Aguas Superficiales escala 1:50 000 con la clave consecutiva siguiente que le corresponde tomando en cuenta las ya existentes para la cuenca del Río Tamuín, es decir, las redes hidrográficas existentes para la subcuenca RH26Cf en la edición 1.0 ahora en la edición 2.0 corresponden a la RH26Cf y RH26Ci.

División de Aguas Superficiales escala 1:250 000 serie I

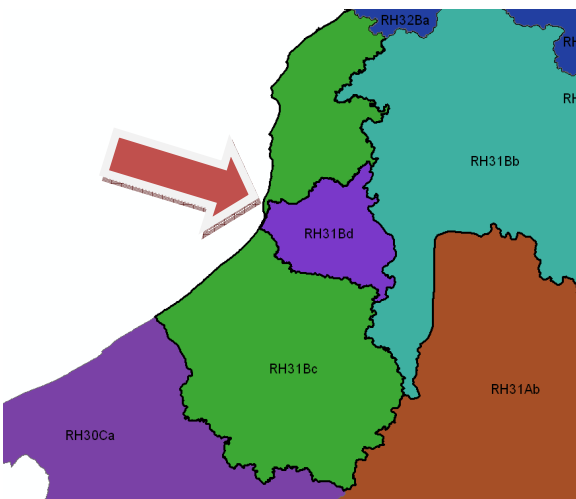


Unidades de Captación de Aguas Superficiales escala 1:50 000

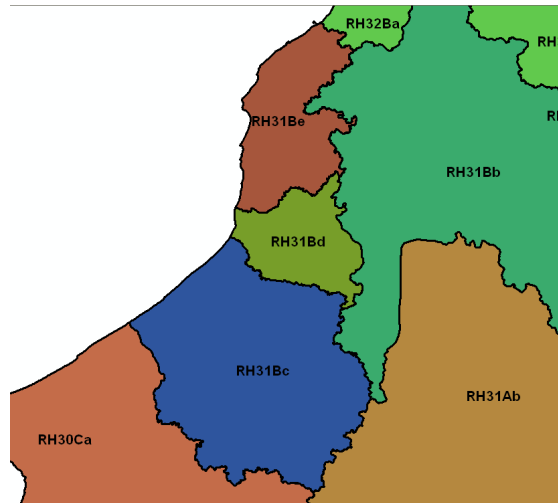


Debido a la existencia de la subcuenca RH31Bc con polígono irregular y que forma dos grandes áreas unidas por una franja angosta (flecha roja), justo en la desembocadura del Río Champotón al Golfo de México, se decide dividirla dando por origen la subcuenca RH31Be y se extiende la RH31Bd del Río Champotón hasta el litoral.

División Hidrológica de Aguas Superficiales escala 1:250 000 serie I



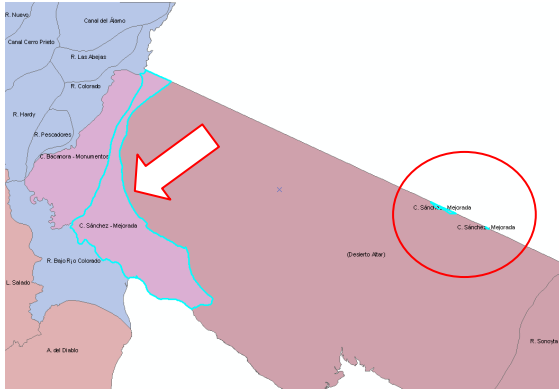
Unidades de Captación de Aguas Superficiales escala 1:50 000



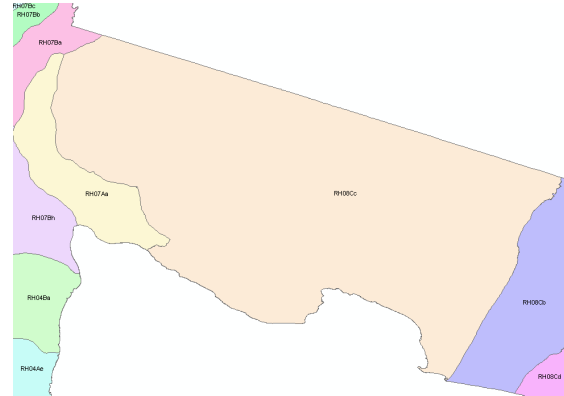
f) Subcuenca fronteriza C. Sánchez – Mejorada

En el caso de la subcuenca fronteriza RH07Aa la cual estaba dividida en tres polígonos, dos de ellos dentro de la subcuenca RH08Cc, resultado del análisis se observó que no existe alguna divisoria natural y de acuerdo al patrón de drenaje se decidió que esos dos pequeños polígonos pertenecientes a la subcuenca RH07Aa se fusionaran con la subcuenca RH08Cc.

División de Aguas Superficiales escala 1:250 000 serie I



Unidades de Captación de Aguas Superficiales escala 1:50 000

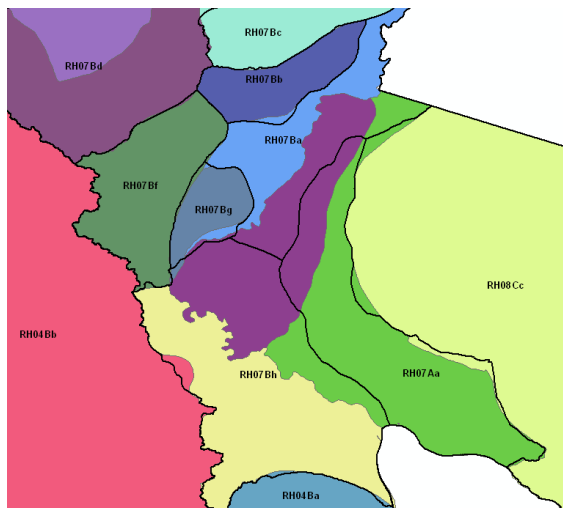


### 8.3 Otros casos de Subcuencas que fueron Fusionadas.

Resultado del análisis efectuado tanto a las redes hidrográficas como a sus límites durante la etapa dos, algunas subcuencas sufrieron cambios drásticos tales como ampliación o disminución de sus redes y por tanto de la superficie en las unidades de captación, así como la eliminación de algunas subcuencas.

#### a) C. Bacanora - Monumentos

Como resultado del análisis a la subcuenca RH07Ab denominada C.Bacanora-Monumentos y localizada entre los límites de Sonora y Baja California, específicamente en la región del Río Colorado se toma la decisión de separar sus corrientes de agua para luego integrarlas a las subcuencas adyacentes RH07Aa, RH07Bf, RH07Bg y RH07Bh dando como resultado el incremento de extensión superficial para dichas subcuencas al mismo tiempo que desaparece la subcuenca RH07Ab.



g) Fusionadas

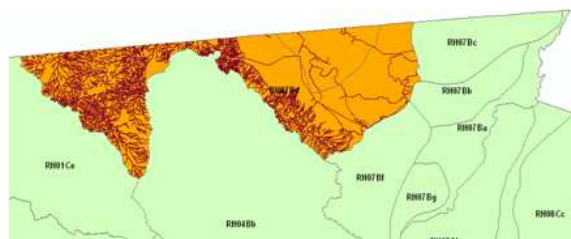
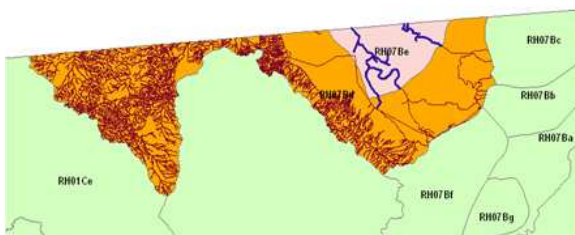
Son aquellas subcuencas que se fusionaron a una subcuenca contigua, que presentaron la conjugación de algunos factores, como dimensión reducida, ausencia de relieve en donde se apreciara la divisoria, además del comportamiento de drenaje.

Caso 1

Al no existir una divisoria natural, la red hidrográfica de la subcuenca RH07Be se fusiona a la red de la subcuenca RH07Bd.

División de Aguas Superficiales escala 1:250 000 serie I

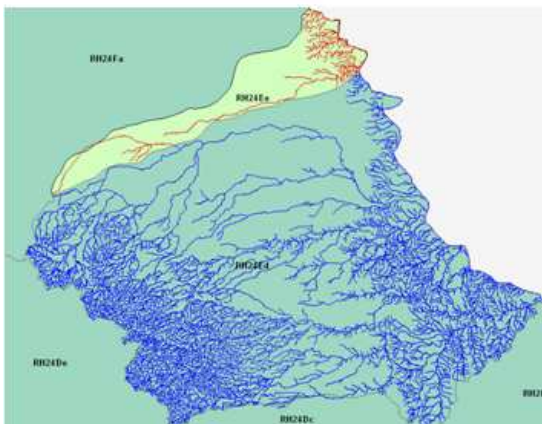
Unidades de Captación de Aguas Superficiales escala 1:50 000



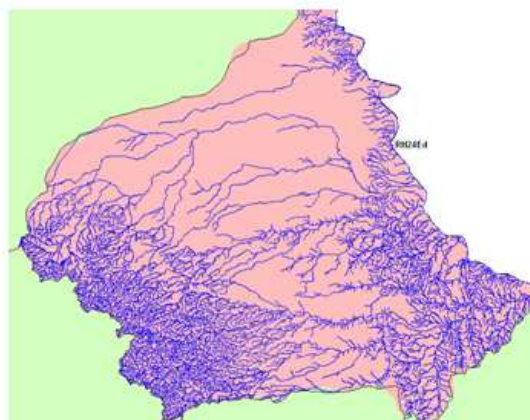
### Caso 2

Otra subcuenca que desapareció, al ser fusionada con la RH24Ed fue la subcuenca RH24Ee.

División de Aguas Superficiales escala 1:250 000 serie I



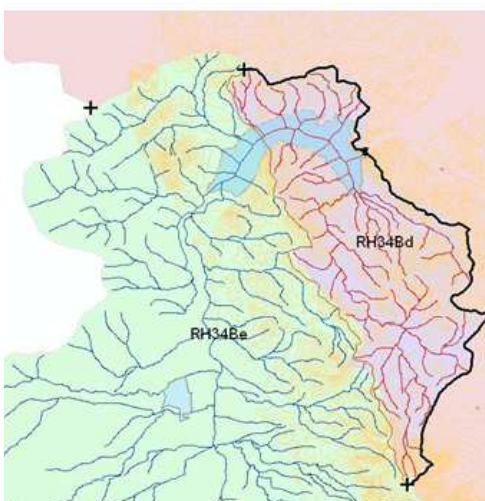
Unidades de Captación de Aguas Superficiales escala 1:50 000



### Caso 3

Las corrientes de agua de la subcuenca RH34Bd drenan hacia la presa Las Lajas, cuerpo de agua que no está totalmente en una subcuenca sino que pertenece a dos subcuencas por lo que se toma la decisión de fusionarla a la subcuenca RH34Be.

División de Aguas Superficiales escala 1:250 000 serie I



Unidades de Captación de Aguas Superficiales escala 1:50 000



h) No consideradas en la Red Hidrográfica

Debido a la falta de representación de datos topográficos escala 1:50 000 en la Isla de Cozumel, Isla Mujeres e Isla Tiburón que corresponden a las subcuencas RH32Ac, RH32Ab y RH08Aa respectivamente, se toma la decisión de excluirlas de las Unidades de Captación de Aguas Superficiales escala 1:50 000.





