



IV Encuentro Cuba - México de Métodos Numéricos y Optimización

Modelación bidimensional del efecto hidrodinámico de espigones en el río La Sierra

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

**Ingrid Quilantán Ortega
Jesús Erique León Jiménez**

La Habana, Cuba

19 de Enero de 2015



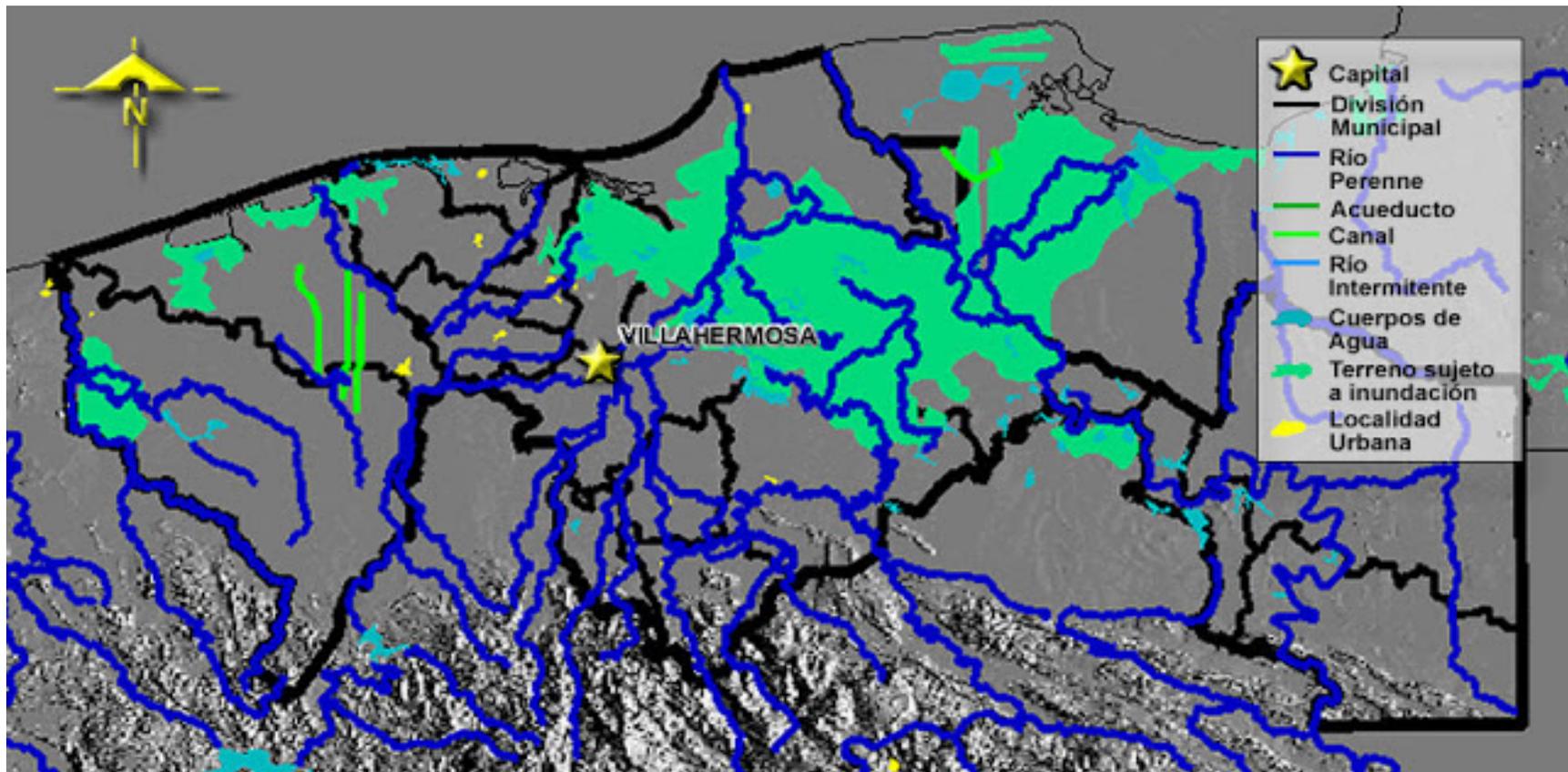
1. Motivación
2. Antecedentes
3. Problema y posible solución
4. Marco teórico de modelación bidimensional
5. Simulación Numérica con topografías complejas
6. Resultados del Caso de Aplicación: Espigones del Río La Sierra con Iber 1.9
7. Conclusiones



1. Motivación



1. Motivación





1. Motivación



Inundaciones en
Tabasco, México
Octubre -Noviembre
de 2007



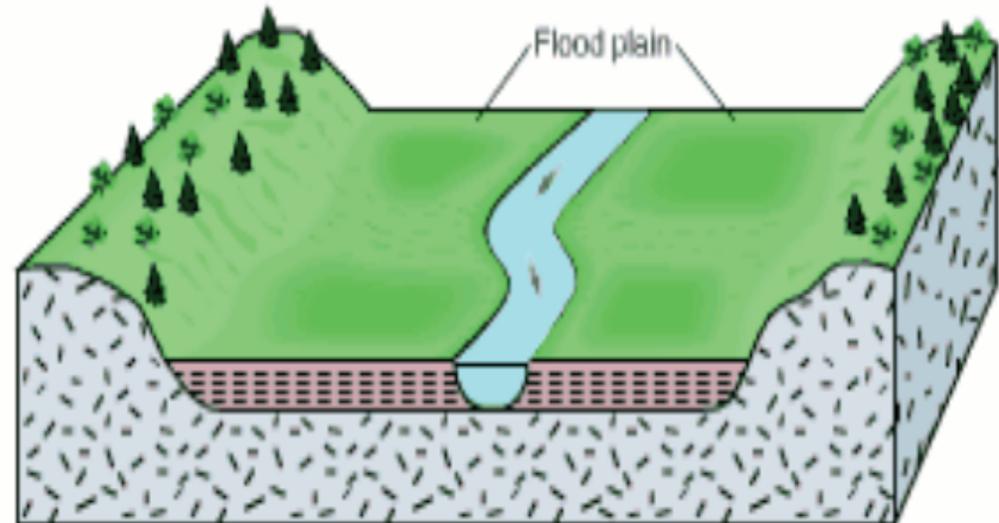


2. Antecedentes



2. Antecedentes

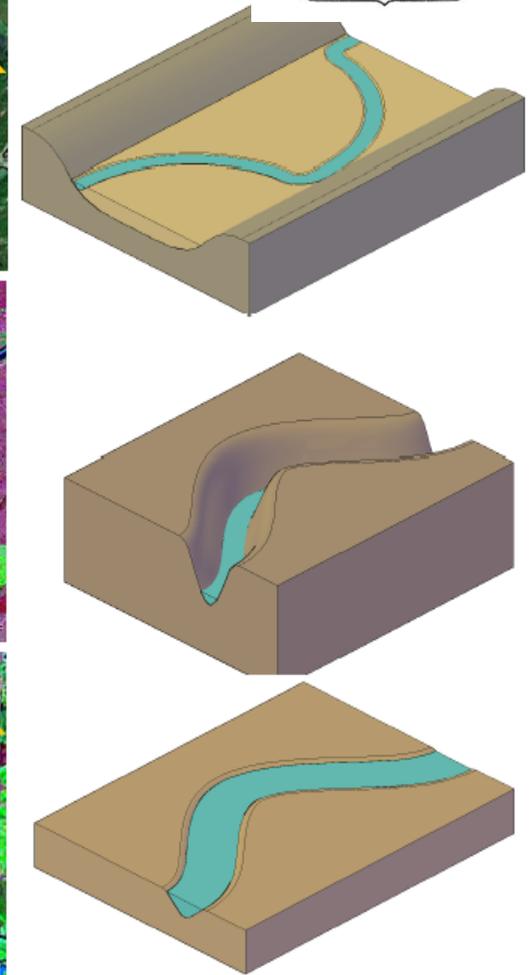
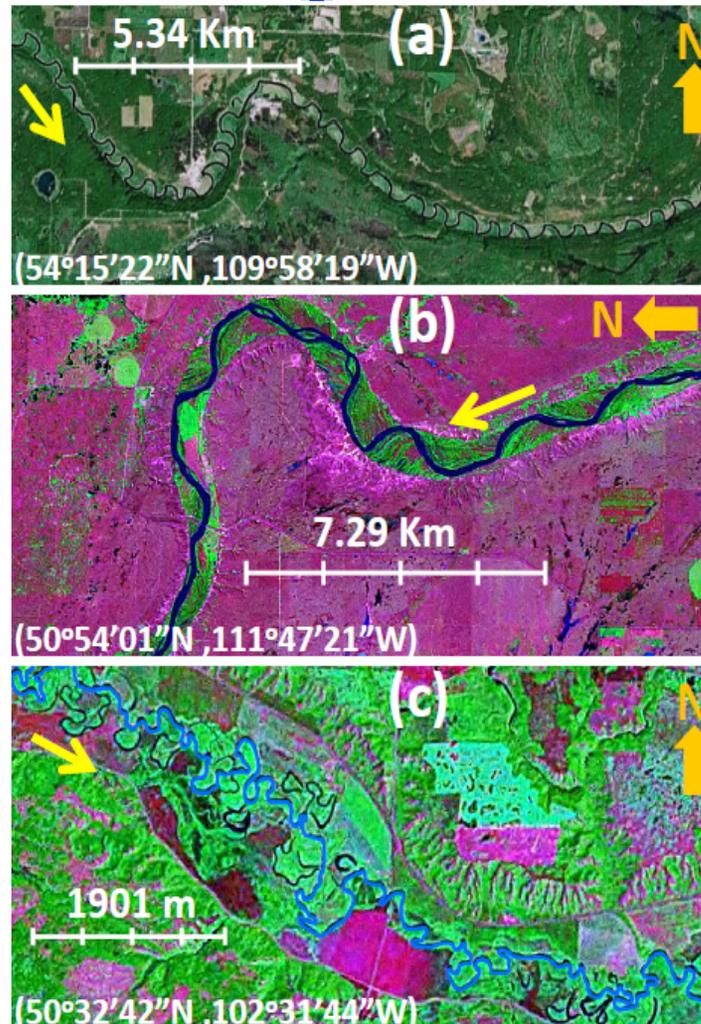
- Naturales
 - Avenidas, incendios, sequías, tormentas
- Humanos
 - Uso y manejo del suelo, modificación del cauce, presas y derivaciones
- Cadena causal de alteraciones a la estructura y funciones del corredor del cauce