## **9 ETAPAS POSTERIORES ORIENTADAS A LA CONSOLIDACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN HIDROGRÁFICA DE MÉXICO.**

### **9.1 Acciones por emprender a corto plazo**

1. Integrar redes hidrográficas transfronterizas México-Estados Unidos de América.
2. Determinar los indicadores de Hidromorfometría y otros de valor agregado de forma automatizada a nivel cuenca y región hidrográfica.
3. Mejorar y dar mayor funcionalidad al SIATL orientado a la simulación y generación de indicadores de gasto de cuencas vía internet.

### **9.2 Acciones futuras por emprender**

1. Determinar áreas de inundación e indicadores de gasto de cuencas.
2. Equilibrar la densidad de rasgos.
3. Revisar y ajustar las líneas de flujo de acuerdo a los rasgos sobre imágenes de satélite u ortofotos recientes (actualizar dinámica de flujos).
4. Asociar nombres geográficos.
5. Integrar cuerpos de agua.
6. Integrar sistemas de canales de distritos de riego, acueductos, sistemas de drenaje urbanos.
7. Integrar redes hidrográficas transfronterizas con países vecinos sobre la frontera sur.
8. Generar hidrografía a partir de modelos LIDAR, interpretar y corregir rasgos.
9. Diseñar e implementar un modelo de datos hidrográficos.
  - a. Integrar estaciones climatológicas e hidrométricas (series de tiempo).
  - b. Integrar rasgos hidrográficos de datos topográficos escala 1:20 000.
  - c. Integrar la Red Hidrográfica escala 1:250 000.
10. Consolidar el Sistema de Información Hidrográfica de México.



## **10. CONCLUSIONES**

Hoy en día los usuarios de SIG demandan a las instituciones generadoras de datos geográficos, información estructurada, consistente e inteligente, para desarrollar proyectos orientados a diferentes ámbitos como planeación, construcción de infraestructura, prevención de riesgos, salud, administración del recurso hídrico y calidad del agua, entre otros muchos más.

Además, el tema del agua por su escasez y degradación, es un asunto estratégico para las políticas de los gobiernos, siendo un sinónimo de vida pero además de muerte por la presencia de fenómenos hidrometeorológicos, que provocan avenidas y crecidas de los ríos, deslaves e inundaciones.

La Red Hidrográfica escala 1:50 000 y sus componentes como las Unidades de Captación de Aguas Superficiales de la misma escala, así como los puntos de drenaje, integran un producto que indudablemente aportará mayor conocimiento en beneficio de la población y del desarrollo sustentable de las cuencas y del país.





## **ANEXO I**

### **Redes Geométricas**

El procedimiento que se describe en este anexo, está basado en el software ArcGis utilizado para los trabajos de edición de la Red Hidrográfica, el cual contiene herramientas y medios para redes geométricas y del cual se tiene la experiencia y conocimiento.

Además, existen módulos gratuitos para este software como ArcHydro y WrapHydro para modelado y para diversas aplicaciones hidrológicas, los cuales fueron desarrollados por el Centro de Investigación de Recursos Hídricos (CRWR) de la Universidad de Texas.

Sin embargo, seguramente otros sistemas de información geográfica contemplan también redes geométricas, para lo cual será necesario investigar la forma de cómo construirlas y explotarlas.

De tal manera y sin intención de dar preferencia a una marca de software en específico, se detalla el procedimiento para dar idea de la potencialidad de las redes geométricas.

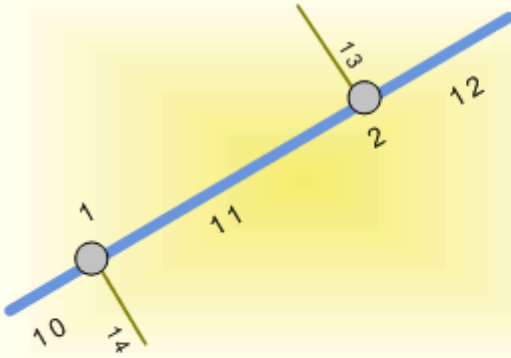
#### **¿Qué son redes geométricas?**

Las redes geométricas ofrecen una forma para modelar redes comunes de infraestructura que se encuentran en el mundo real. De distribución de agua, líneas eléctricas, gasoductos, servicios telefónicos, y el flujo de agua de cauces son todos ejemplos de las corrientes de recursos que pueden ser modelados y analizados utilizando una red geométrica.

Una red geométrica es un conjunto de líneas (edges) y cruces (junctions) conectados con reglas que se utilizan para representar y modelar el comportamiento de una infraestructura de red común en el mundo real.

Las bases de datos relacionales espaciales son utilizadas como medios para definir la red geométrica. Se deben de definir los diversos roles que desempeñan las funciones en la red geométrica y reglas sobre cómo los recursos fluyen a través de ella.

En el siguiente gráfico se aprecia una red geométrica de un servicio principal de suministro de agua, además de otros ductos que se derivan conectados por los denominados junctions.



Water junction fittings (Points)

OID	Shape	Equip ID	Valve Type
1		816-32	T203
2		816-45	Y53

Water mains (Lines)

OID	Shape	Diameter	Material
10		8	Concrete
11		10	PVC
12		8	Concrete

Water services (Lines)

OID	Shape	Service ID	Material
13		1001	Cast iron
14		1002	Copper

**Edges** – Son rasgos que representan una longitud a través del cual va implícita una dirección de flujo. Son creados a partir de clases de tipo línea en un **feature dataset** dentro de la base de datos.

Ejemplos: corrientes de agua, conductos de suministro de agua, líneas de transmisión eléctrica, gasoductos, líneas telefónicas, etc.

**Junctions** – Son rasgos de tipo puntual que permiten la conexión de dos o más edges, con lo cual se facilita la transferencia del flujo.

Ejemplos: fusibles, switches, llaves, válvulas, etc.

Edges y junctions en una red son topológicamente conectados a cualquier otro; los edges deben conectar a otro edge en un junction; el flujo desde los edges en la red es transferido a otro edge a través de los junctions.

En una red geométrica existen dos tipos de *edges*:

- Simple Edges- están siempre conectados exactamente a dos **junctions**, uno a cada extremo; corresponde a un simple elemento en la red lógica.

Un ejemplo podría ser un conducto lateral en una red hidrográfica. El agua lateral se conecta en un extremo a un **junction** a lo largo de la línea principal de distribución y, en el otro extremo, a un **junction** de servicio (como un grifo o bomba).



- Complex Edges- están siempre conectados al mínimo de dos *junctions*, pero se puede conectar a otros **junctions** a lo largo de su longitud.

Un ejemplo sería una red principal de agua, donde esta línea tuviera varias líneas secundarias de distribución a lo largo de ésta sin dividirla.

## La red lógica

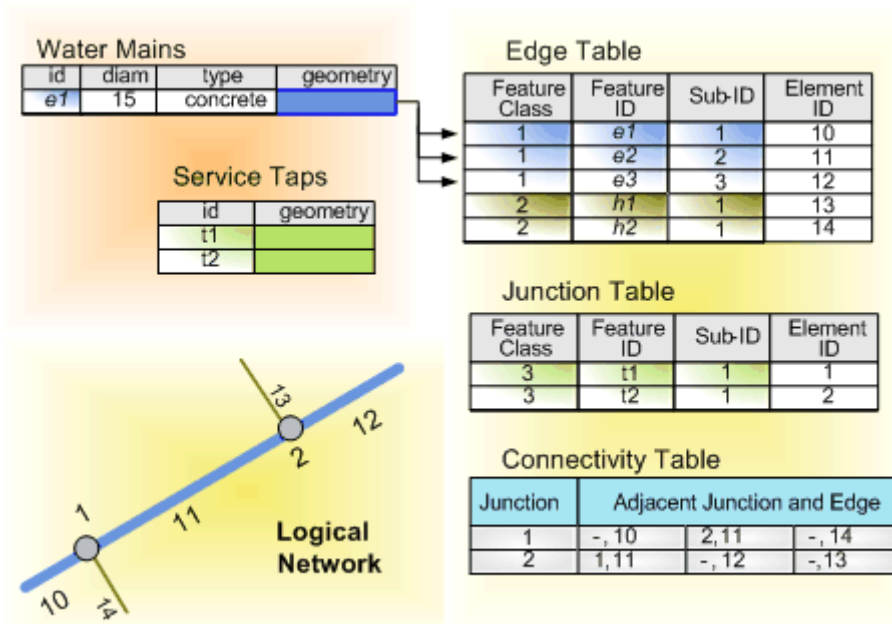
Cuando una red geométrica es creada en **ArcGIS**, también crea su correspondiente red lógica, misma que es usada para representar y modelar las relaciones de conectividad entre rasgos. La red lógica es la conectividad graficada usada para trazar y calcular flujos.

Un elemento **edge** o **junction** en la red geométrica corresponde a uno o más **edges** o **junctions** en la red lógica. Toda conectividad entre **edges** y **junctions** se mantiene en la red lógica.

La red lógica es administrada como una colección de tablas que son creadas y mantenidas por **ArcGIS**. Estas tablas graban como los rasgos implicados en una red geométrica son conectadas a otra. La red lógica permite a **ArcGIS** rápidamente resolver y modelar la relación de conectividad entre **edges** y **junctions** durante la edición y el análisis. Esto permite de forma rápida navegar por la red y facilitar la generación de sobre el vuelo conectar durante la edición.

Cuando los edges y junctions son editados o actualizados en la red geométrica, la correspondiente red lógica es automáticamente actualizada.

El siguiente gráfico muestra como un suministro de agua principal, representado por solo un *edge* complejo en la red geométrica, está compuesto de múltiples elementos en la red lógica.



### Sources y sinks (fuentes y sumideros)

Las redes son frecuentemente usadas para modelar sistemas del mundo real, donde la dirección de movimiento a través de la res es bien definida. Por ejemplo, el flujo de electricidad de una red eléctrica proviene desde la estación de generación hasta los usuarios. En una red de agua, la dirección del flujo puede no ser tan bien definida como una red eléctrica, pero el flujo de agua debe ser desde una estación de bombeo a un usuario o desde usuarios a una planta de tratamiento.

La dirección de flujo en una red es calculada desde una serie de sources (fuentes) y sinks (sumideros). En ejemplos anteriores, la electricidad y agua son conducidos por sources y sinks. El flujo es la relación entre una fuente (source) como la estación de bombeo, hacia un sumidero (sink) como puede ser una planta de tratamiento de agua.

Los junctions en redes geométricas pueden actuar como sources o sinks. Cuando se cree una nueva clase de junctions en una red, usted puede especificar cuáles de los rasgos representan sources, sinks o ninguno de estos. Si usted especifica que esos rasgos pueden ser sources o sinks, un campo llamado **AncillaryRole** es agregado al **feature class** en el registro.

Cuando usted calcule la dirección de flujo para una red en **ArcMap**, ésta deberá estar calculada en base a source y sinks en la red.



## Pesos en la red

Una red puede tener un conjunto de pesos asociados a ella. Un peso se puede utilizar para representar el costo de atravesar un elemento lógico en la red. Por ejemplo, en una red de agua, una cierta cantidad de presión se pierde cuando viaja la longitud de una transmisión principal, debido a la fricción de superficie dentro de la cañería.

Los valores de los pesos se aplican a todos los elementos de la red. Los valores del peso para cada elemento de la red, se derivan de los atributos en el correspondiente rasgo. En el ejemplo anterior de la transmisión principal, el valor del peso se obtiene a partir de la longitud del rasgo.

Una red puede tener varios pesos asociados. Cada **feature class** en la red puede tener algo, todo o nada de esos pesos asociados con sus atributos. El peso para cada rasgo es determinado por un atributo para ese rasgo. Un peso en la red puede ser asociado con sólo un atributo en un **feature class**. El peso puede ser asociado con múltiples *feature classes*. Por ejemplo, un peso llamado Diameter puede ser asociado con el atributo Diameter en el **feature class** suministro principal y también asociado con el atributo **Pipe\_dia** en el **feature class** suministro secundario (water lateral).

Un peso con valor cero es reservado y es asignado a todos **orphan junctions**. También, si un peso no es asociado con cualquier atributo de un **feature class**, entonces el valor del peso para todos los elementos correspondientes a ese **feature class** será cero.

## Habilitar y deshabilitar rasgos

Cualquier **edge** o **junction** en una red geométrica puede ser habilitado o deshabilitado en la red lógica. Un rasgo que es deshabilitado actúa como una barrera. Cuando la red es trazada, el trazo se detendrá en una barrera, esto indica en la red incluye rasgos deshabilitados.

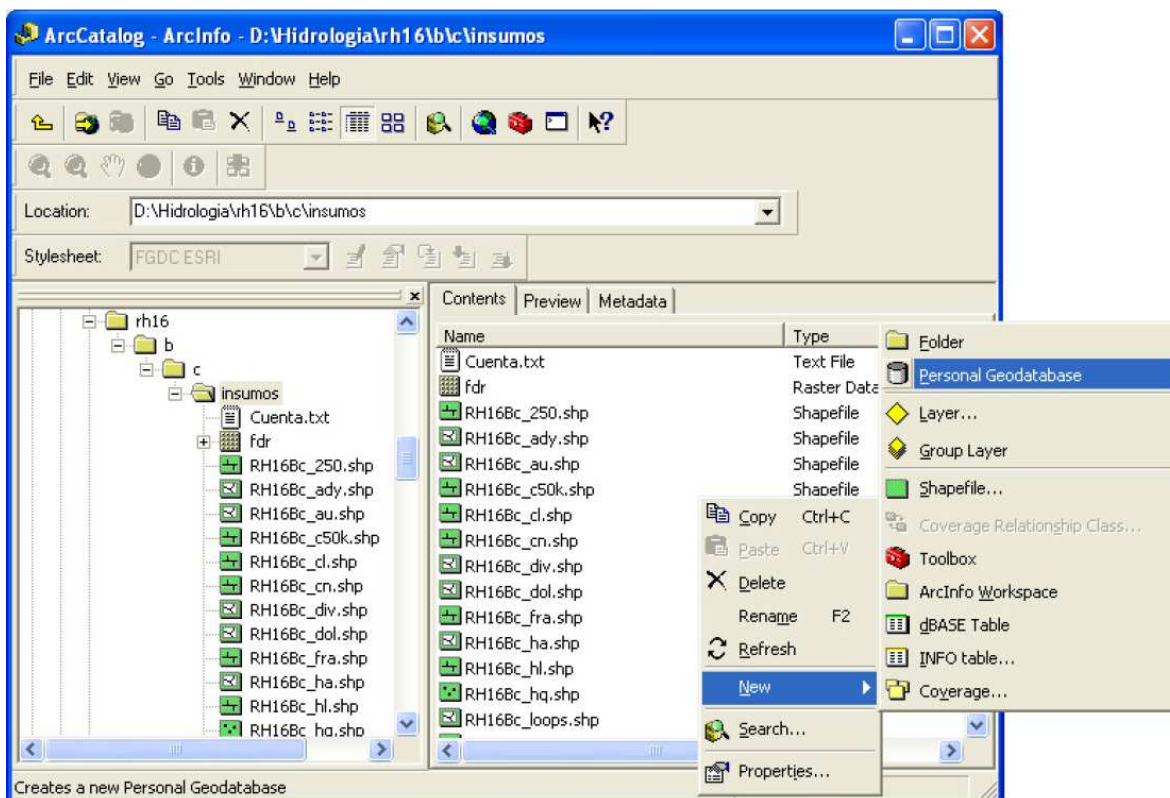
El estado de habilitar o deshabilitar es una propiedad mantenida por un atributo campo llamado **Enabled**. Puede tener uno de dos valores: verdadero o falso. Cuando se construye una red geométrica desde un simple **feature class**, este campo se agrega automáticamente. Cuando usted usa **ArcCatalog** para crear un **network feature class**, **Enabled** es un campo requerido.

Cuando se agregue un nuevo rasgo a la red, por defecto éste será habilitado.

Los valores guardados en la red, **peso**, **ancillary role**, y campo **enabled** son criterios del usuario sobre el estado del rasgo en la red lógica.

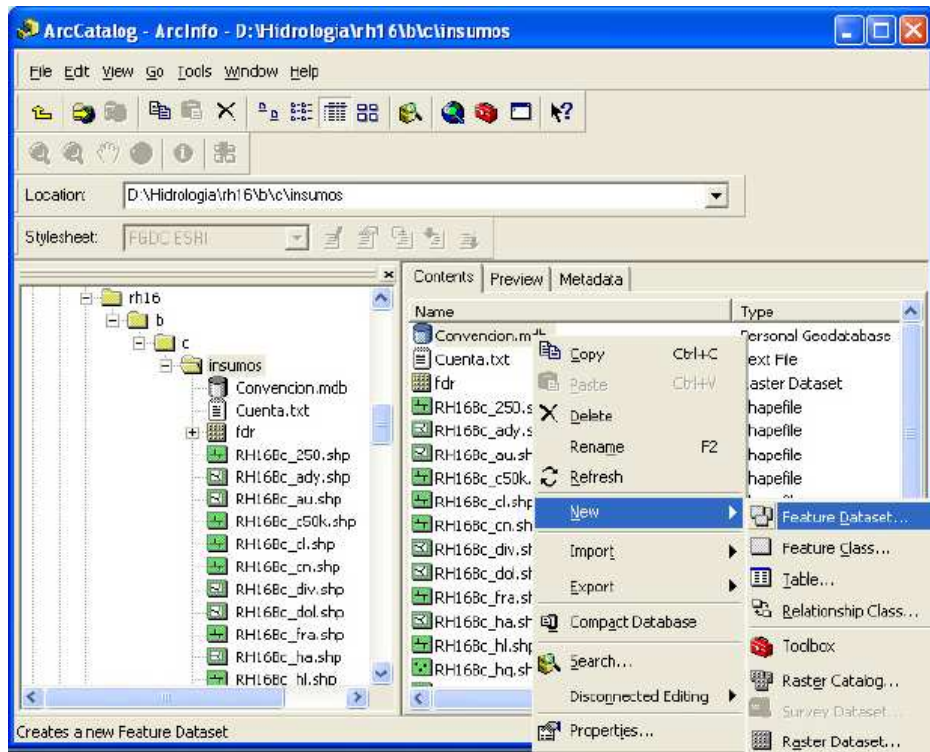
## Procedimiento para Crear una Red Geométrica

- Ejecute el **ArcCatalog** dando clic en **Inicio -> Todos los programas -> ArcGIS -> ArcCatalog**.
- Navegue a la carpeta de insumos correspondiente a la ruta donde se encuentra el archivo shape de escurrimientos de la subcuenca, asegurándose de que exista la capa que contiene los rasgos hidrográficos lineales, en este caso y como ejemplo tomaremos el shape RH16Bc\_hl a partir de la cual se generará la red geométrica.
- Una vez visualizada la información, dé clic derecho en la parte derecha de **ArcCatalog**, cuidando de no hacerlo sobre ninguna capa, es decir sobre el área blanca, y se mostrará un menú contextual en el cual seleccione la opción **New -> Personal Geodatabase**.



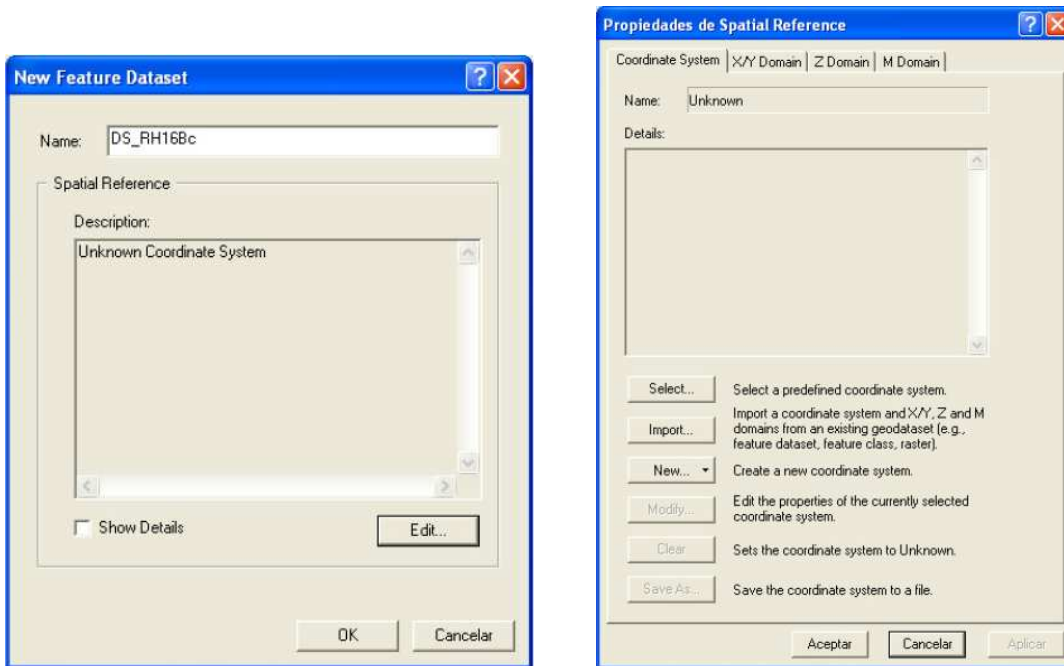
Aparecerá en la parte superior del listado de capas un nuevo archivo con el nombre **New Personal Geodatabase.mdb**. En ese momento se puede cambiar el nombre simplemente tecleándolo o bien presionando la tecla **F2**. Para desarrollo del presente ejercicio al archivo le llamaremos **Convención**.

- Dé clic derecho sobre la geodatabase recién creado y seleccione **New-Feature Dataset**.

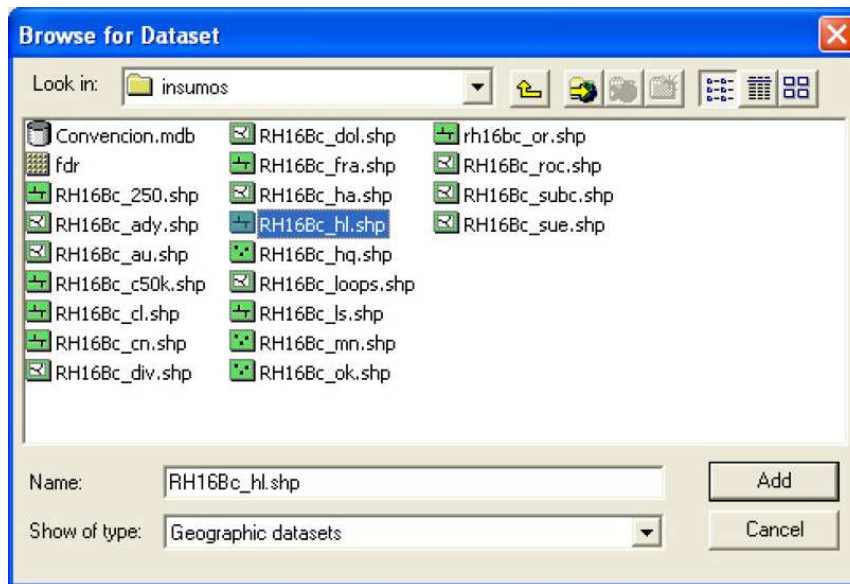


- Asígnale un nombre al nuevo **dataset** y de clic en el botón **Edit** para establecer su sistema de coordenadas (en este caso se nombró **DS\_RH16Bc**).