2. Antecedentes

- Sistemas dinámicos complejos
- Procesos físicos y biológicos ocurren en el tiempo:
 - Longitudinal, lateral y verticalmente
- Variables
 - Gobernantes: hidrogramas de flujo y sedimento
 - Características de fronteras: pendiente del valle, materiales en márgenes y fondo, vegetación ribereña
 - Forma del cauce: geometría de secciones transversales, perfil longitudinal, planicie

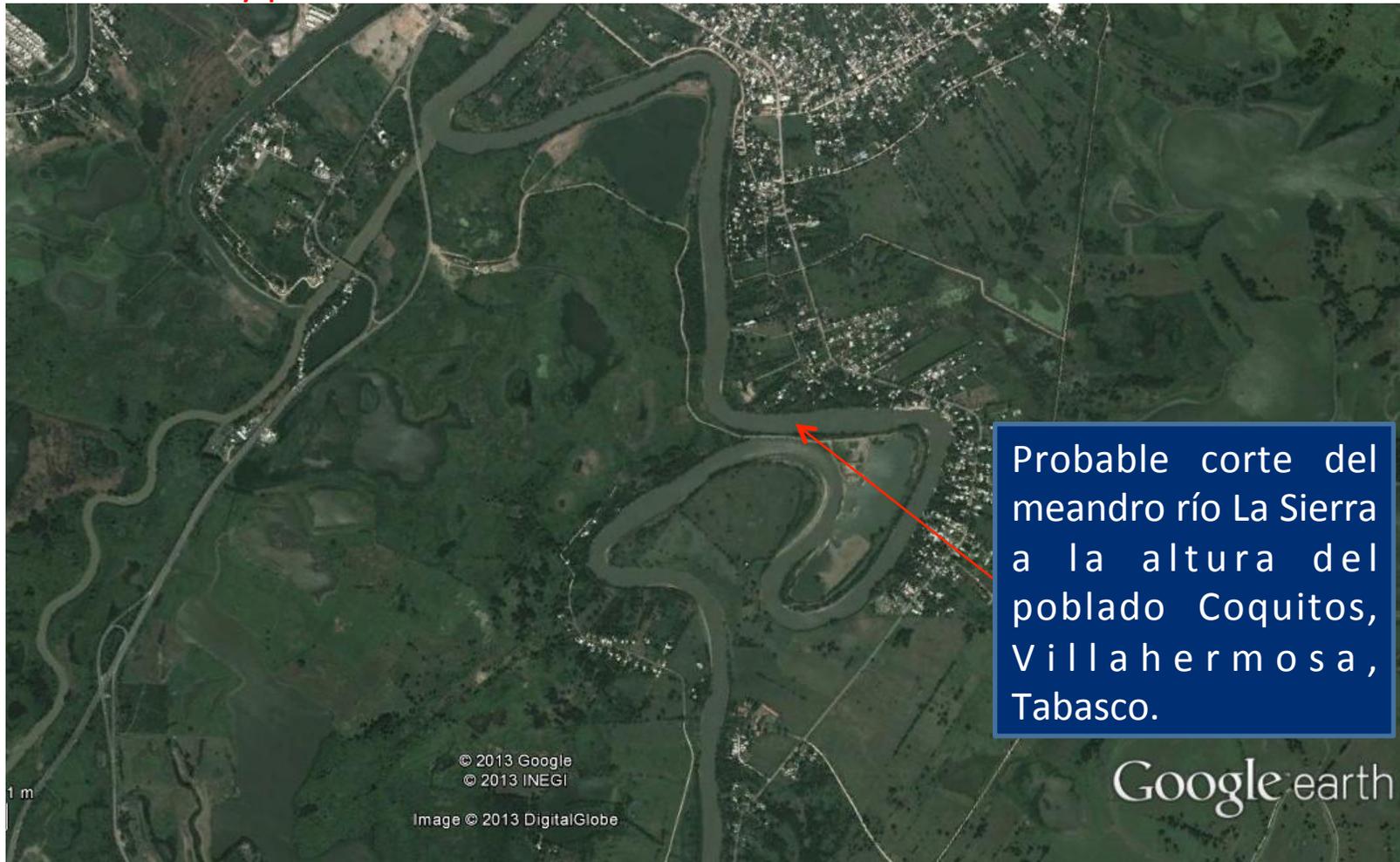




3. Problema y posible solución



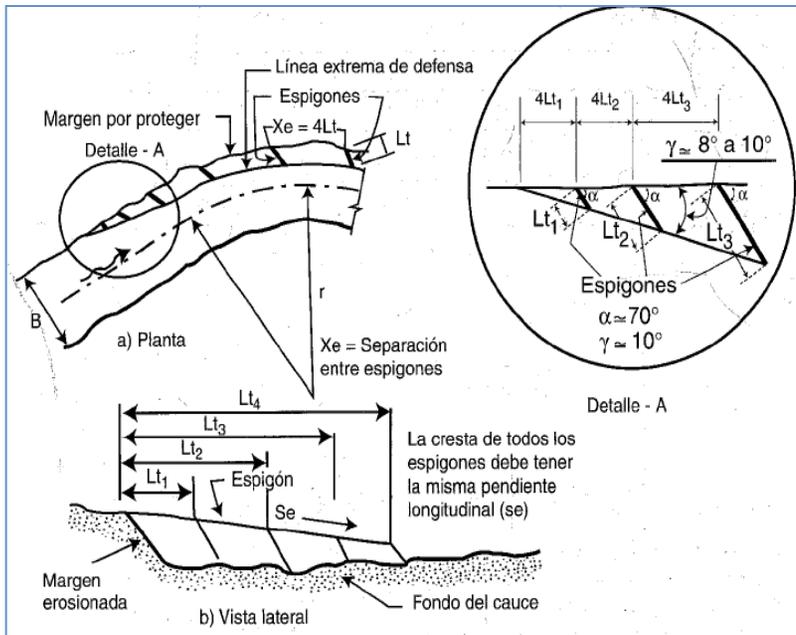
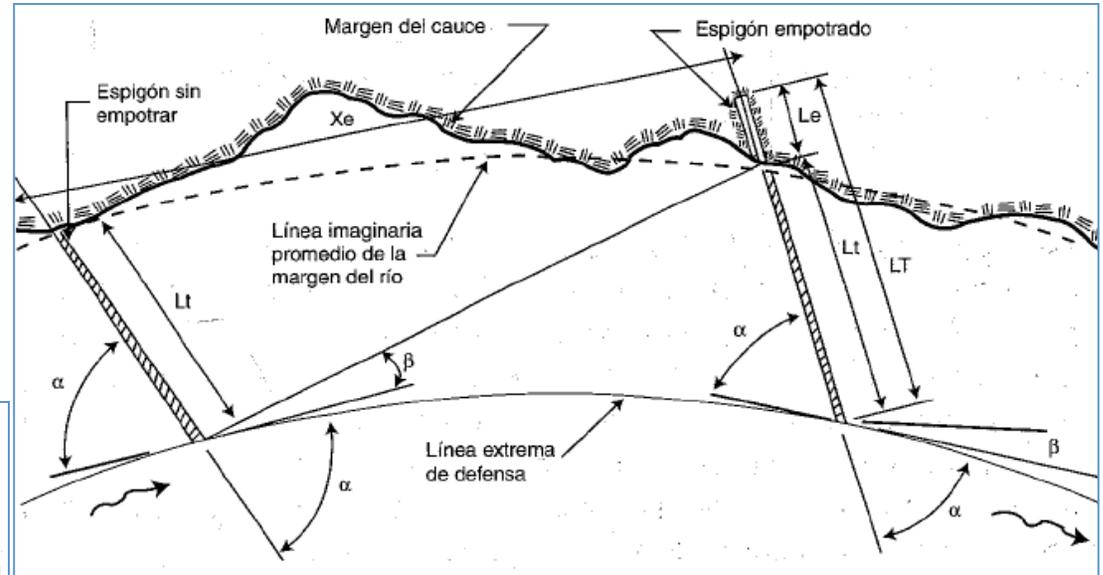
3. Problema y posible solución





3. Problema y posible solución

Los espigones son estructuras interpuestas a la corriente, uno de cuyos extremos está unido a la margen del río.