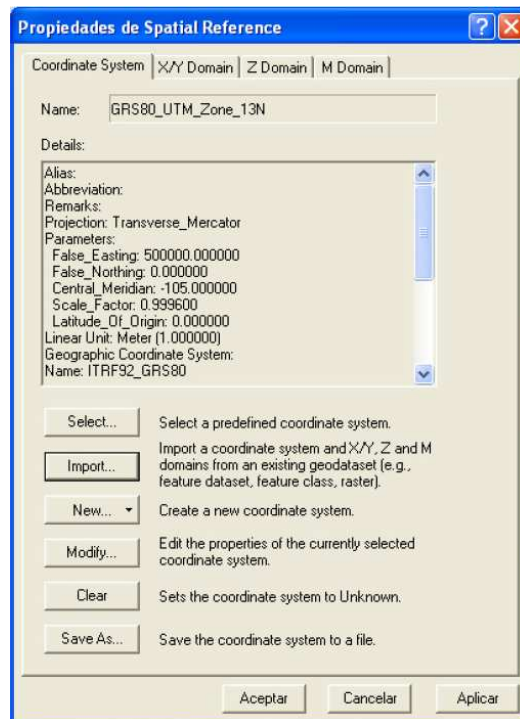




- Posteriormente dé clic en el botón **Import** para seleccionar el archivo a partir del cual se establecerá el sistema de coordenadas (para este ejemplo RH16Bc\_hl).




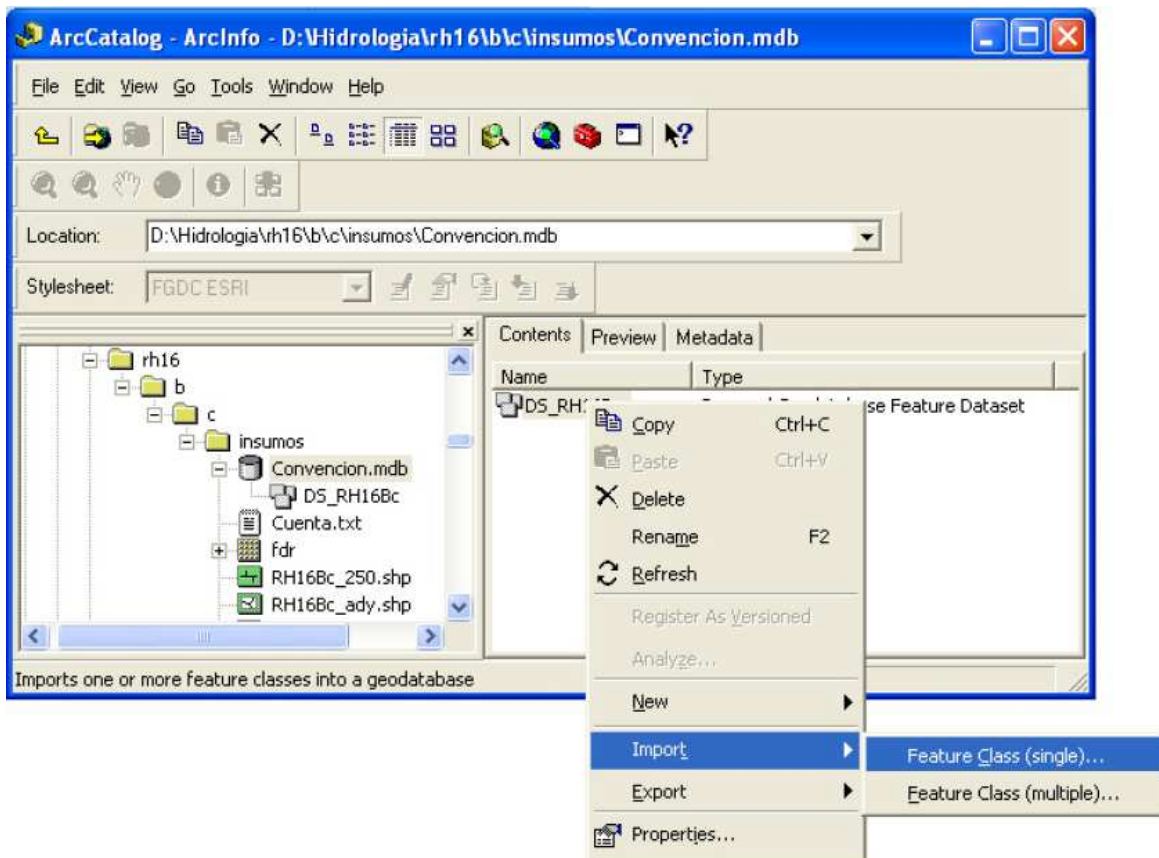
- Dé clic en el botón **Add** para que ahora en la pantalla aparezcan los datos referentes al sistema de coordenadas, los cuales para la subcuenca **RH16Bc** corresponden a la **UTM zona 13, Datum ITRF92**.



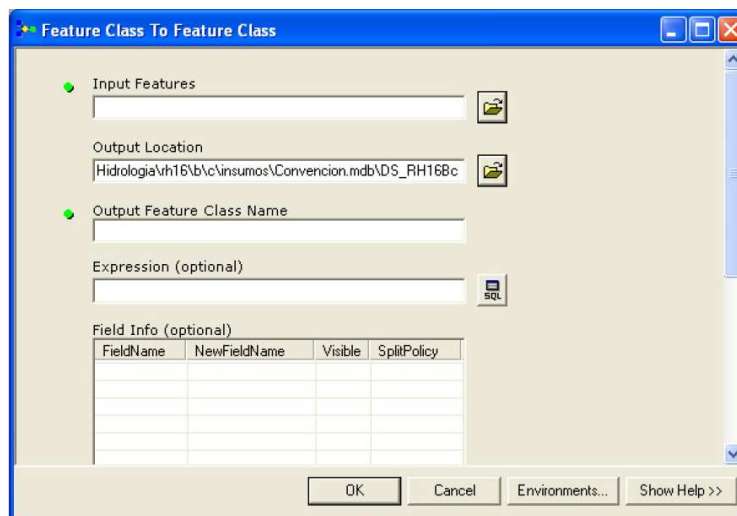
- Dé clic en el botón **Aplicar** y enseguida clic en el botón **Aceptar**.

Una vez creado el data set que contendrá los elementos de las líneas de flujo, habrá que importarlo.

- Nuevamente en **ArcCatalog**, visualice las capas en el lado derecho, dé doble clic sobre el data set  **D5\_RH16Bc** para que aparezca el menú contextual del cual habrá que elegir la opción **Import->Feature Class (single)**.

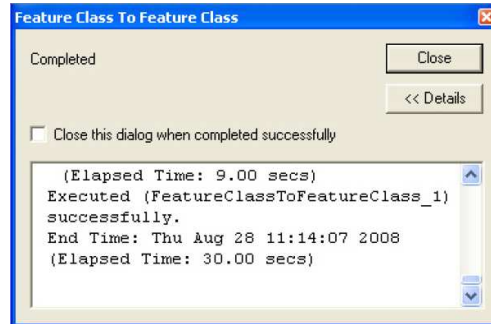



En el cuadro de diálogo que aparece, habrá que establecer los parámetros requeridos e indicados con el punto verde, los otros si se desea, se pueden modificar o dejarlos así.

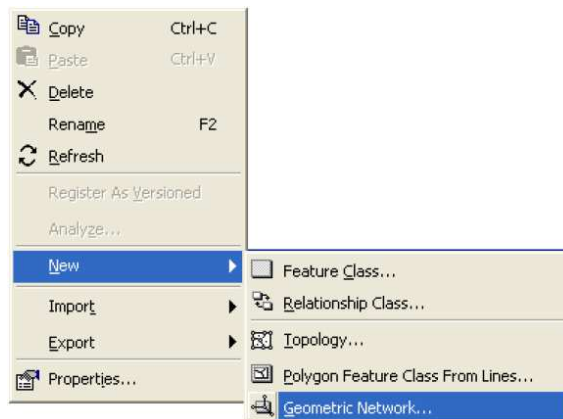




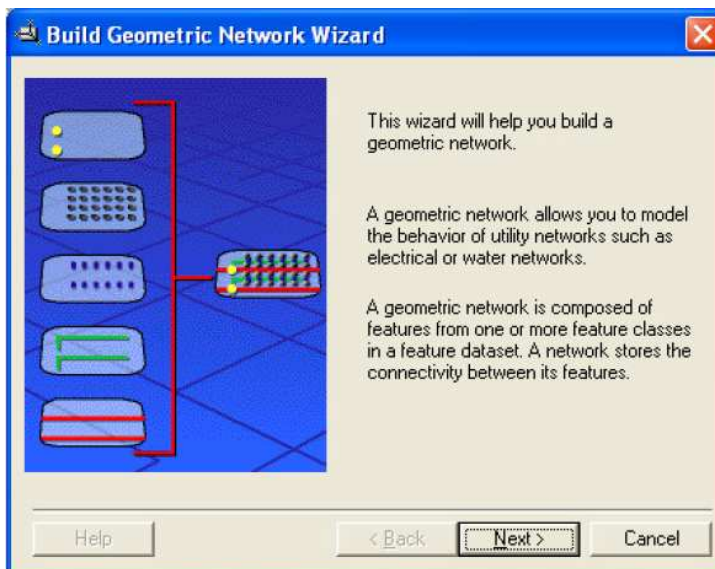
- Dé clic en el botón **OK** y aparecerá una pantalla en la que se muestra el avance del proceso en la importación de los datos a la geodatabase. Concluido el proceso de clic en el botón **Close**.



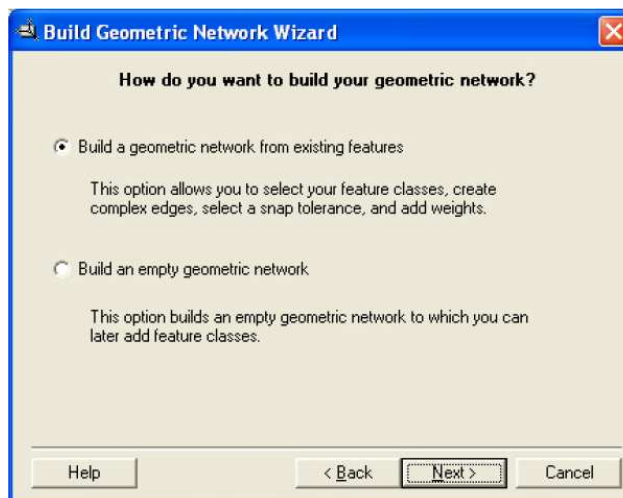
- Cree la red geométrica a partir de los datos importados a la geodatabase, dando clic derecho sobre el dataset  **DS\_RH16Bc**. Aparecerá un menú contextual del cual se elegirá la opción **New->Geometric Network**.