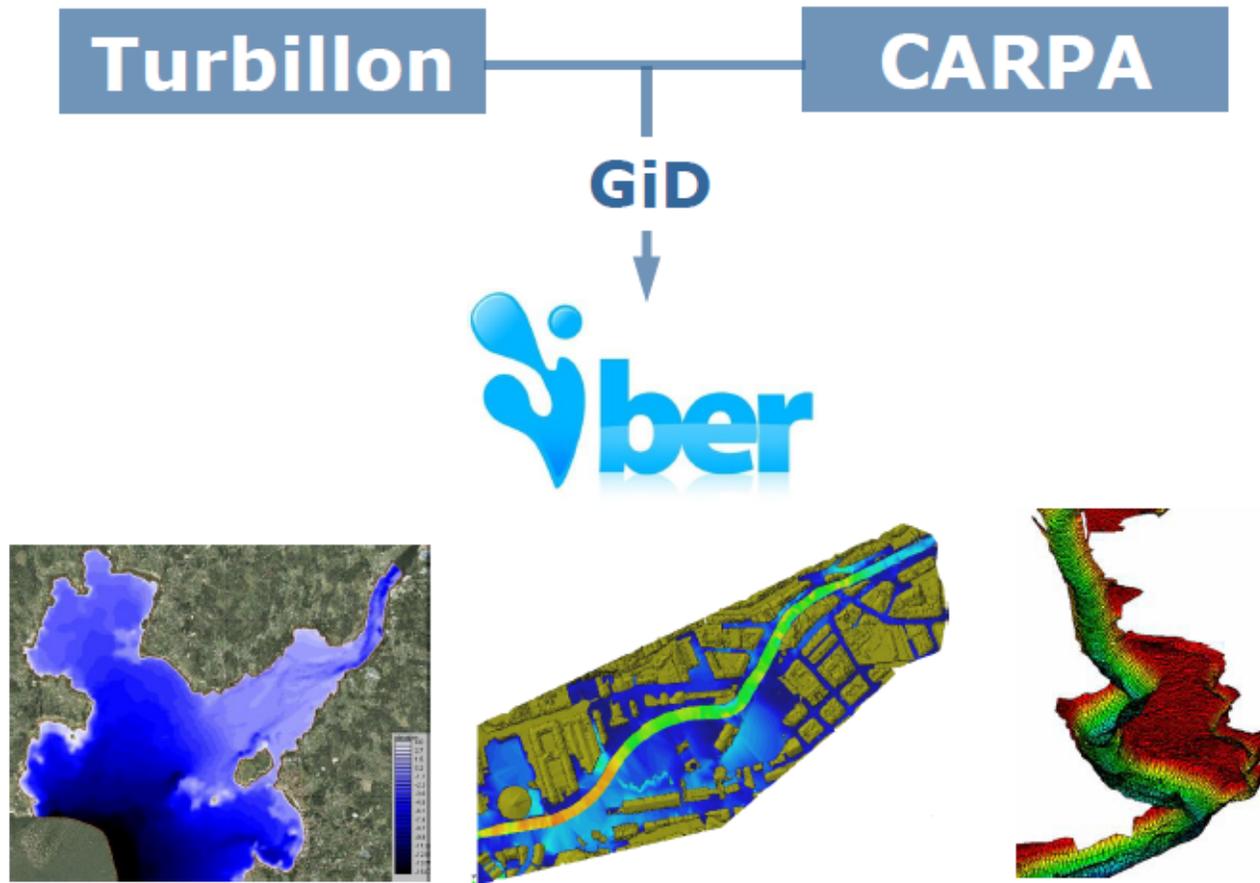
En la actualidad existe un gran interés y debate sobre la manera de optimizar la forma de un espigón, el espaciado entre ellos y su orientación.



4. Marco teórico de modelación Bidimensional



4. Marco teórico de modelación Bidimensional



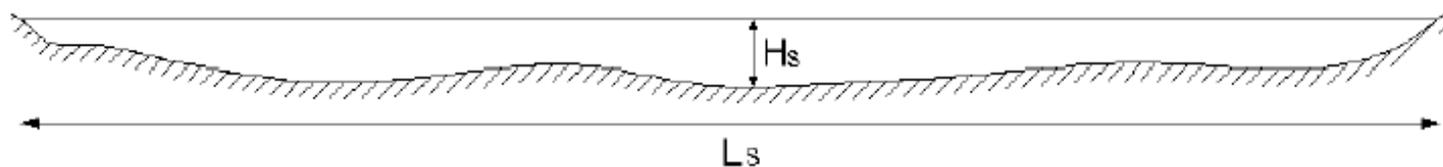


4. Marco teórico de modelación Bidimensional

Ecuaciones de aguas someras 2D

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = 0$$
$$\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{q_x^2}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q_x q_y}{h} \right) = -gh \frac{\partial z_b}{\partial x} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_t h \frac{\partial U_x}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_t h \frac{\partial U_x}{\partial y} \right)$$
$$\frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{q_x q_y}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q_y^2}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) = -gh \frac{\partial z_b}{\partial y} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_t h \frac{\partial U_y}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_t h \frac{\partial U_y}{\partial y} \right)$$

- Distribución de **presión hidrostática**
- Velocidad **uniforme en profundidad** $\rightarrow h, U_x, U_y$





4. Marco teórico de modelación Bidimensional

Flujo turbulento

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{q_x^2}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q_x q_y}{h} \right) = -gh \frac{\partial z_b}{\partial x} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} - \frac{\partial}{\partial x} (h \overline{u_x' u_x'}) - \frac{\partial}{\partial y} (h \overline{u_x' u_y'})$$

$$\frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{q_x q_y}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q_y^2}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) = -gh \frac{\partial z_b}{\partial y} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} - \frac{\partial}{\partial x} (h \overline{u_x' u_y'}) - \frac{\partial}{\partial y} (h \overline{u_y' u_y'})$$

Tensiones turbulentas

$\overline{u_i' u_j'}$

Tensiones de Reynolds

Problema de cierre de las ecuaciones → Modelos de turbulencia

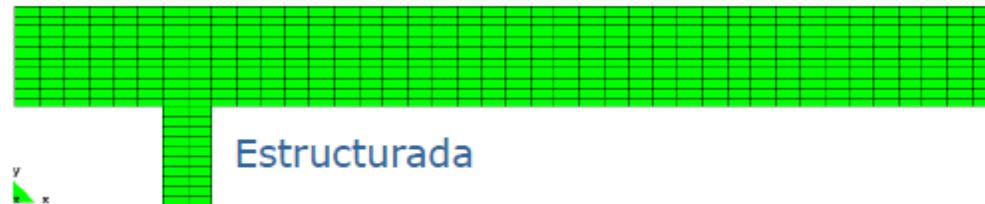


4. Marco teórico de modelación Bidimensional

Ejemplos de mallas



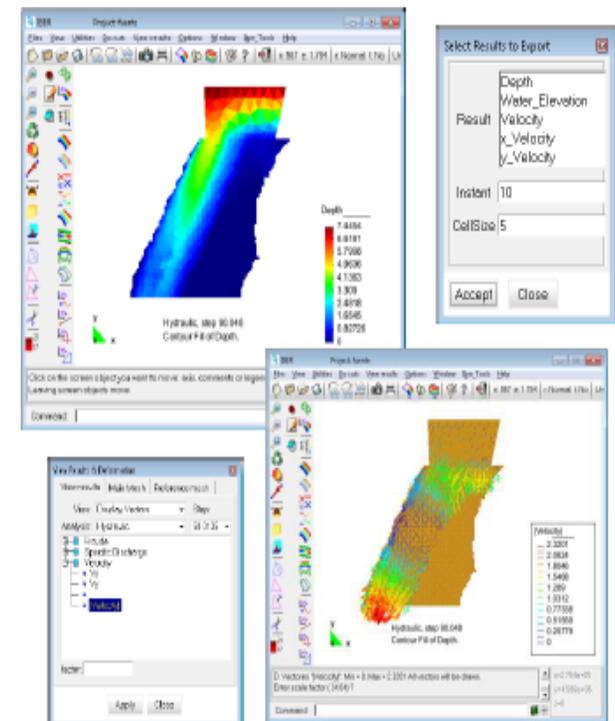
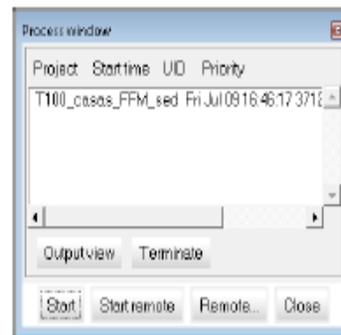
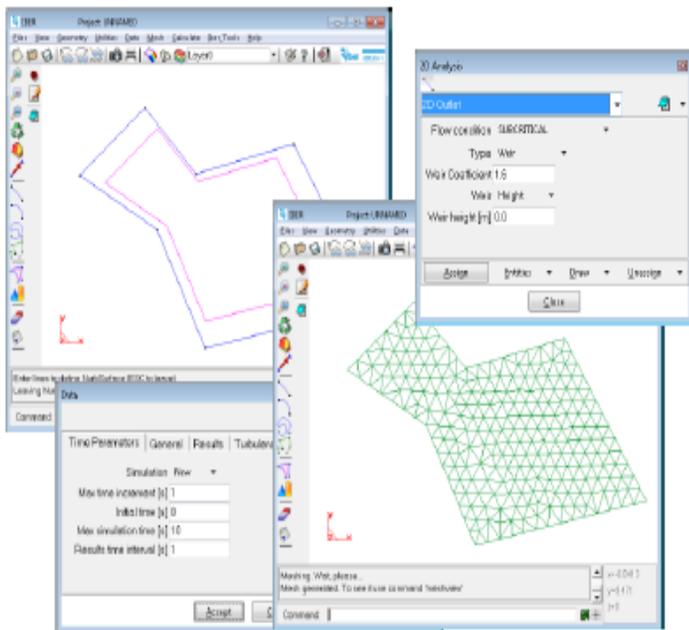
Mallado más sencillo



Mallado preferible



4. Marco teórico de modelación Bidimensional

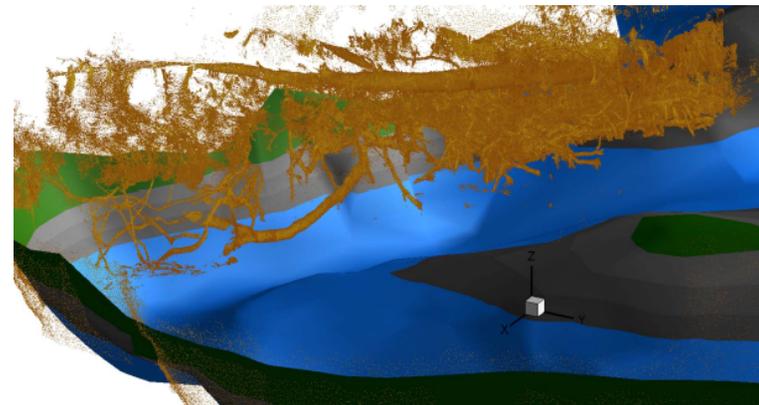
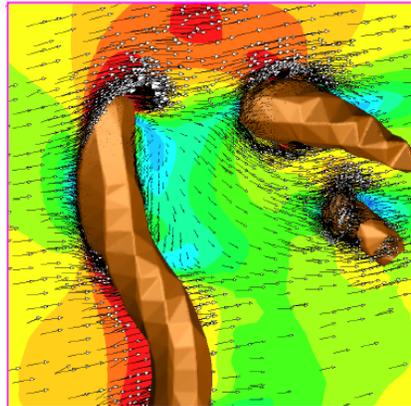




5. Simulación numérica con topografías complejas

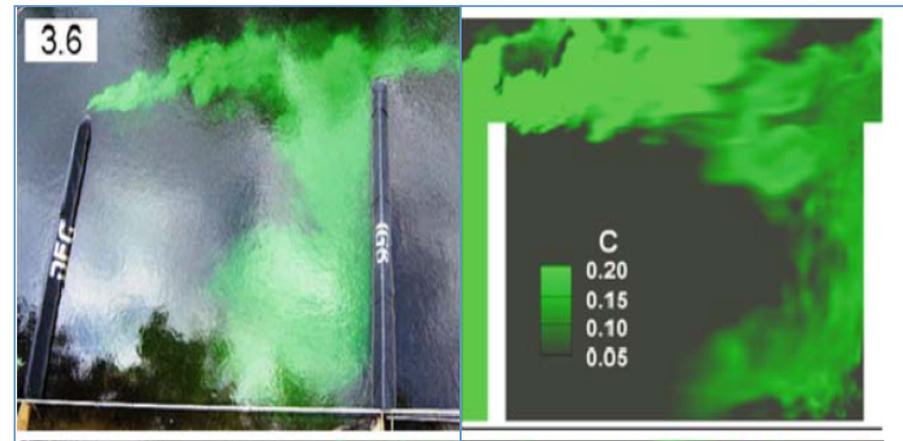
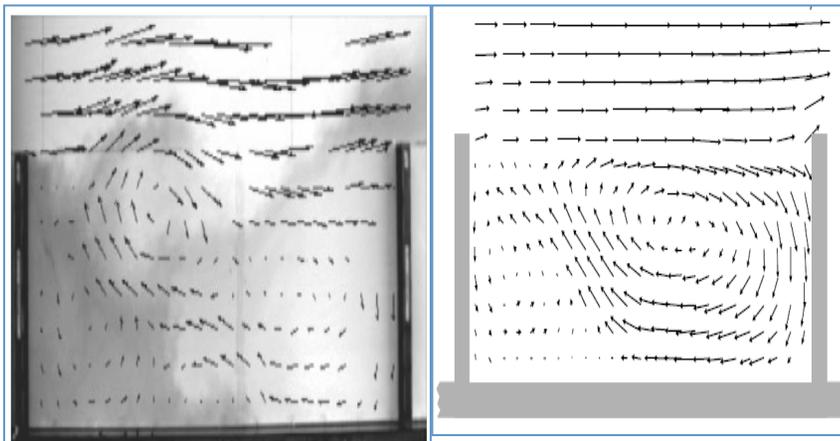
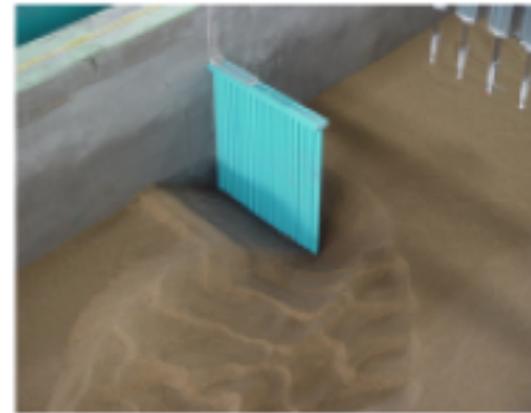
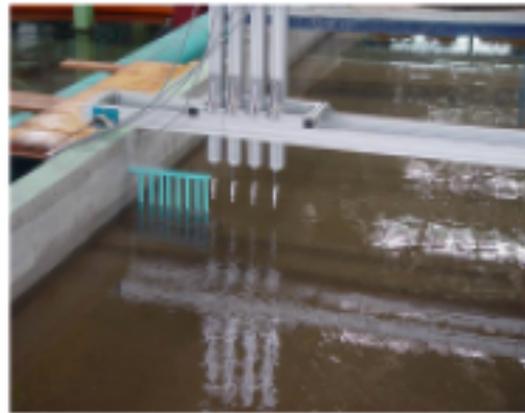


5. Simulación numérica con topografías complejas



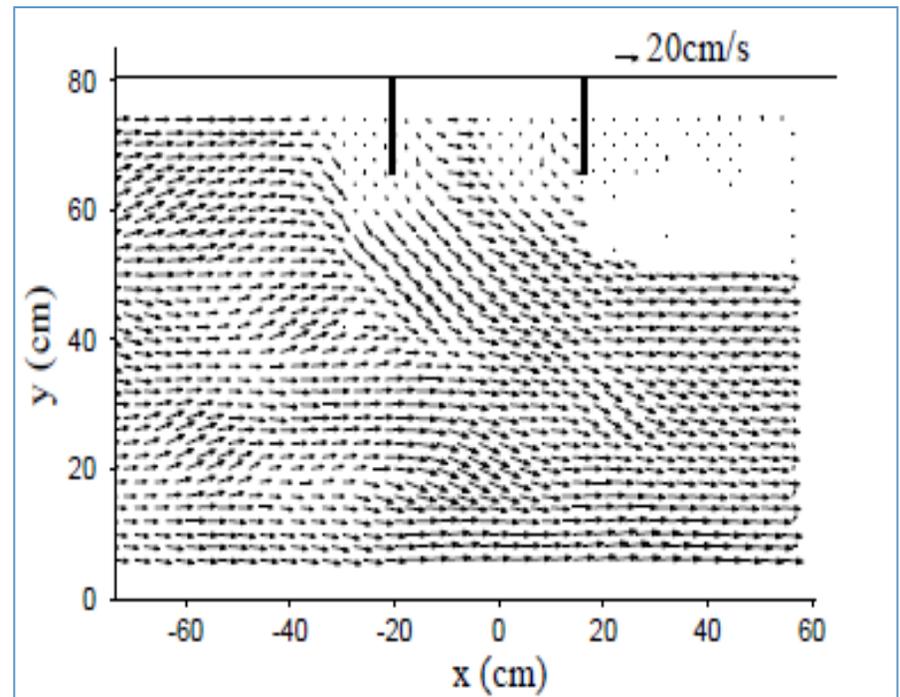
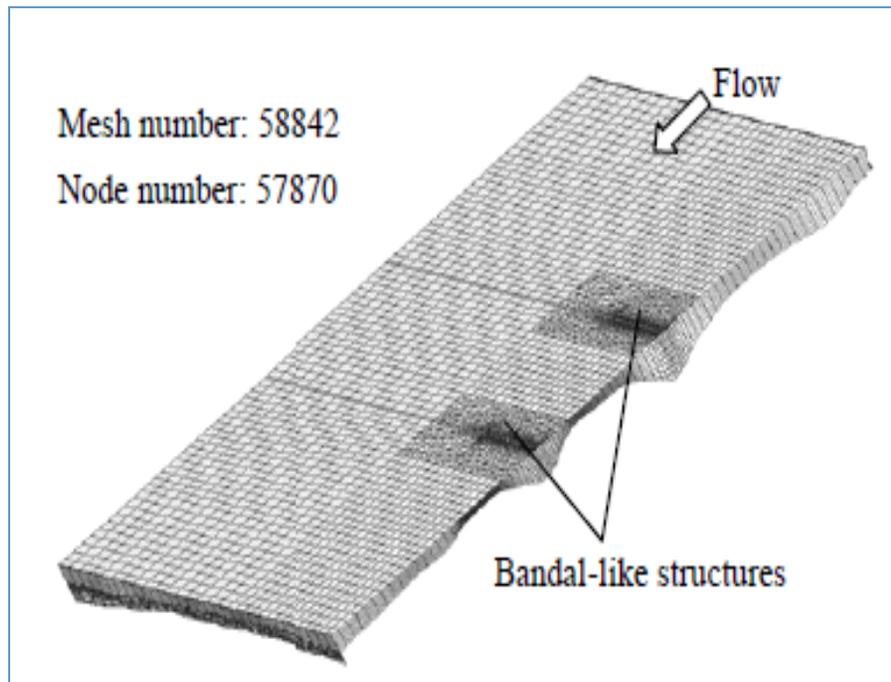