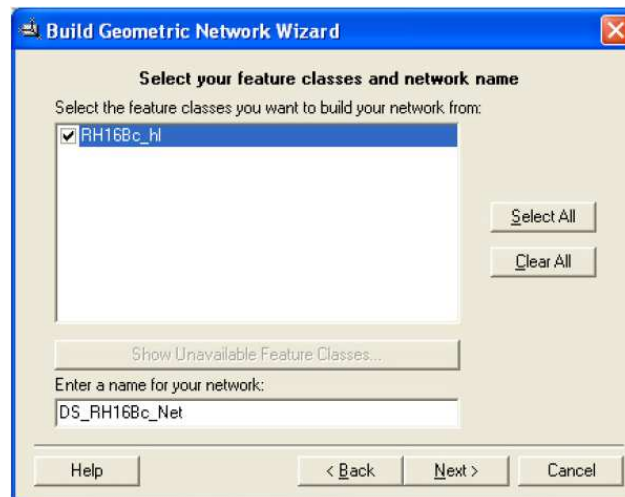
Hecho esto, aparece un **Wizard** en las que habrá dar clic en el botón **Next** en la siguiente pantalla:



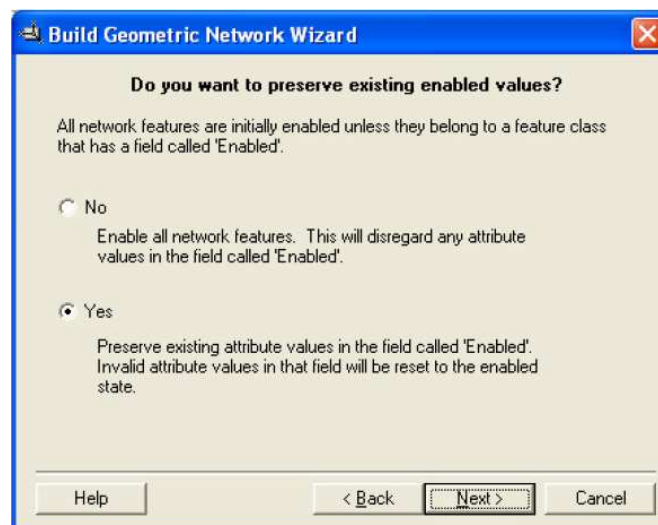
Posteriormente aparecerá un cuadro de diálogo donde pregunta a partir de dónde se construirá la red geométrica, para este caso se elige la primera opción que refiere a rasgos existentes y que además está por default. Dé clic en el botón **Next**.



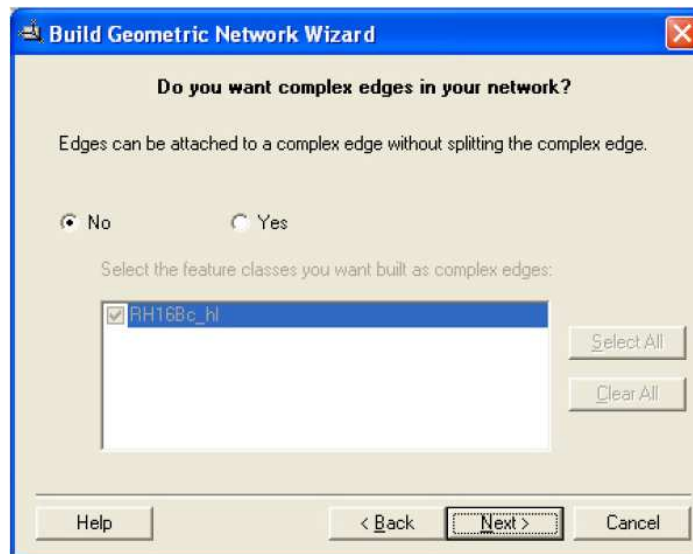
Después aparecerá la siguiente caja de diálogo donde se enlistan las capas de tipo línea y se deberá seleccionar la que refiere a líneas de flujo. En la parte inferior de la misma podrá cambiar el nombre si así lo desea o bien dar clic en el botón **Next**.



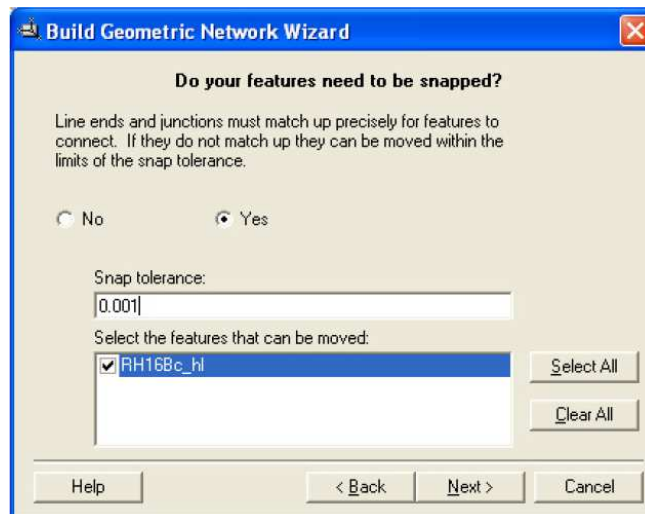
Después de esto deberá responder a sí se desea preservar los valores existentes, los cuales serán almacenados en un campo llamado **Enabled**. Dé clic en **Yes** y luego de clic en el botón **Next**.



La siguiente ventana se refiere a si se desea generar límites complejos. Seleccione la opción **No** y luego dé clic en el botón **Next**.

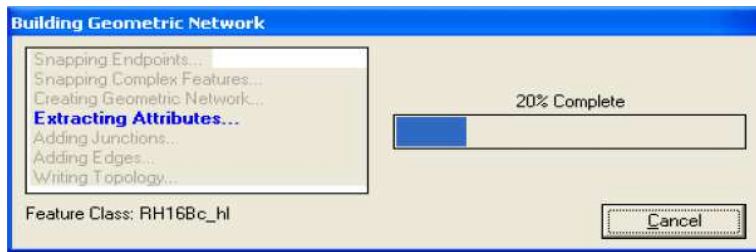


La pantalla siguiente se refiere a sí se le va a aplicar algún parámetro de **snap** a las líneas. Seleccione la opción **Yes** y tome el valor de **Snap Tolerance** que aparece por defecto, debido a que ese valor lo determina el propio software en función de la resolución de los datos. Para este caso será de **0.001** y dé clic en el botón **Next**.

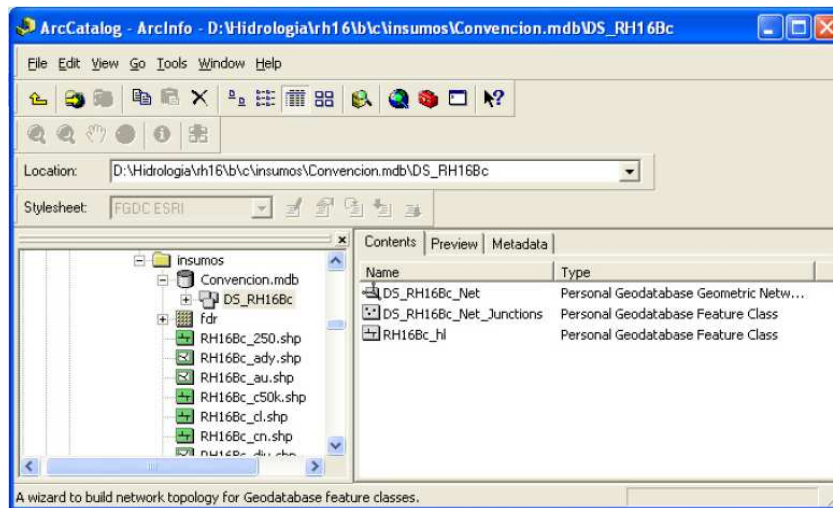


A partir de ahora podemos dar clic en el botón **Next** a las ventanas que aparecen hasta concluir la generación de la red. Aparecerá una pantalla mostrando en avance en la generación de la red.





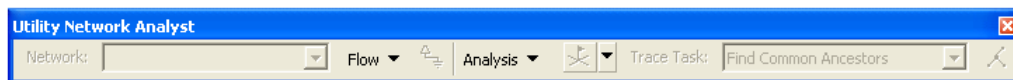
Observe que en **ArcCatalog** ahora pueden apreciarse los archivos que refieren a la red geométrica.



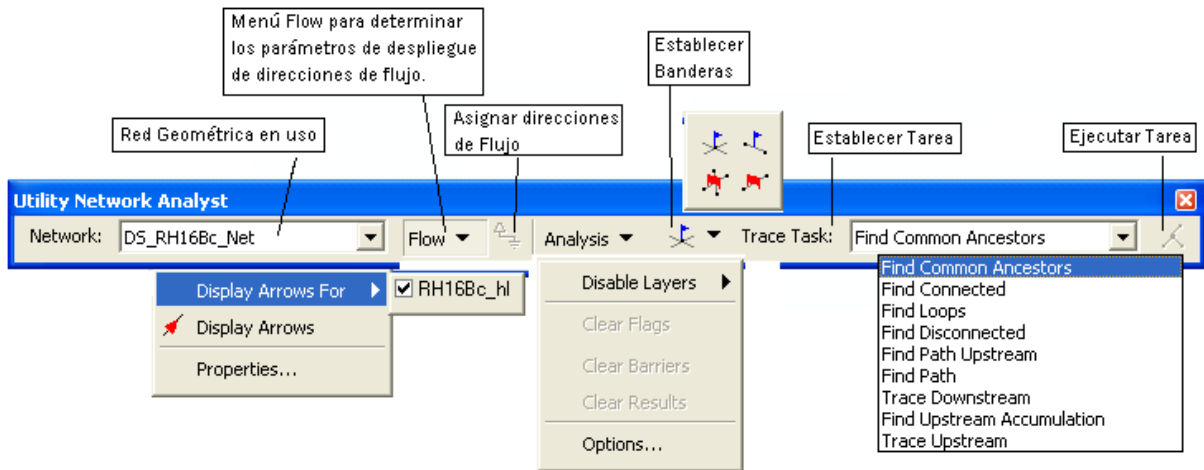
### Barra de Herramientas Utility Network Analyst



En este momento ya puede ser utilizada la red geométrica para realizar análisis dentro de **ArcMap**. Ahora se dará una explicación breve de las herramientas **Utility Network Analyst** de **ArcMap**.

- Verifique la existencia de la barra de herramientas **Utility Network Analyst**. En caso de no existir ir al menú **Tools**→**Customize** y dé clic en el check box que haga referencia a dicha herramienta.



Descripción de la barra de herramientas **Utility Network Analyst**.



- Red Geométrica en uso (**Network**)→ Hace referencia a la red con la que se trabaja.
- Menú **Flow**→Indica a qué capa se le desplegará las direcciones de flujo, así como encender o apagar o bien establecer propiedades personalizadas.
- Menú **Analysis**→ Entre otras funciones, se encuentra la de Limpiar Banderas (Clear Flags) además de permitir el modo en que los datos serán representados ya sean solo en despliegue visual o bien en datos seleccionables para algún otro estudio.
- Establecer Banderas→Puede ser a través de cuatro funciones: “a partir de un punto (junction)”  o a través de un límite (edge) .
- Establecer Tarea→Tareas de análisis en la red geométrica tales como:

**Find Loops** (encontrar ciclos)

**Find Disconnected** (encontrar elementos no conectados a la red)

**Trace Downstream** (encontrar el escurrimiento corriente abajo)

**Trace Upstream** (encontrar corrientes tributarias a ese punto)

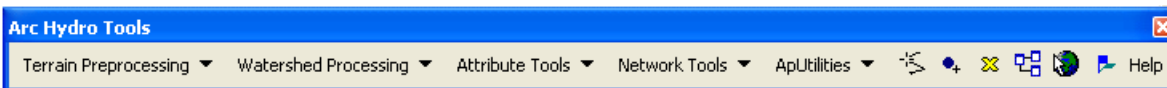
- Ejecutar Tarea→Permite llevar a cabo la tarea antes establecida.