5. Simulación numérica con topografías complejas





5. Simulación numérica con topografías complejas

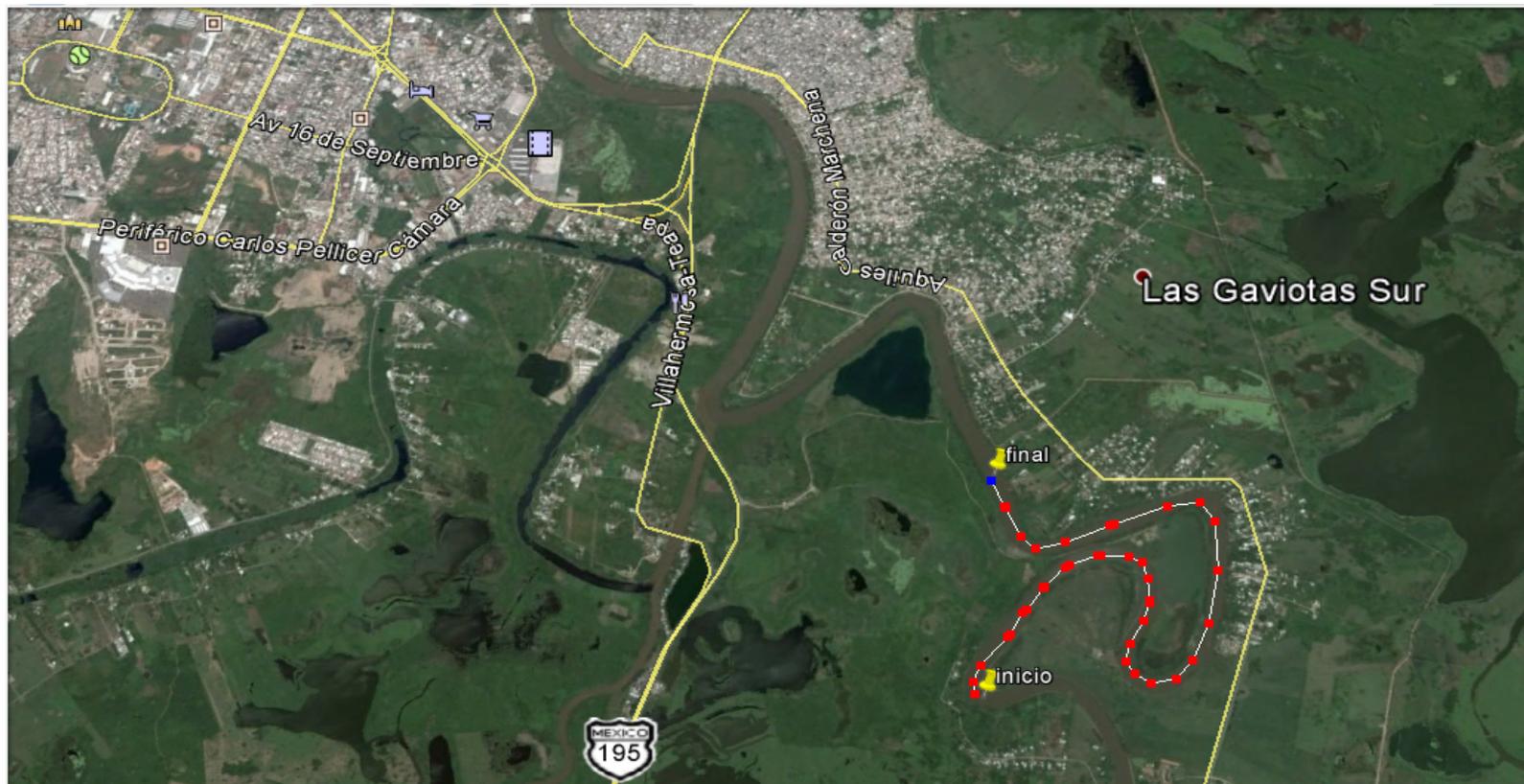




6. Resultados del Caso de Aplicación: Espigones del Río La Sierra con Iber 1.9



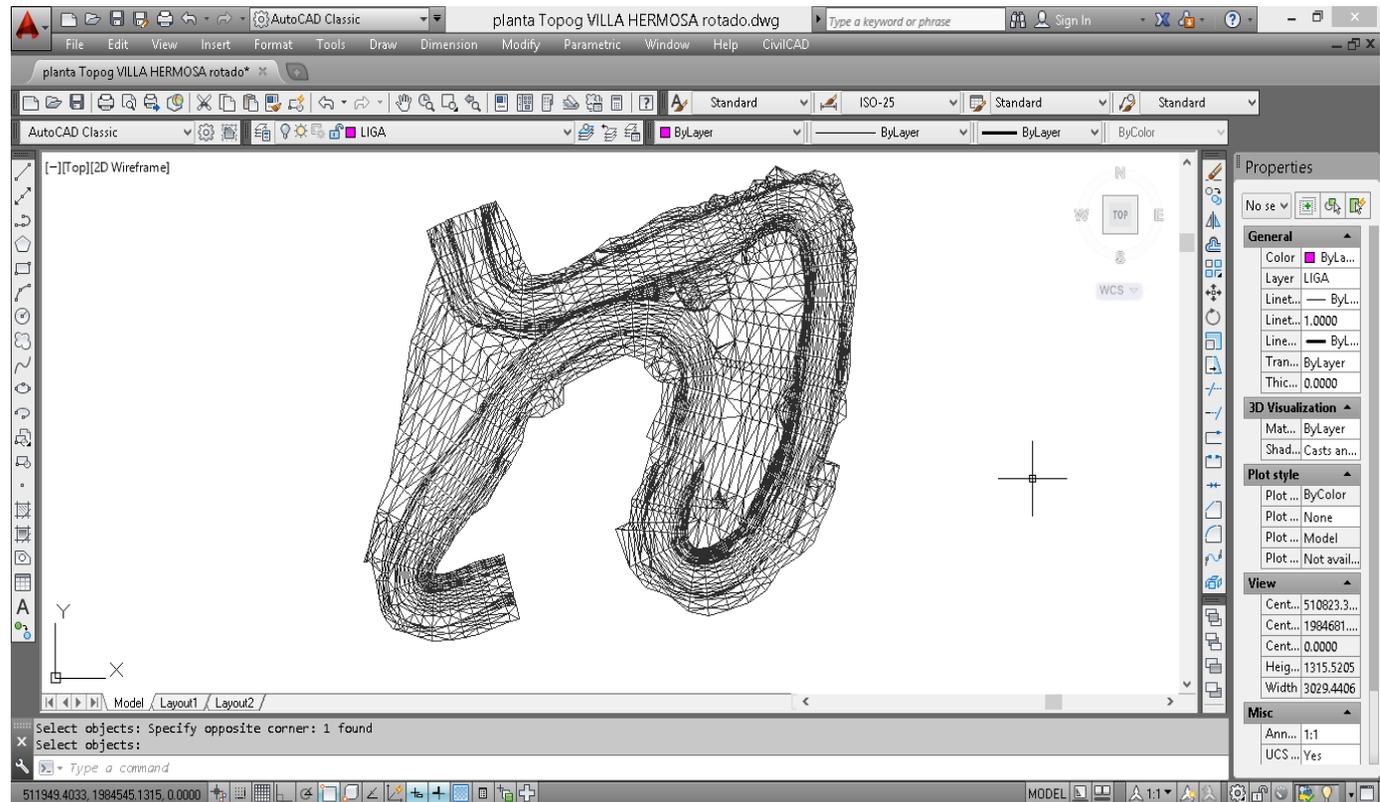
6. Resultados del Caso de Aplicación: Espigones del Río La Sierra con Iber 1.9





6. Resultados del Caso de Aplicación: Espigones del Río La Sierra con Iber 1.9

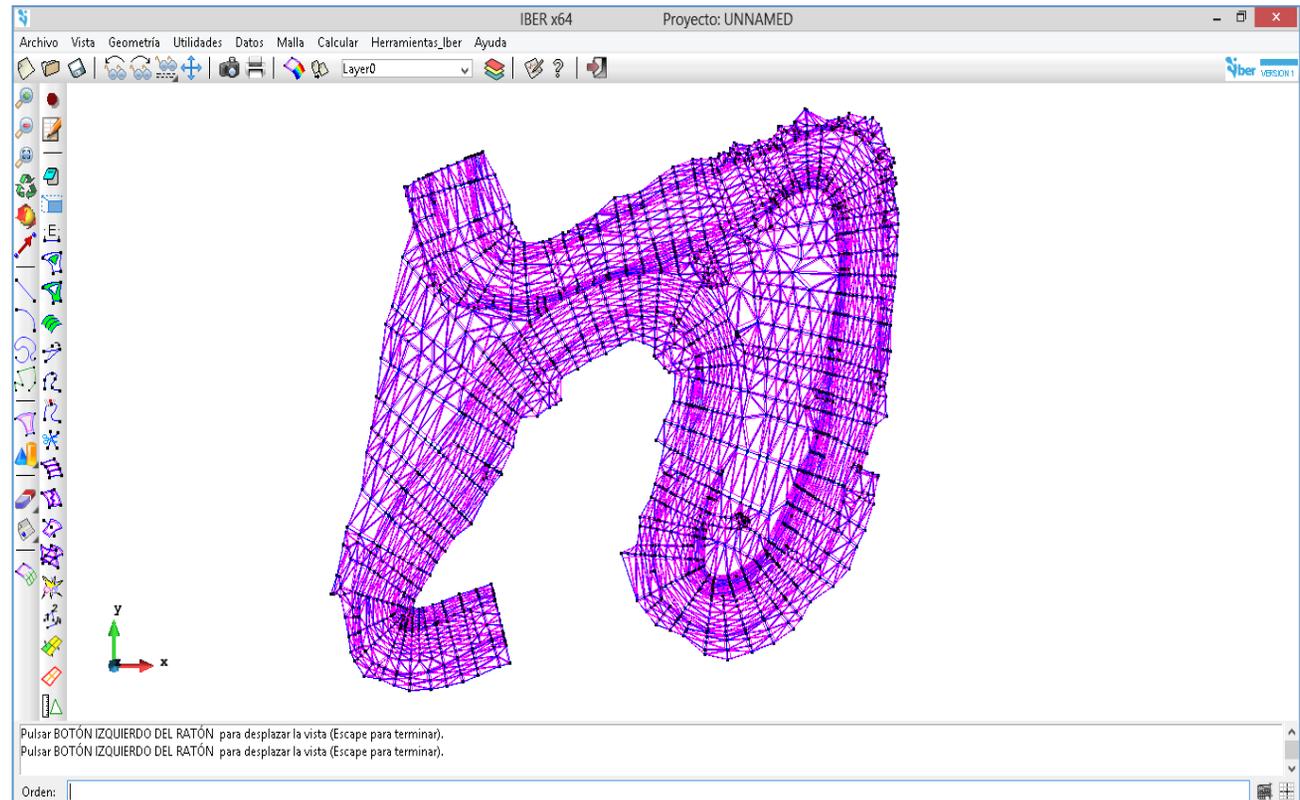
Para geometrías reales e irregulares es necesario el uso de herramientas con extensión dxf