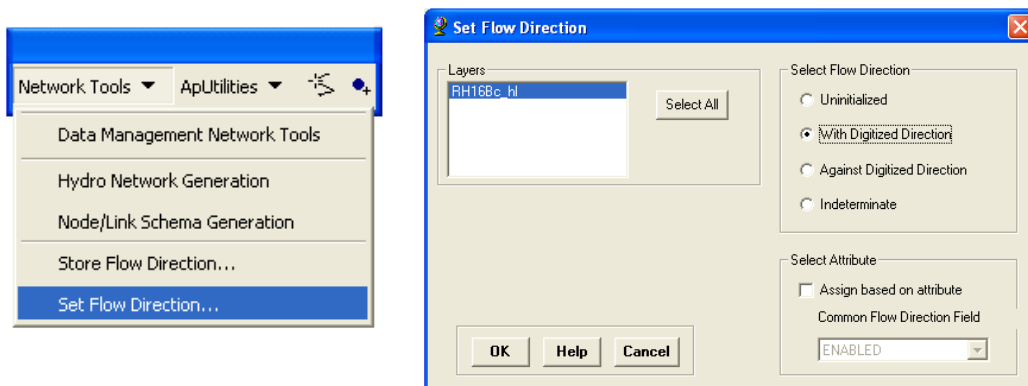
## Establecer direcciones de flujo

En este apartado se describirá lo necesario para visualizar las direcciones de flujo.

- Verifique que la barra de herramientas de **ArchHydro** esté disponible de lo contrario vaya al menú **Tools→Customize→ArchHydro Tools**.

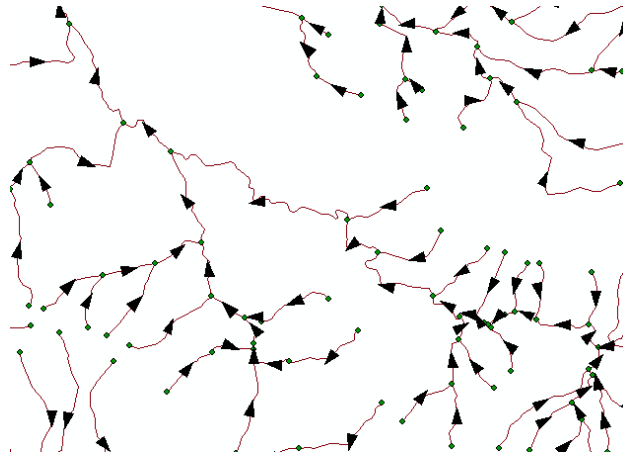


- Asigne las direcciones de flujo a la red geométrica seleccionando la opción **Network Tools→ Set Flow Direction**.
- Verifique que las direcciones de flujo hayan sido asignadas correctamente mediante la caja de diálogo en la que aparece, seleccionar las siguientes opciones:

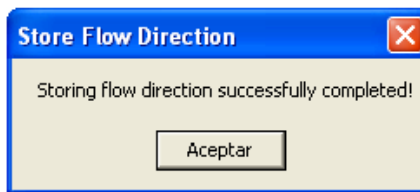


El tiempo de proceso está en función del número de corrientes existentes en la subcuenca y a las características del equipo. A mayor cantidad de rasgos mayor tiempo. Concluido el proceso pueden visualizarse las direcciones de flujo.

- Dé clic en el menú **Flow→Display Arrows** de la barra de herramientas **Network Utility Analyst** para que se visualicen las direcciones de flujo.




- Guarde las direcciones de flujo dando clic en el menú **Network Tools**→**Store Flow Direction** de la barra de herramientas **ArchHydro**. Este proceso también lleva tiempo, una vez finalizado aparecerá un mensaje.

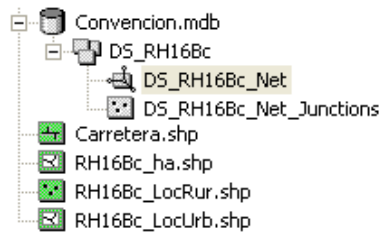


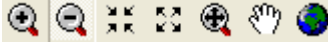

**Ejercicio. - Simulación de un accidente carretero con derrame de un químico que pone en riesgo a la población.**

Conocido el procedimiento para crear una red geométrica así como algunas de las herramientas de análisis de la red, continuaremos con el desarrollo de un ejercicio práctico para conocer algunas de las múltiples utilidades de contar con una red geométrica.

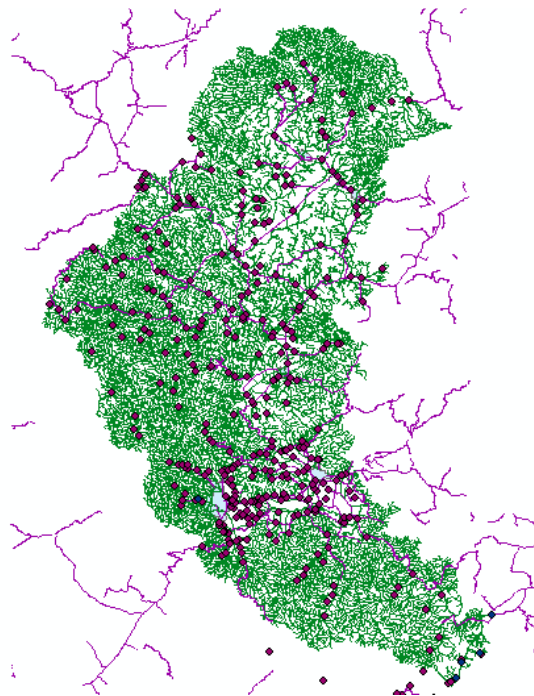
En este caso en particular se simulará un accidente de una pipa que lleva en su interior un elemento químico el cual pone en riesgo a la población. Para ello, utilizaremos la subcuenca RH16Bc Río Ayuquila.

- En este paso se cargarán las capas de carreteras y localidades urbanas y rurales, utilizando el botón  **Add Data** .



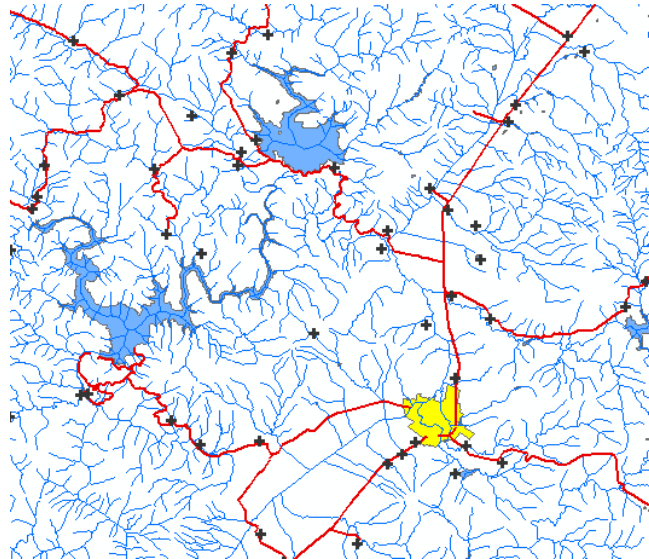
- Cambie el zoom de manera que se visualicen todos los datos apoyándose con las herramientas de visualización  o bien con el botón derecho sobre la capa **RH16Bc** elegir la opción  Zoom To Layer .


Los datos deberán aparecer como lo muestra la siguiente imagen.

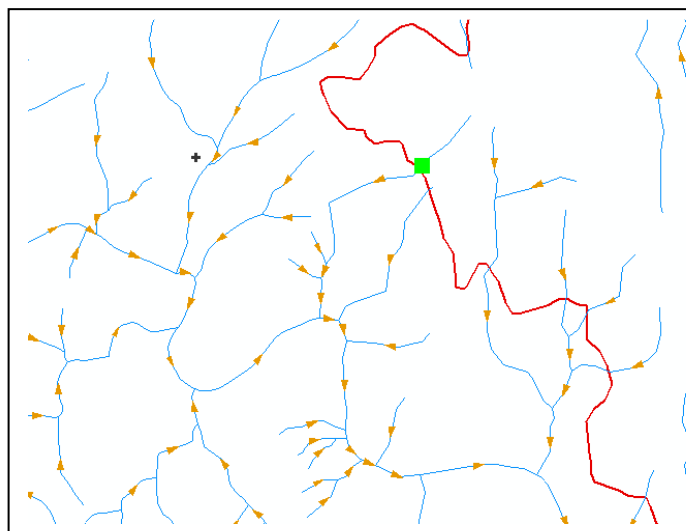




- Asigne colores y símbolos a las capas. Dando doble clic sobre cada una de las capas se accede al **Symbol Selector** donde podrá modificar los colores de representación de la información. Se sugiere poner azul los rasgos hidrográficos, rojo a carreteras, amarillo a localidades urbanas y algún símbolo a las localidades rurales.



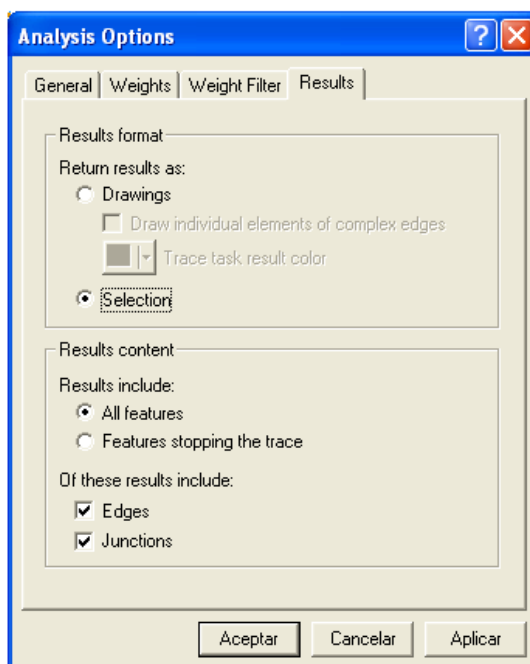
- Establezca el punto de derrame con una bandera dando clic en el ícono  Add Edge Flag Tool y ubíquelo en el cruce de la carretera con el río, tal como lo muestra la siguiente:






A fin de dar respuesta a que localidades pueden estar en riesgo además de ubicar el río por el cual escurrirá el derrame, es necesario indicar que el resultado de la tarea ejecutada sea como elemento seleccionable y no de dibujo. Para ello:

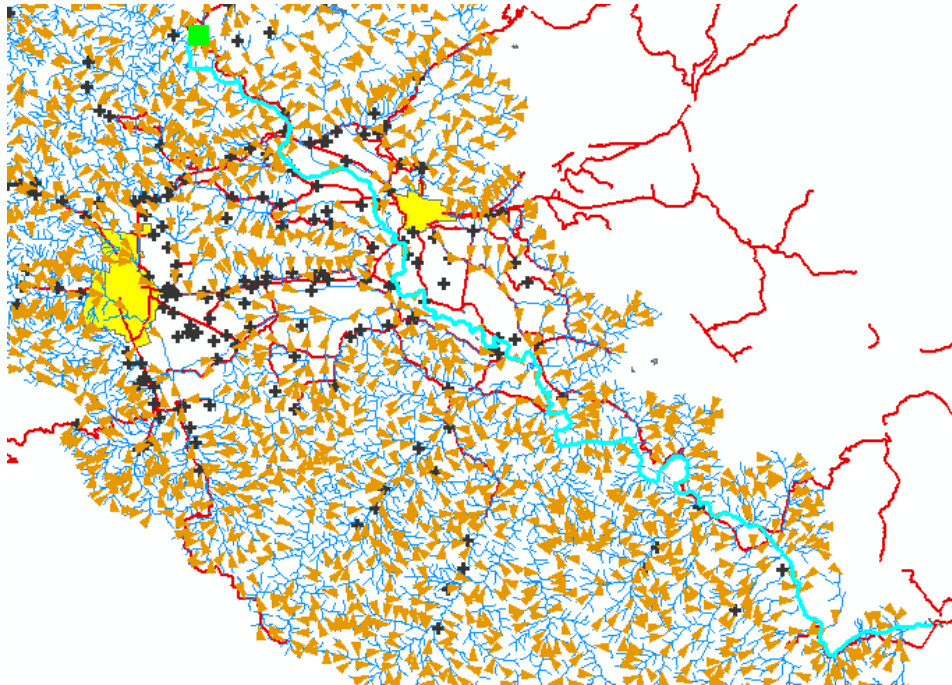
- Dé clic en el menú **Analyst→Options** de la barra de herramientas **Network Utility Analyst**, dé clic en la pestaña **Results** y seleccione la opción **Selection** para que regrese los resultados como rasgos seleccionados. Por último dé clic en **Aceptar**.