6. Resultados del Caso de Aplicación: Espigones del Río La Sierra con Iber 1.9

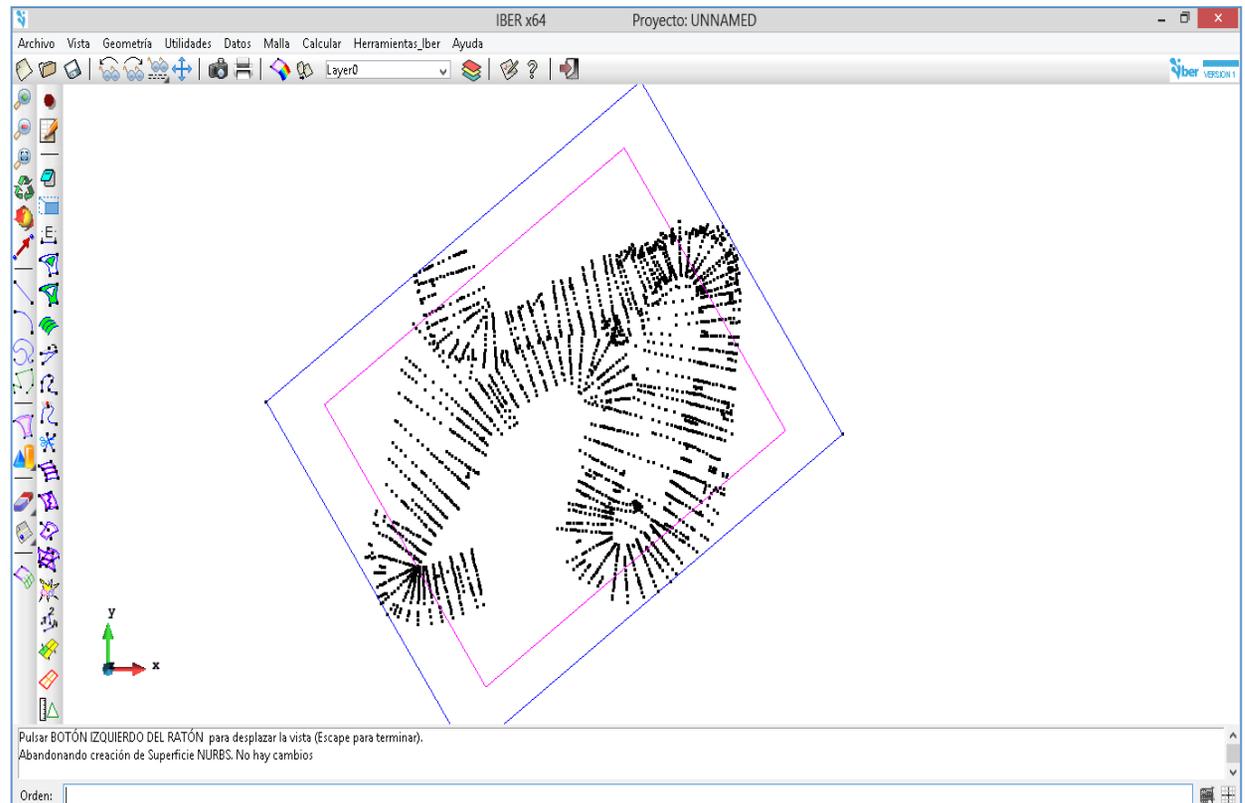
La convergencia del modelo durante la compilación es tardada con este tipo de mallados tan irregulares





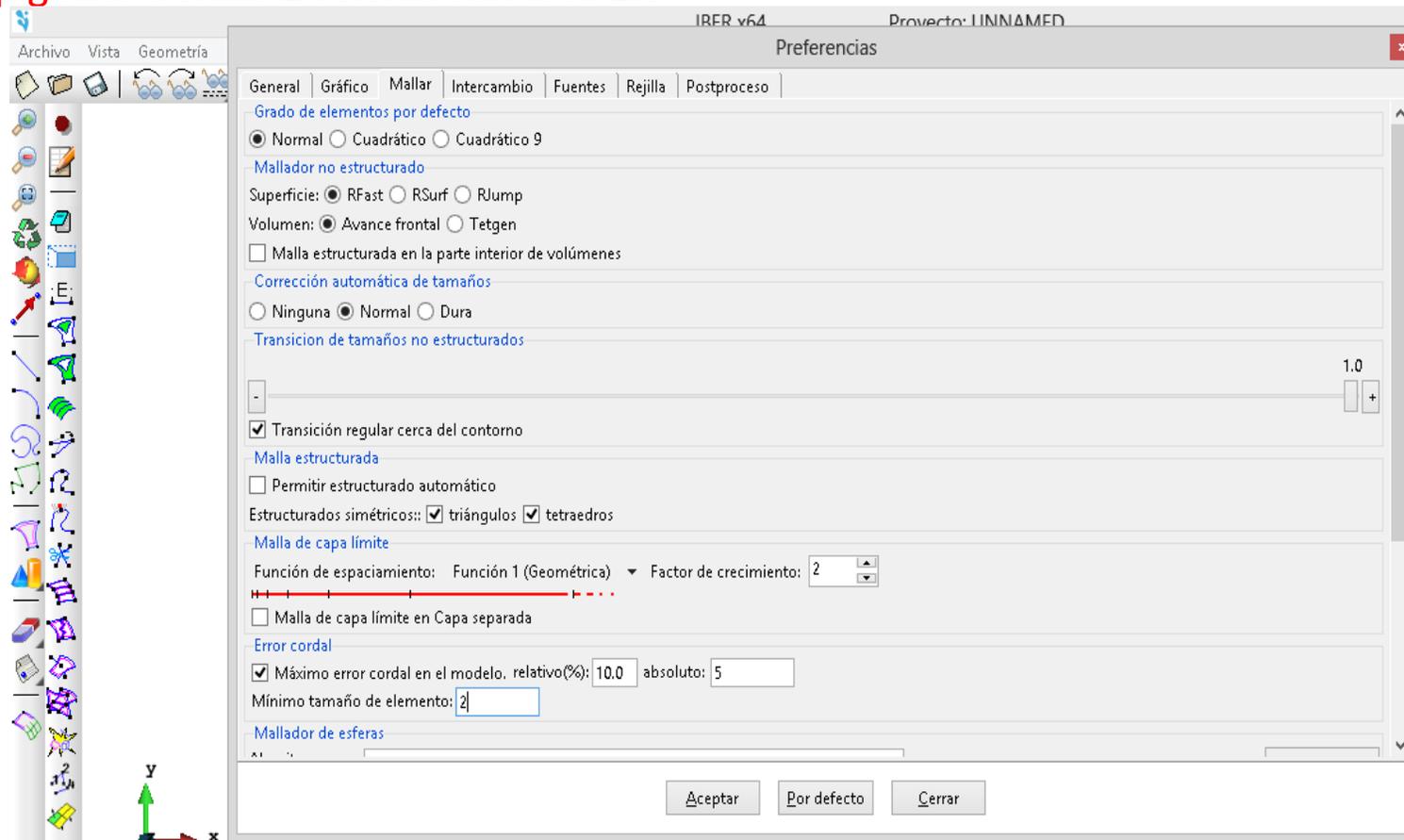
6. Resultados del Caso de Aplicación: Espigones del Río La Sierra con Iber 1.9

El primer paso para generar la malla a utilizar en el modelo numérico, es generar una superficie nurbs utilizando los puntos de cada nodo





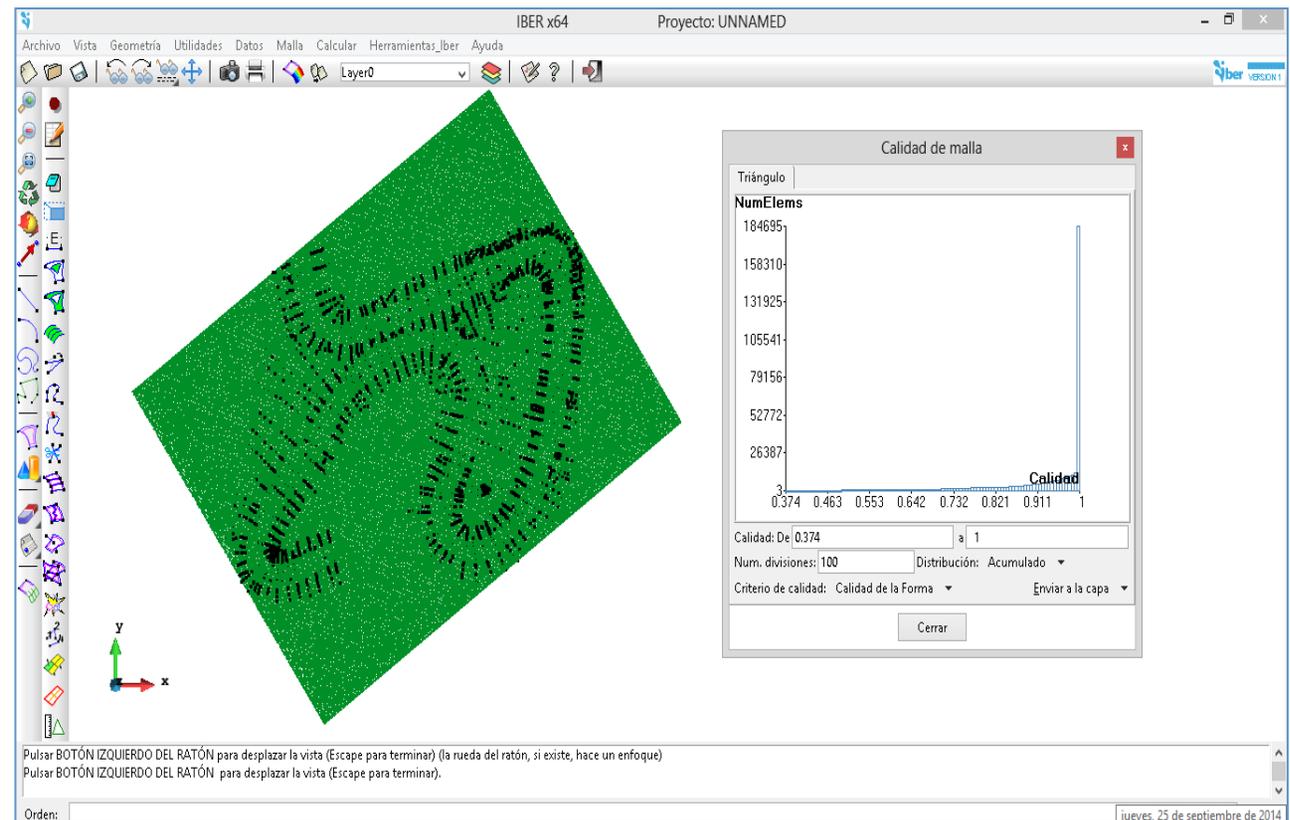
6. Resultados del Caso de Aplicación: Espigones del Río La Sierra con Iber 1.9





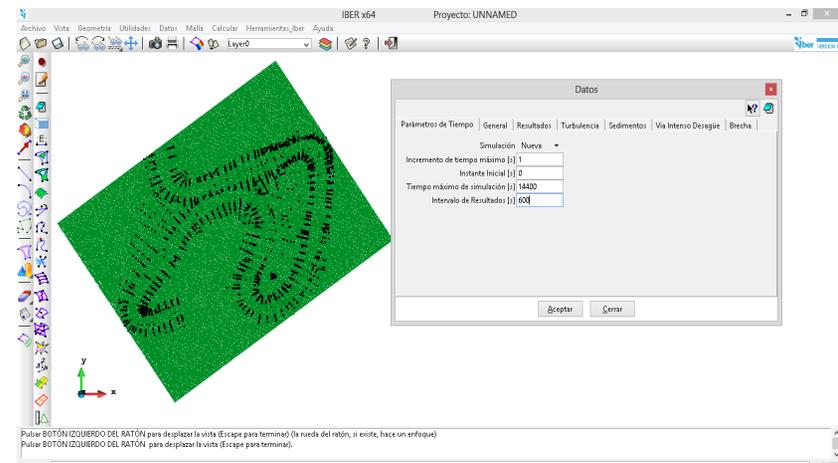
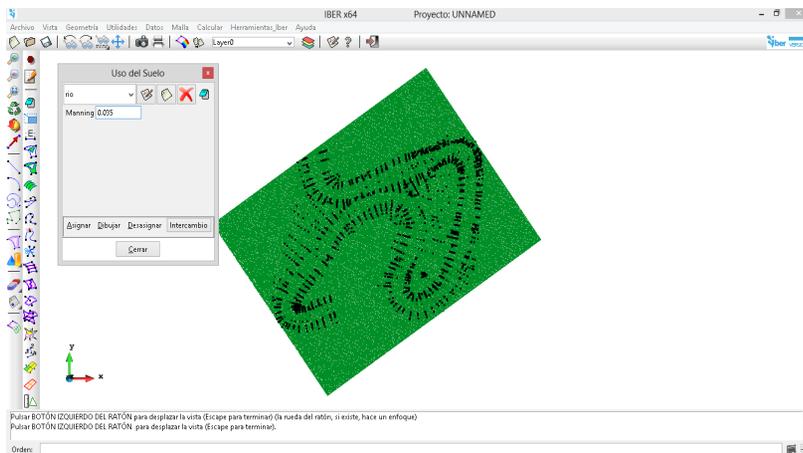
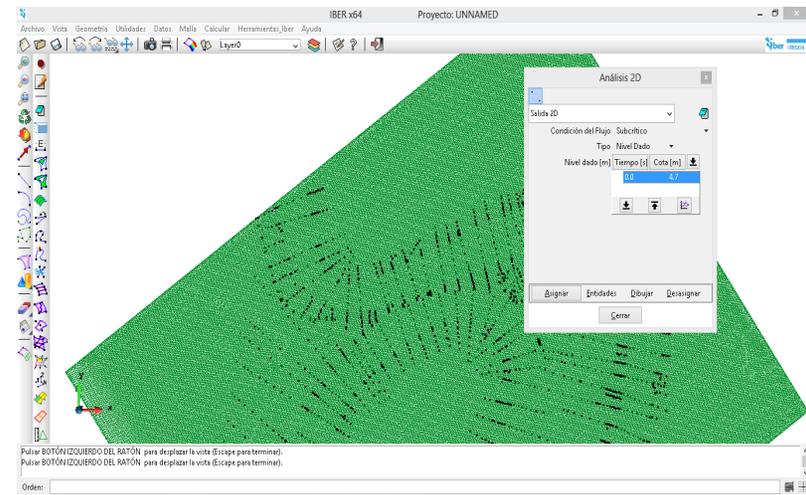
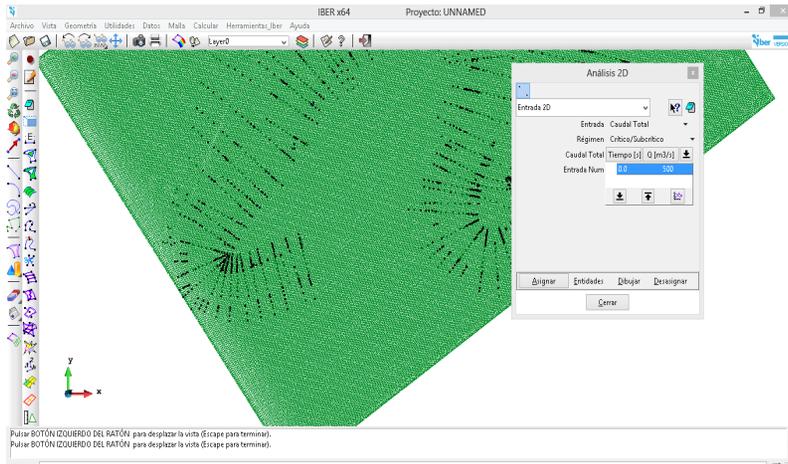
6. Resultados del Caso de Aplicación: Espigones del Río La Sierra con Iber 1.9

Una vez seleccionado los parámetros a utilizar como son error relativo, absoluto y tamaño mínimo del elemento, se evalúa la calidad de la malla en su forma respecto a las geometrías originales