### Determinar la trayectoria del derrame producto del accidente

- Haga un zoom, de ser necesario, en el lugar donde se agregó la bandera.
- Seleccione la tarea **Trace Downstream** de la barra de herramientas **Network Utility Analyst**.
- Ejecute la tarea dando clic en el botón 
- Observe el elemento resultado de la tarea dándole un zoom el cual recorre gran parte de la subcuenca y continúa en la subcuenca vecina.

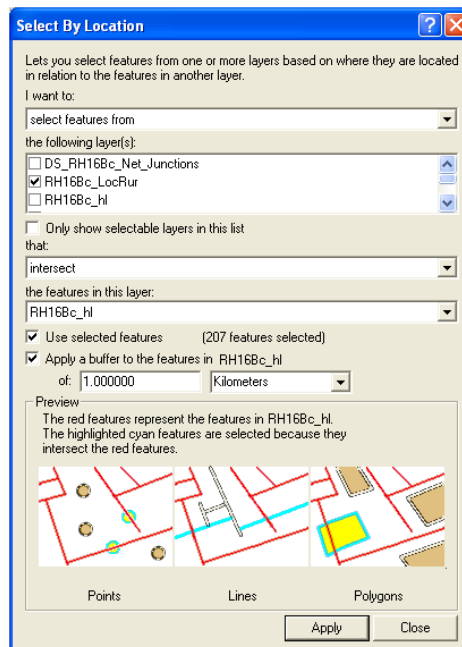




Nota: en este ejercicio solamente se determina la trayectoria y para un estudio completo sería necesario realizar un estudio de degradación del químico a lo largo del cauce.

**Localizar las localidades urbanas y rurales en riesgo en un margen de 1 Km a lo largo del cauce.**

- Realice una selección por ubicación dando clic en el menú **Selection→Select by Location**. En la caja de diálogo seleccione lo siguiente:





Realizada la selección observe que ahora aparecen como elementos seleccionados, aquellas localidades urbanas y rurales que cumplieron con la característica de encontrarse a menos de 1 Km. de la trayectoria del contaminante. Para apreciar cuáles han sido, haga lo siguiente:

- Dé clic derecho sobre la capa de **RH16Bc\_LocUrb** y seleccione la opción de **Open Attribute Table**. Si desea visualizar sólo los elementos seleccionados dé clic en la pestaña de **Select** ubicada en la parte inferior de la ventana.

FID	Shape	CLVLOCUR	NOMBRE	CVE_CARTA	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	POBTOT	PMA:
0	Polygon	141100001	Unión de Tula	E13B13	1041604	195716	1340	8665	
1	Polygon	140900001	Tenamaxtlán	F13D83	1040951	201303	1470	4585	
2	Polygon	140540001	El Limón	E13B13	1040922	194926	880	3147	
3	Polygon	140370001	El Grullo	E13B13	1041301	194819	880	19984	
4	Polygon	140170001	Ayutla	F13D82	1042040	200744	1370	7445	
5	Polygon	140150001	Autlán de Navarro	E13B12	1042210	194615	900	39310	
6	Polygon	140110001	Atengo	F13D73	1041415	201629	1400	1531	
7	Polygon	140280001	Cuautila	F13D82	1042421	201210	1720	1376	

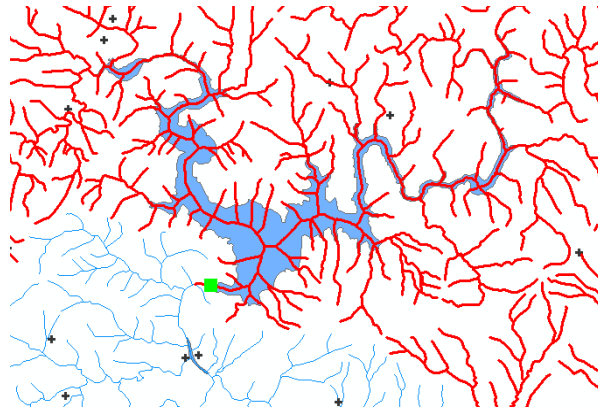
- Haga lo mismo para la capa **RH16Bc\_LocRur**.

FID	Shape	CLAVE	NOMBRE	TIPO	CVE_CARTA	LONGITUD	LATITUD	ALTITU	POBTOT
36	Point	140150022	El Corcovado	R	E13B13	104°17'4.00"	19°50'45.00"	900	1183
39	Point	140150025	El Chacalito	R	E13B13	104°16'5.00"	19°49'6.00"	900	382
40	Point	140150026	Chacaltepec	R	E13B13	104°16'49.00"	19°49'34.00"	890	4
71	Point	140150082	Tecopatlán	R	E13B23	104°10'54.00"	19°44'12.00"	1160	77
83	Point	140150119	El Llano	R	E13B13	104°14'47.00"	19°48'32.00"	880	12
85	Point	140150125	El Casco	R	E13B13	104°13'14.00"	19°45'11.00"	880	12
10	Point	140150165	Rancho Viejo	R	E13B13	104°13'56.00"	19°46'6.00"	875	6
11	Point	140150195	Cuatro Caminos y el Milagro	R	E13B23	104°10'41.00"	19°44'6.00"	880	2
13	Point	140150234	Rancho Zúñiga	R	E13B13	104°13'49.00"	19°46'11.00"	860	6
14	Point	140150261	El Ranchito	R	E13B13	104°17'36.00"	19°50'5.00"	900	8
24	Point	140370002	El Aguacate	R	E13B23	104°08'47.00"	19°42'48.00"	860	261
25	Point	140370018	Hacienda Nueva	R	E13B23	104°09'31.00"	19°44'25.00"	860	2
25	Point	140370019	José Pimienta	R	E13B13	104°13'14.00"	19°47'44.00"	860	1

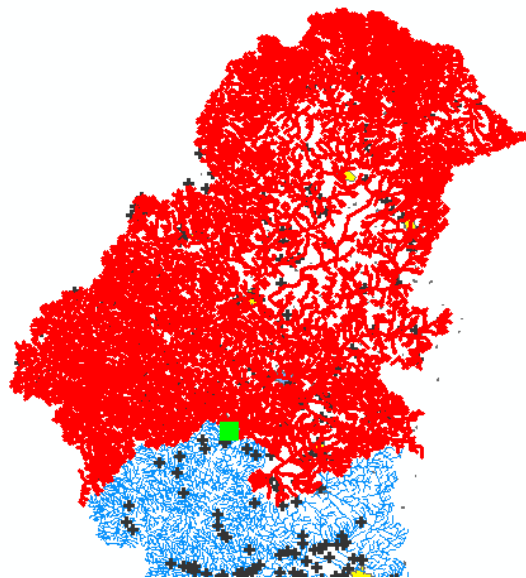
Con esto, se pueden observar el nombre de las localidades en riesgo así como los demás datos de interés como población total entre otras estadísticas.

### Ejercicio para determinar el sistema de drenaje tributario de un cuerpo de agua

- Haga un zoom a cualquiera de los cuerpos de agua existentes en la subcuenca.
- Agregue una bandera en la salida del cuerpo de agua, puede ser en la corriente a partir de la compuerta.



- Determine si el resultado será como elemento visible o como selección.
- Ejecute la tarea
- Haga un zoomout para apreciar las corrientes tributarias del cuerpo de agua.



Una vez determinado el drenaje tributario a un punto dado, se podrán realizar procesos complementarios para determinar el polígono de captación, esto con el modelo digital de elevación y el método para dicho proceso, además de diversos procesos para la determinación de indicadores del gasto de la cuenca.



## ANEXO II

### **SIATL Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas**

[http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/SIATL/index.html](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/index.html)

Con el objetivo de proveer sencilla y gratuitamente un medio para diseminar conocimiento geográfico, en específico de hidrografía superficial, que sea sustento en la construcción de escenarios para diversos proyectos, tales como contingencias de eventos hidrometeorológicos, rutas de evacuación, construcción de infraestructura y ordenamiento, entre otros, el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) ha publicado en Internet el simulador de flujos de aguas de cuencas hidrográficas (SIATL).

Este simulador surge como resultado del proyecto “Estructuración de la Red Hidrográfica escala 1:50 000”, con el fin de proveer la Red Hidrográfica y diversos elementos afines al tema de hidrología superficial, además de funciones de redes geométricas fáciles de usar a diferencia del conocimiento técnico requerido para usarlas en algunos software de sistemas de información geográfica.

El SIATL proporciona un entorno de funcionamiento interactivo, ya que además de tratarse de un visualizador, la aplicación contiene herramientas muy sencillas de búsqueda de localidades y rasgos hidrográficos, así como la simulación flujos “aguas arriba” y “aguas abajo”, y señalar aquellas localidades ubicadas a los márgenes de los cauces que se analizan, además de proveer de indicadores de hidromorfometría e hidrológicos como la sumatoria de longitudes de los cauces, la pendiente media de la cuenca y del cauce principal, así como el tiempo de concentración entre otros indicadores.

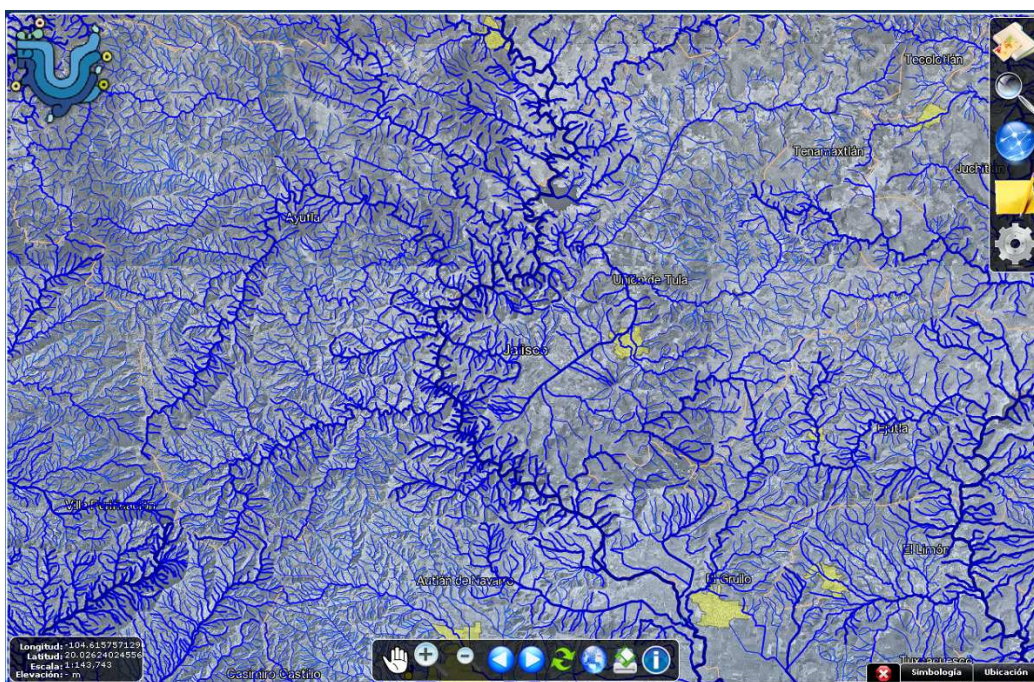
Además esta aplicación incluye varias capas de información relacionadas al objetivo de esta aplicación, como cuerpos de agua, curvas de nivel, sombreados de relieve, fotografía aérea, localidades urbanas y rurales, núcleos agrarios, topónimos, marco geoestadístico, vías de transporte, entre otras.