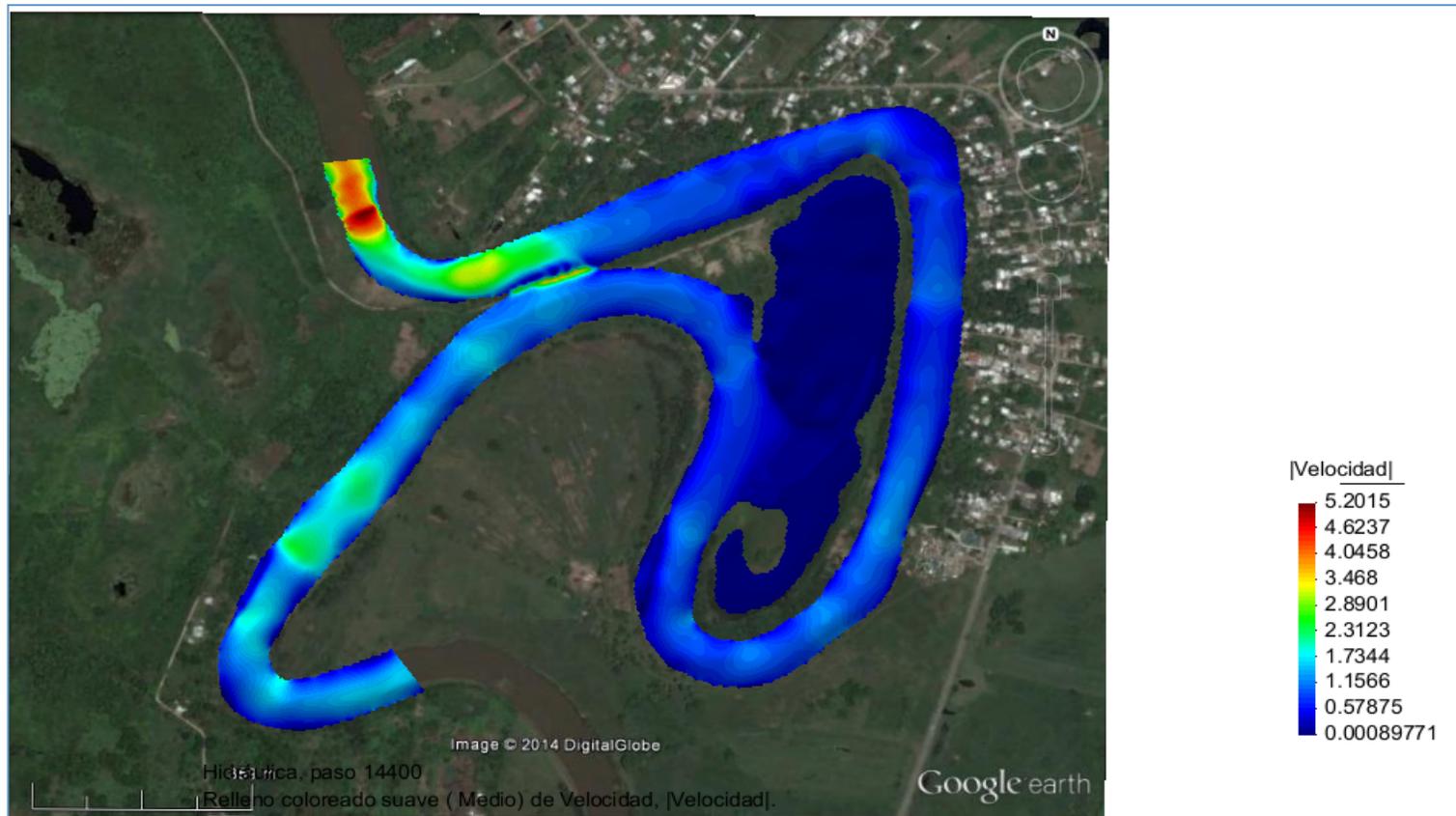


6. Resultados del Caso de Aplicación: Espigones del Río La Sierra con Iber 1.9



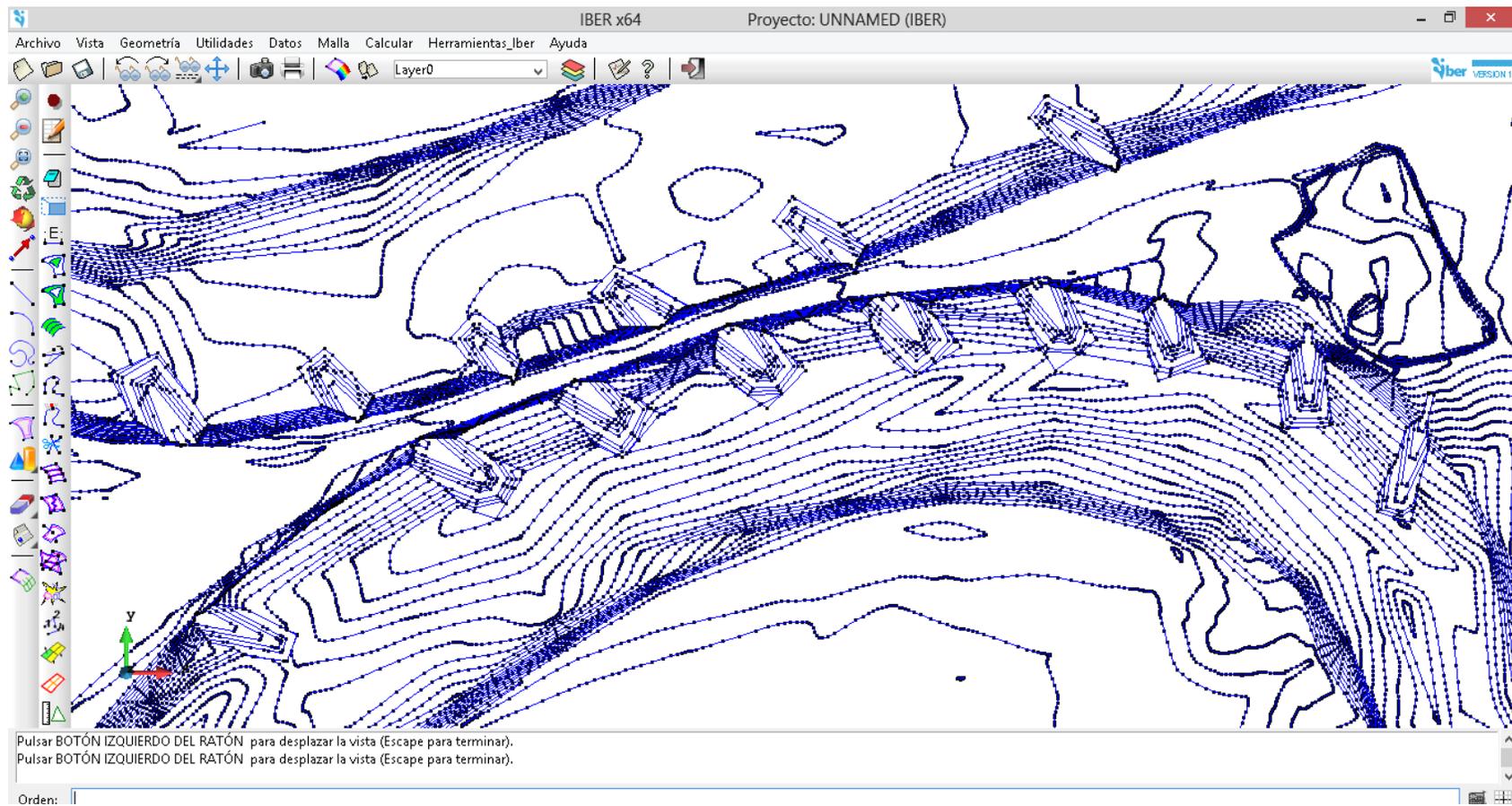


6. Resultados del Caso de Aplicación: Espigones del Río La Sierra con Iber 1.9



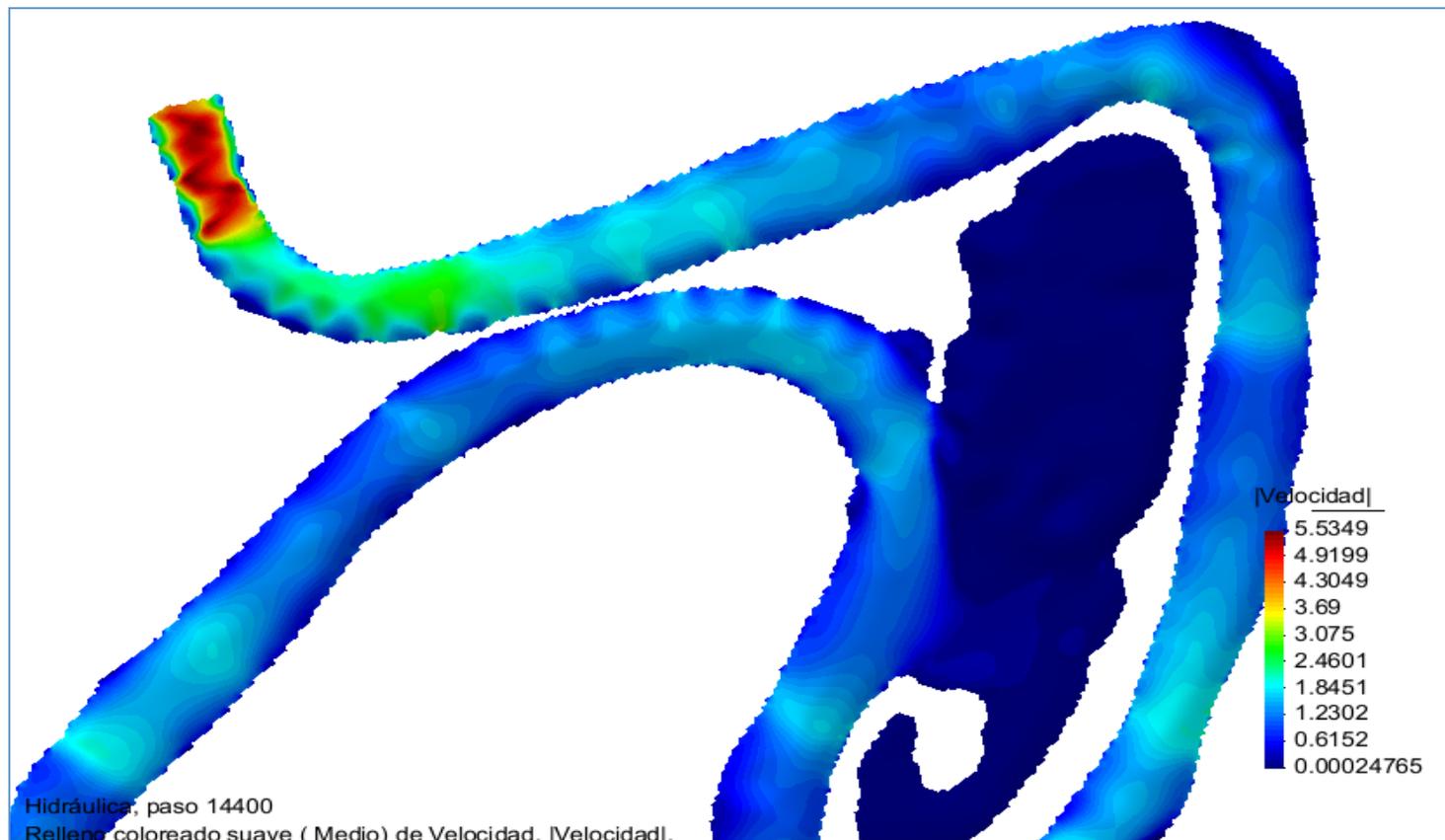


6. Resultados del Caso de Aplicación: Espigones del Río La Sierra con Iber 1.9





6. Resultados del Caso de Aplicación: Espigones del Río La Sierra con Iber 1.9





7. Conclusiones



7. Conclusiones

1. La implementación de mallados mediante el método de error cordal hacen que la compilación de modelos con topografías irregulares tengan convergencia, ya que esta metodología genera mallados regulares.
2. La hidrodinámica de espigones considerada como una topografía irregular y el uso del método de error cordal para generar el mallado, requiere de una configuración mas cerrada de la información y mediante el uso de curvas de nivel en lugar de los puntos seccionados a cada veinte metros de una topografía levantada en campo dan una mejor calidad de forma del mallado.
3. El módulo de transporte de sedimentos no se presentó en estas simulaciones, pero en investigaciones recientes se están definiendo las tasas de recuperación en márgenes de manera numérica y corroborando con mediciones en campo a la pregunta de si, ¿Un mal diseño de espigones es causante del retraso y recuperación de las márgenes protegidas por este tipo de obras en ríos de planicie?.



GRACIAS