Entre las herramientas principales se encuentran:

- Herramientas básicas como paneo, zoom in, zoom out y zoom extend.
- Búsqueda por división política, subcuenca, rasgo hidrográfico (río, arrollo, lago, presa, etc.) y coordenadas.
- Funciones de red.
- Determinación de indicadores hidrológicos

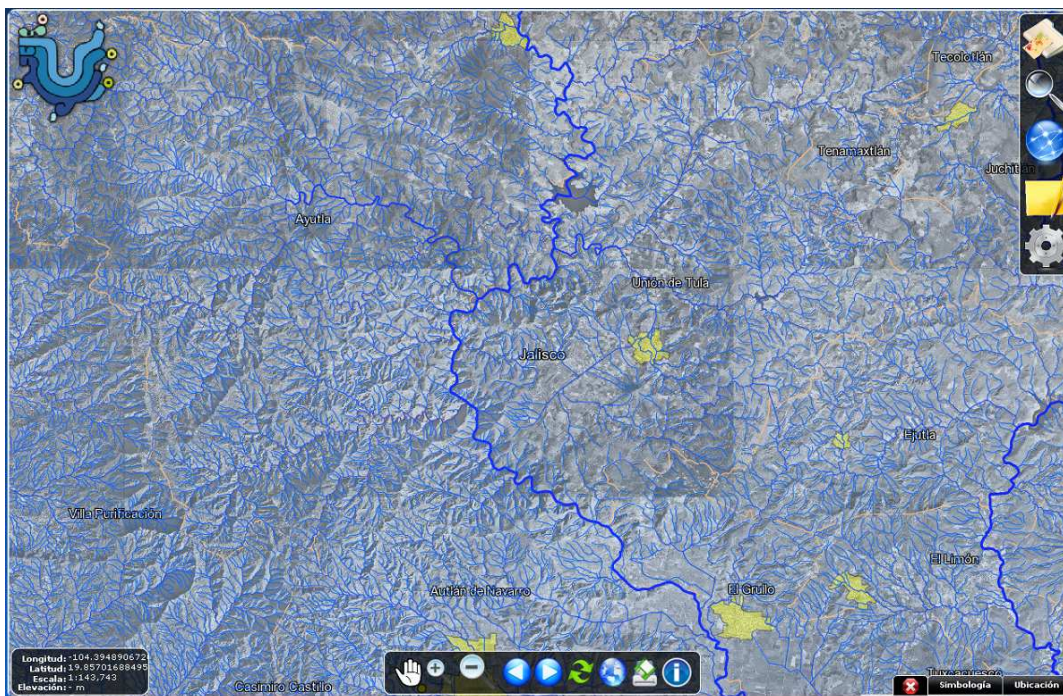
## Entorno y representación de la Red

Cada una de las herramientas principales permite interactuar activamente con el entorno del mapa de una forma sencilla y amigable y la representación de la Red Hidrográfica es de fácil interpretación, gracias a la simbología para cada línea de flujo que representa la dirección de flujo y a los valores de Magnitud de Orden por el método de Strahler o al Nivel de Corriente con los que se representan las líneas con diferentes grosores o tonalidades, permitiendo con esto distinguir los cauces principales y su evolución.



Corrientes de agua representadas con el indicador de Nivel de Corriente.





Corrientes de agua representada con valores de Magnitud de Orden.

### Funciones de red

Estas funciones permiten seleccionar la escorrentía tributaria aguas arriba a partir de un segmento de línea de flujo o la trayectoria aguas abajo a efecto de facilitar la interpretación de los escurrimientos de la cuenca determinada, además para calcular algunos indicadores hidrológicos, así como listar aquellas localidades que se ubican en un margen o área de interés en función de una distancia dada, y de esta forma consultar la información asociada de población.

La aplicación cuenta con dos funciones principales para simular flujos de agua de las

subcuencas: Flujos Corrientes Arriba  y Flujo Corriente Abajo 

El procedimiento para aplicar alguna de estas funciones es:

1. Ubique el área donde desea hacer el análisis.
2. Haga un acercamiento por debajo de la escala 1:80,000 lo suficiente para seleccionar la línea de flujo que será el inicio del análisis de la red.
3. Presione el botón de la función deseada (Flujos Corrientes arriba o Corriente abajo).
4. Verifique que quede activado; esto es cuando el botón se ilumine.



5. Ir al mapa y hacer clic sobre la línea de flujo que será utilizada para iniciar el análisis.
6. Espere unos segundos para que concluya el análisis y despliegue el resultado en color rojo. (el tiempo requerido estará en función del número de líneas resultantes).

### Resultados de las funciones de redes

Para “Flujos corrientes arriba” muestra la escorrentía tributaria o que contribuye al aforo de agua que circula por dicha línea de flujo. De forma fácil y sin una interpretación especializada, es observable el sistema de una microcuenca.

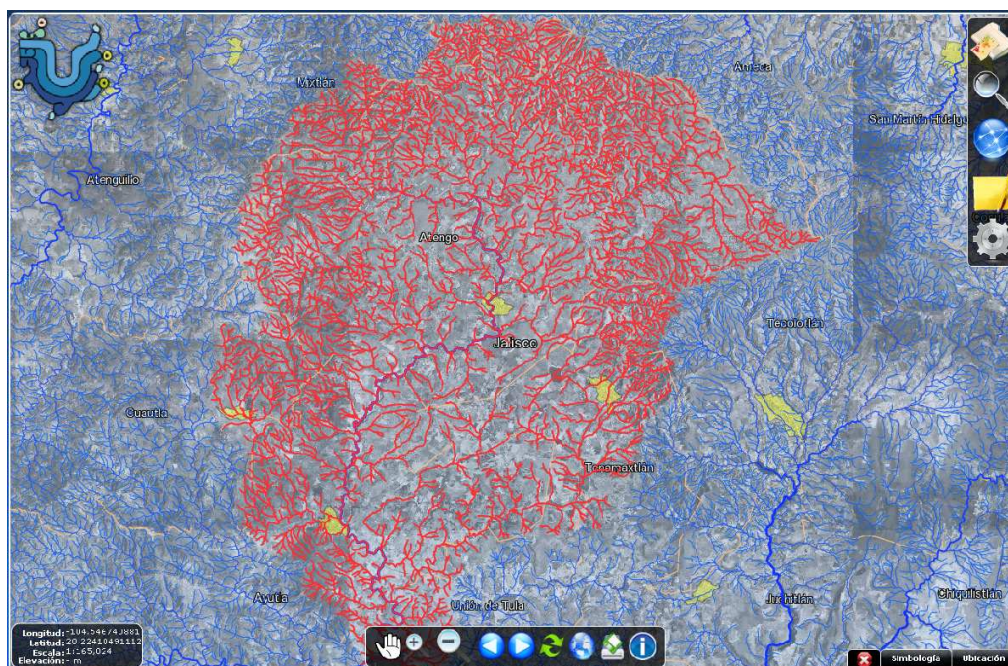


Imagen que muestra la selección en color rojo aguas arriba a partir de un segmento seleccionado en la presa Tacotán.

Para “Flujo corriente abajo” muestra en el sentido del flujo del agua por efecto de la gravedad terrestre, la secuencia de las líneas de flujo hasta la salida de la subcuenca. Con esta función pueden hacerse escenarios simulados de derrames accidentales de combustibles o químicos que pueden poner en riesgo a la población, o el desfogue de una presa y determinar que las localidades pueden estar en riesgo.



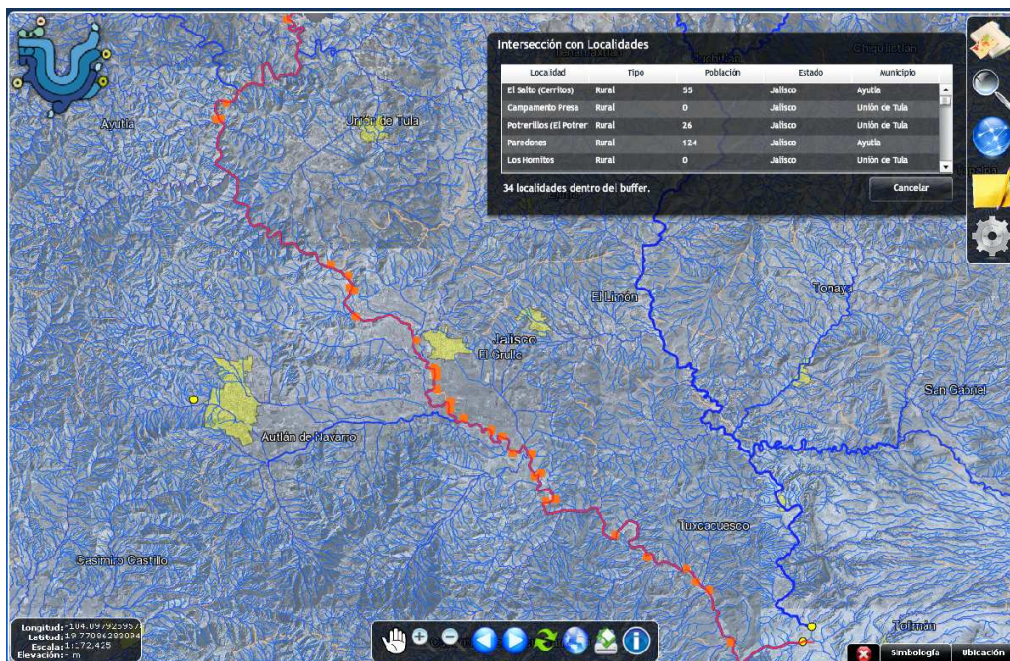


Imagen que muestra la selección en color rojo aguas abajo hasta el punto de drenaje de la subcuenca, a partir de un segmento seleccionado en la presa Tacotán, además de la selección de localidades urbanas y rurales en un margen de 250 metros de la corriente principal seleccionada.

Nota: Estas funciones se desempeñan a nivel de la unidad de subcuenca, por lo que el resultado de la selección no será más allá del límite de esta.



### **Dudas y Aclaraciones**



Dirección General de Geografía y Medio Ambiente

Edificio Sede, Oficinas Centrales  
Av. Héroe de Nacozari Sur 2301  
Jardines del Parque CP.20276  
Aguascalientes, Ags.  
México  
Puerta 8 acceso.  
Tel.- (449) 9105300  
Extensiones 5906 y 1759

[http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro)