JORNADA IAHR-SPAIN WATER

LA DINÁMICA SEDIMENTARIA EN LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE RÍOS Y COSTAS

# Estado actual de la modelización numérica del transporte sólido en ríos


Ernest Bladé

Instituto Flumen

(Universitat Politècnica de Catalunya – CIMNE)

## Interés de la modelización numérica del transporte de sedimentos en ríos

- **Cauces:**

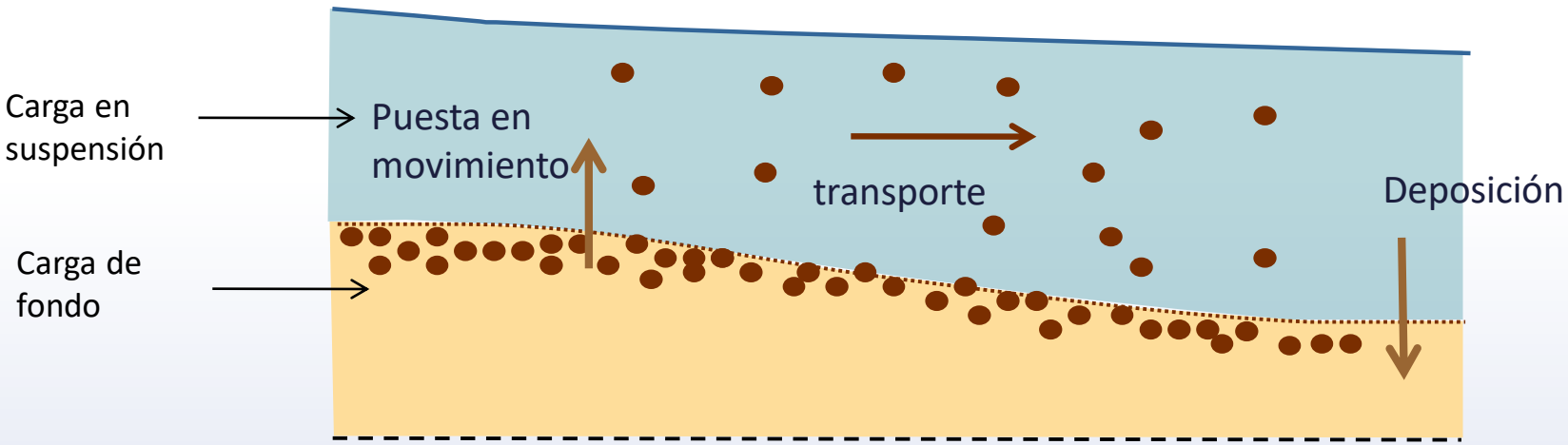
Erosión general en avenida, erosiones locales, evolución del perfil, evolución en planta, erosión de márgenes, zonas de deposición.

Problemas: Cambio en la capacidad, estabilidad de obras y estructuras, modificación de lindes, colmatación de estructuras, cambios geomorfológicos, afección a hábitats, …

- **Embalses:**

Aterramiento, flujo de sedimentos a través de los embalses, afecciones a los usos, …

## Mecanismos de transporte




## Ecuaciones: las del agua más:

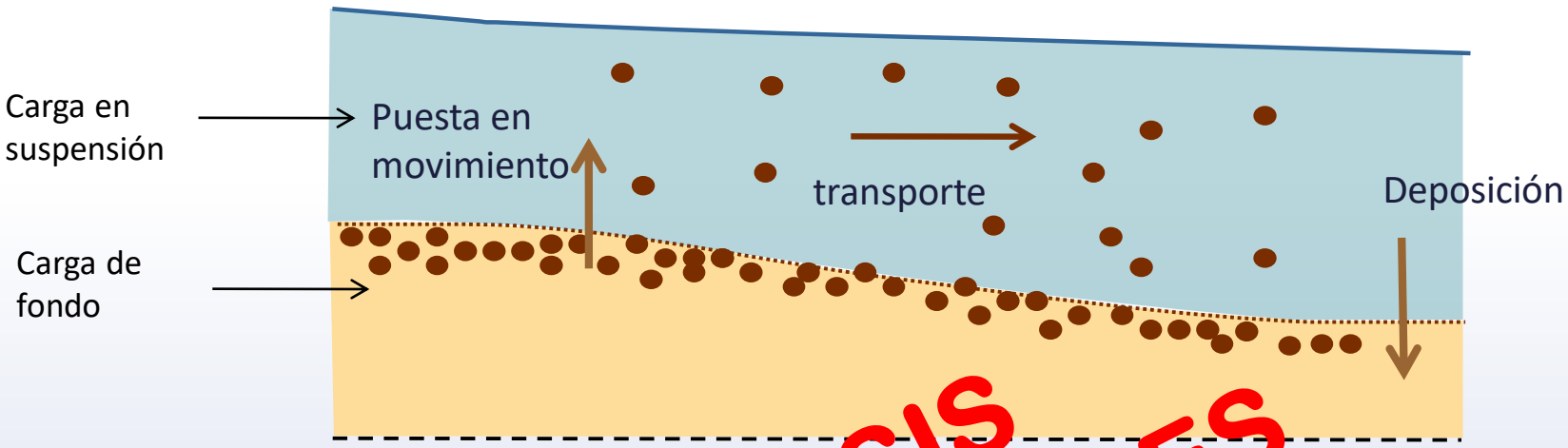
- Continuidad del sedimento (Exner)
- Transporte del sedimento en suspensión (convección-difusión)

LEYES DE CONSERVACIÓN

- Inicio de arrastre
- Capacidad de transporte de fondo
- Resuspensión
- Deposición

EMPÍRICAS

## Mecanismos de transporte




## Ecuaciones: las del agua más:

- Continuidad del sedimento (Exner)
- Transporte del sedimento en suspensión (convección-difusión)

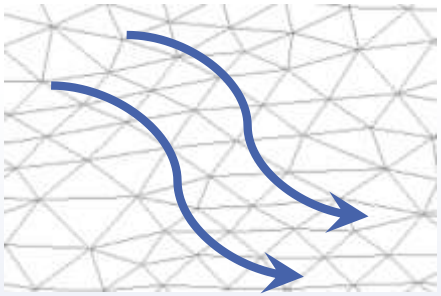
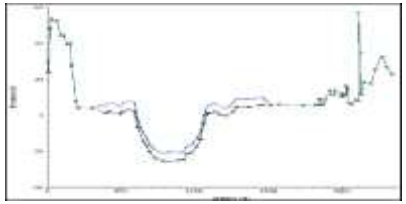
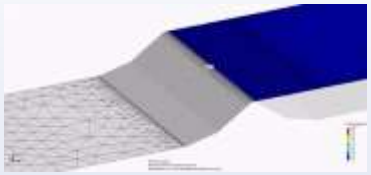
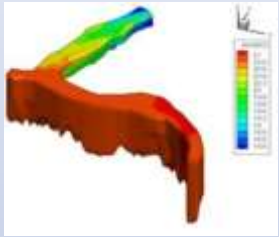
LEYES DE CONSERVACIÓN

- Inicio de arrastre
- Capacidad de transporte de fondo
- Resuspensión
- Deposición

EMPÍRICAS

HIPÓTESIS
SIMPLIFICACIONES
INCERTIDUMBRES

# Métodos numéricos

| DESCRIPCIÓN | DISCRETIZACIÓN | USO |
|---|---|---|
| **Euleriana**  | **1D**  | **General** Comercial Uso libre |
| **Lagrangiana** | **2D**  | **Investigación** Particular Compartido Código abierto |
| | **3D**  | |
| | **0D !!!** | |

# Métodos numéricos

| MODELO | DESCRIPCIÓN | DISCRETIZACION | USO | Esquema |
|---|---|---|---|---|
| HEC-RAS | Euleriana | 1D | Libre | Diferencias finitas |
| MIKE HYDRO RIVER | Euleriana | 1D | Comercial | Diferencias finitas |
| TELEMAC - COURLIS | Euleriana | 1D | Código abierto | Volúmenes finitos |
| Iber | Euleriana | 2D | Libre | Volúmenes finitos |
| MIKE 21 | Euleriana | 2D | Comercial | Diferencias finitas |
| INFOWORKS | Euleriana | 2D | Comercial | Volúmenes finitos |
| Delft3D | Euleriana | 2D/3D | Código abierto | Diferencias finitas |
| Flow3D | Euleriana | 3D | Comercial | Volúmenes finitos |
| OpenFoam | Euleriana | 3D | Código abierto | Volúmenes finitos |
| TELEMAC - SIYSYPHE | Euleriana | 3D | Código abierto | Elementos Finitos |
| KRATOS - DEM | E/L | 3D | Código abierto | Elementos Finitos |
| SPHERIMENTAL | Lagrangiana | 3D | Investigación/C | SPH |
| | | | | |
| ..y multitud sin nombre | E/L | Sobretodo 3D | Investigación | Sobretodo VF y discretos |

TIPO DE SEDIMENTO
uniforme / mezclas

ESQUEMA NUMÉRICO
Explícito / implícito

TÉCNICAS COMPUTACIONALES
Cálculo secuencial / paralelo , CPU / GPU, HPC

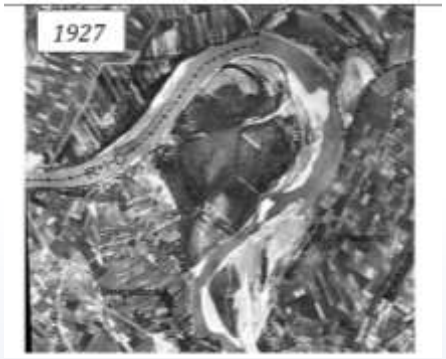
MODELO DE TURBULENCIA
ninguno/ simplificado / RANS (k-ε, k-ω) / LES / DES

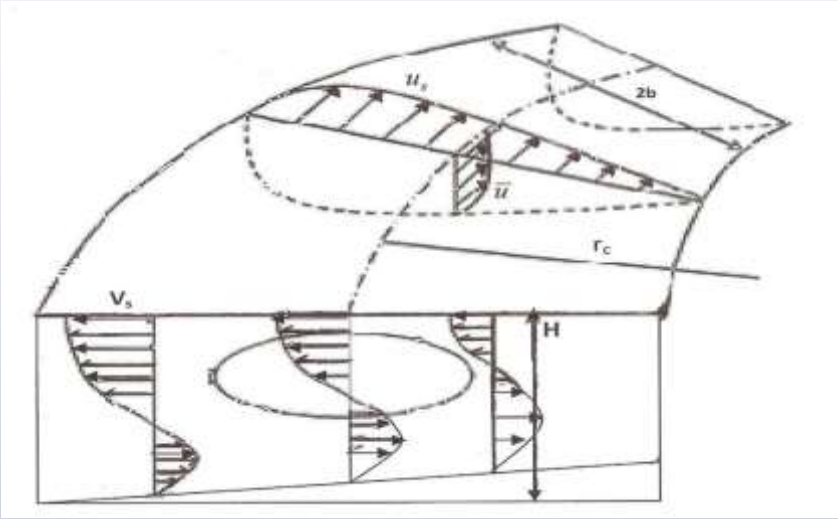
TIPO DE FLUIDO
Monofásico / bifásico

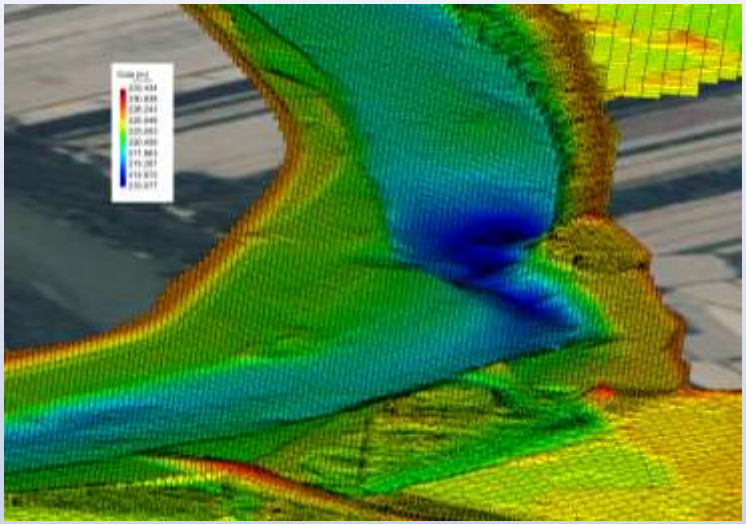
**CALIBRACIÓN - VALIDACIÓN**

# 2D – RÍO EBRO – MEANDRO BOQUIÑENI

## Modelización 2D – Meandro – Flujos Secundarios

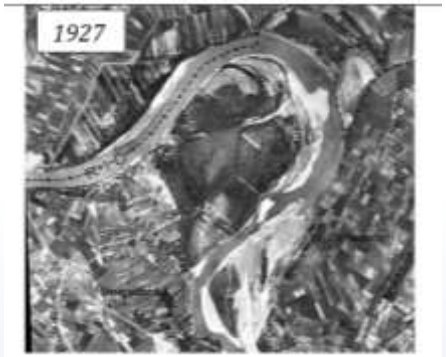


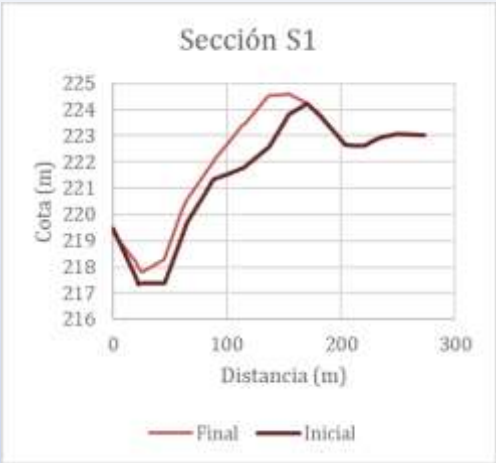


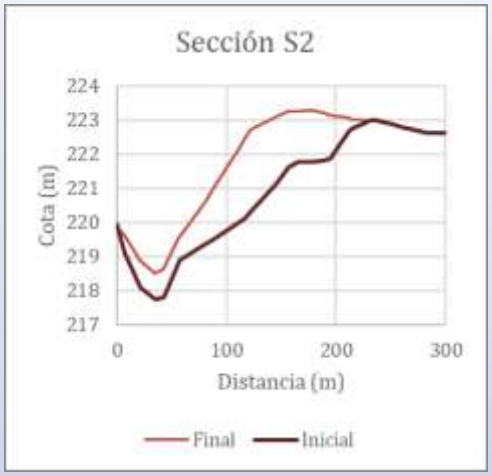



# 2D – RÍO EBRO – MEANDRO BOQUIÑENI

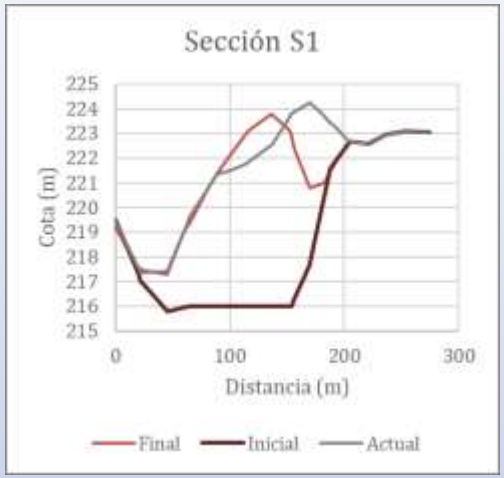
## Modelización 2D – Meandro – Flujos Secundarios





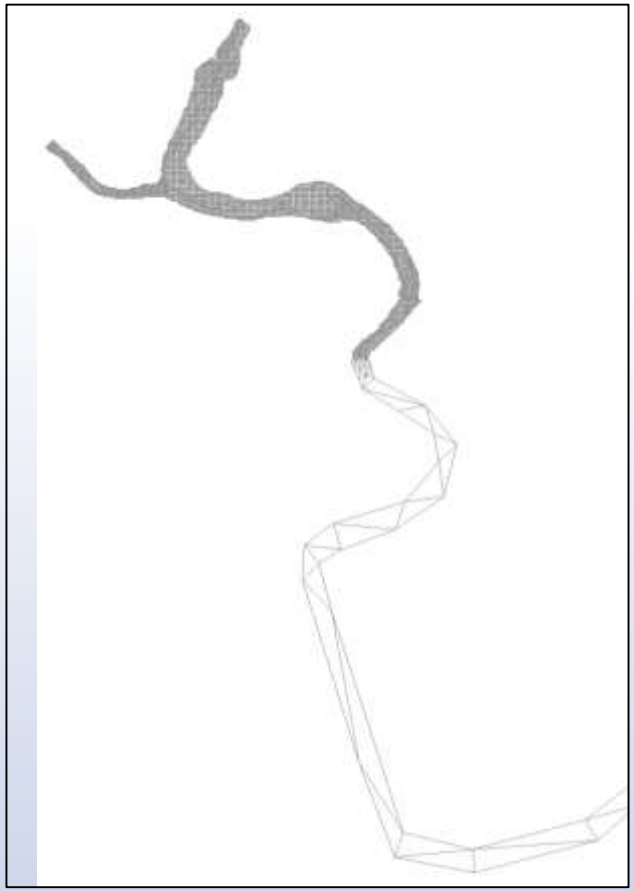




Calibración




Aplicaciónn

## 2D – EMBALSE – CONFLUENCIA EBRO/SEGRE



**Objetivo**

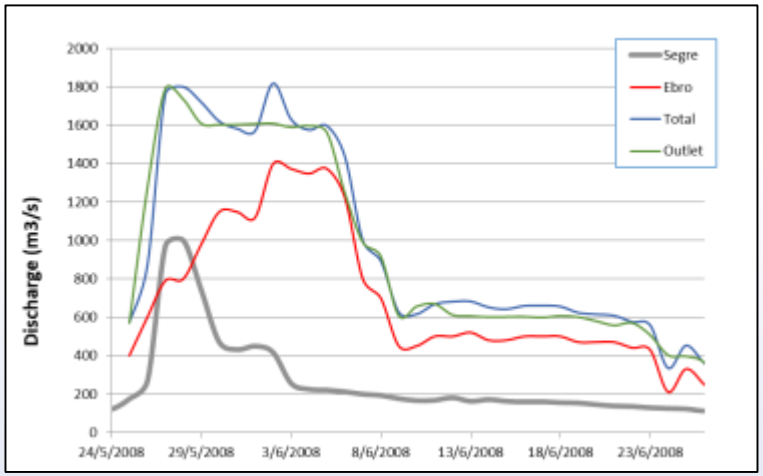
**Analizar la movilización de los sedimentos considerando diferentes escenario**

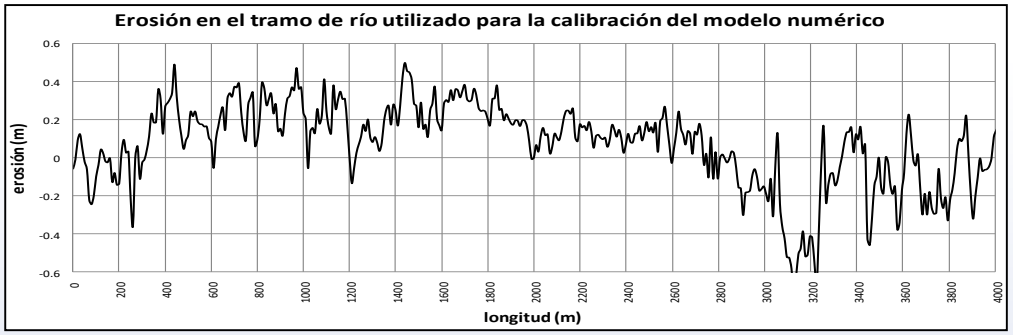
- Caudales en el Ebro, Segre y salida de Ribarroja
- Niveles iniciales en el embalse de Ribarroja

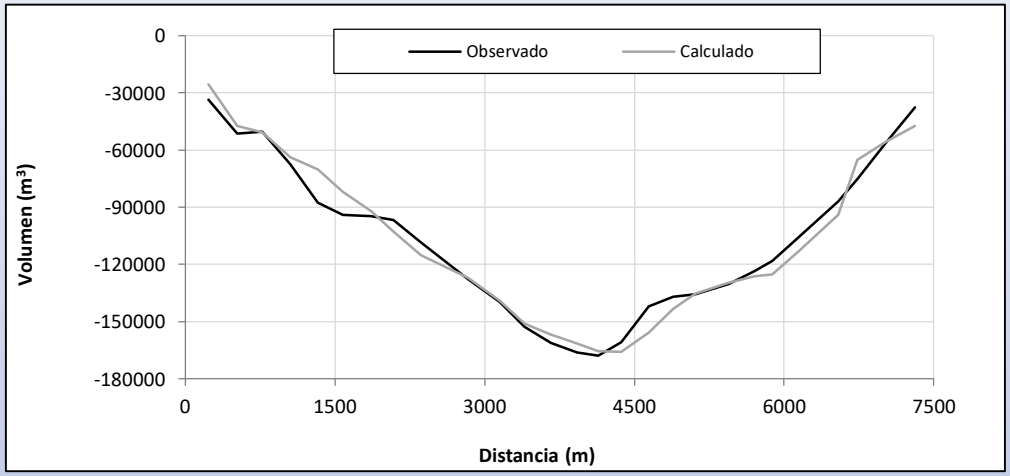
# 2D – EMBALSE – CONFLUENCIA EBRO/SEGRE

## Calibración

Comparación batimetría 2007 con batimetría 2008 conociendo la avenida de 2008



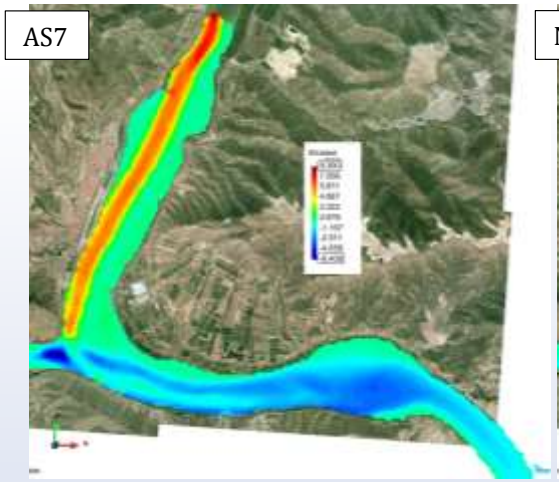

$$E = M \cdot \left( \frac{\tau_b}{\tau_c} - 1 \right)$$

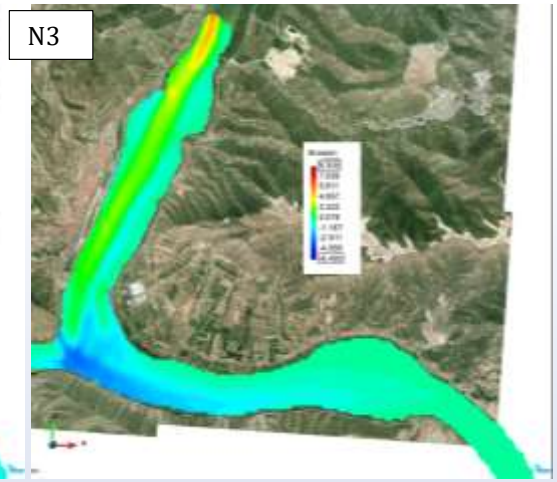
M=0.000005 m/s

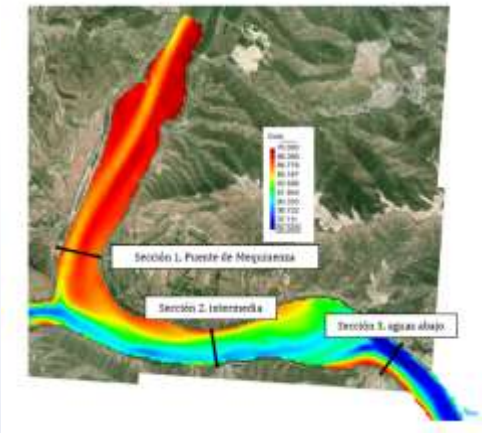
$\tau_c$ =1 N/m$^2$

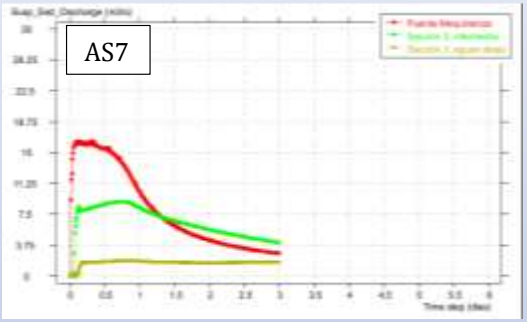
# Variación nivel embalse

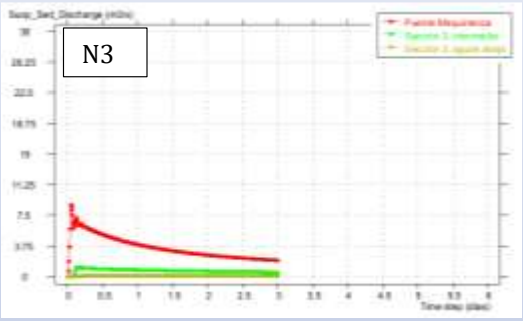
Escenarios AS7 (embalse a la cota 66.5 m) y N3 (embalse a la cota 69.5 m)



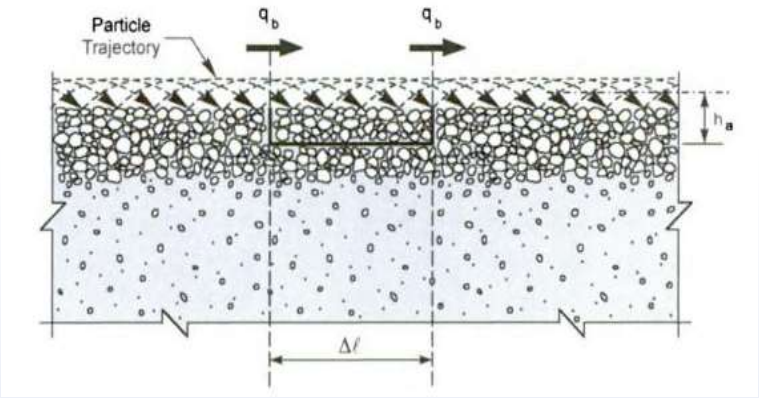



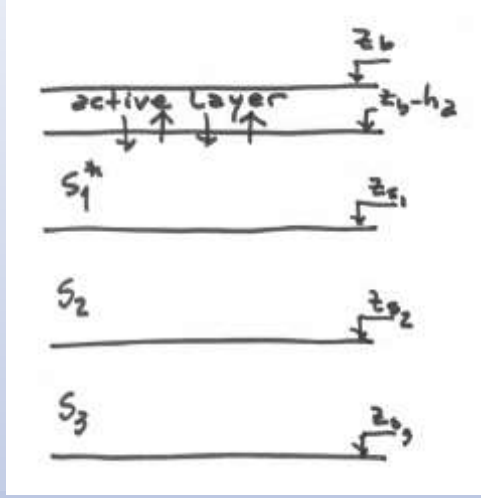




Volumen de sedimento a través de las secciones de control

| Sección | AS7 | N3 |
|---|---|---|
| Sección 1 | 2096 x $10^3$ $m^3$ | 917 x $10^3$ $m^3$ |
| Sección 2 | 1691 x $10^3$ $m^3$ | 185x $10^3$ $m^3$ |
| Sección 3 | 422 x $10^3$ $m^3$ | 19 x $10^3$ $m^3$ |

# 2D – RÍO CINCA – MEZCLAS

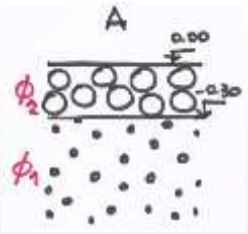


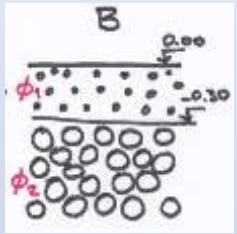



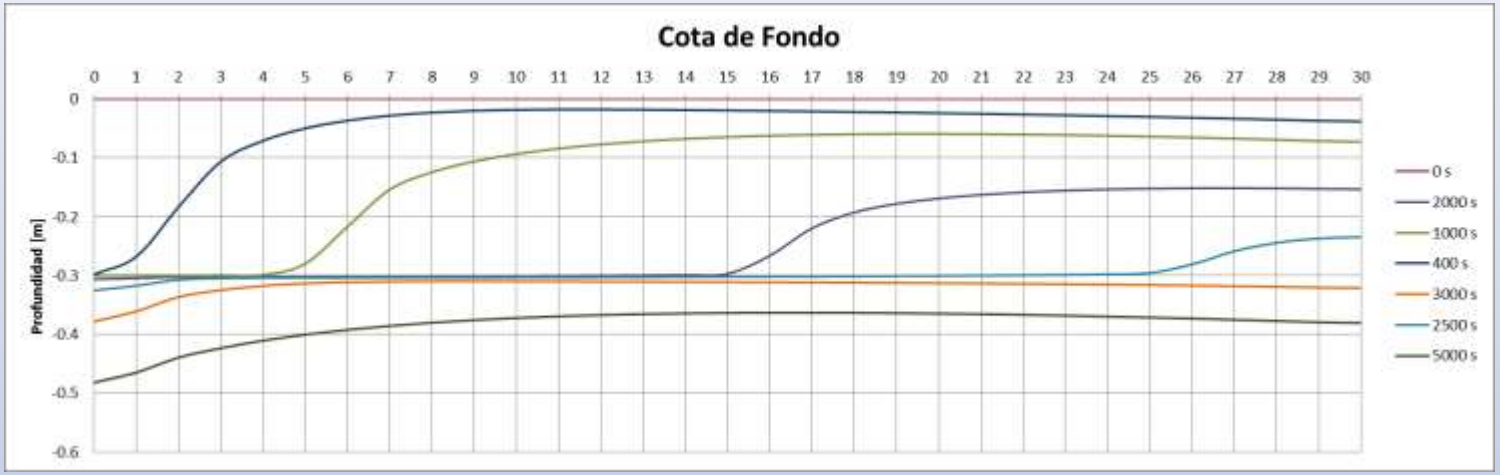

| *i* | $D_i$ | % in $S_1$ | … | % in Sj |
|---|---|---|---|---|
| 1 | $D_1$ | $\beta_{(1,1)}$ | … | $\beta_{(1,j)}$ |
| 2 | $D_2$ | $\beta_{(1,12)}$ | … | $\beta_{(2,j)}$ |
| 3 | $D_3$ | $\beta_{(1,3)}$ | … | $\beta_{(3,j)}$ |
| 4 | $D_4$ | $\beta_{(1,4)}$ | … | $\beta_{(4,j)}$ |
| … | … | … | … | … |
| *i* | $D_i$ | $\beta_{(1,i)}$ | | $\beta_{(i,j)}$ |

# 2D – RÍO CINCA – MEZCLAS

## ACORAZAMIENTO

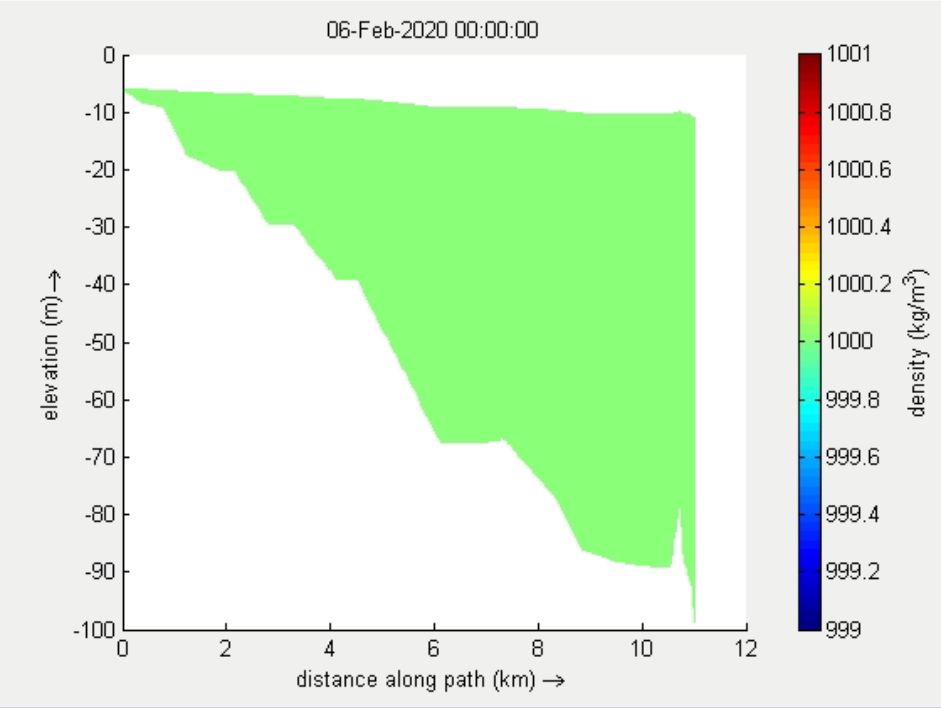


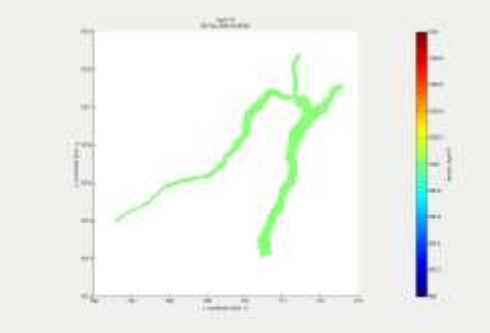


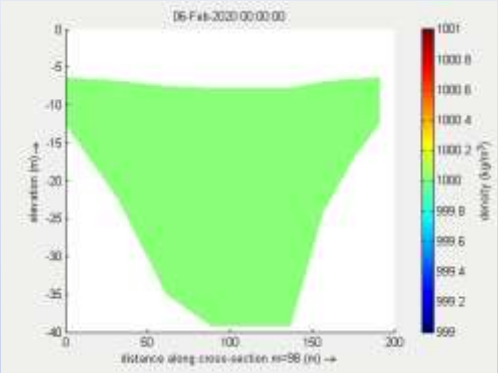



# DELFT 3D en embalse. Corrientes de turbidez

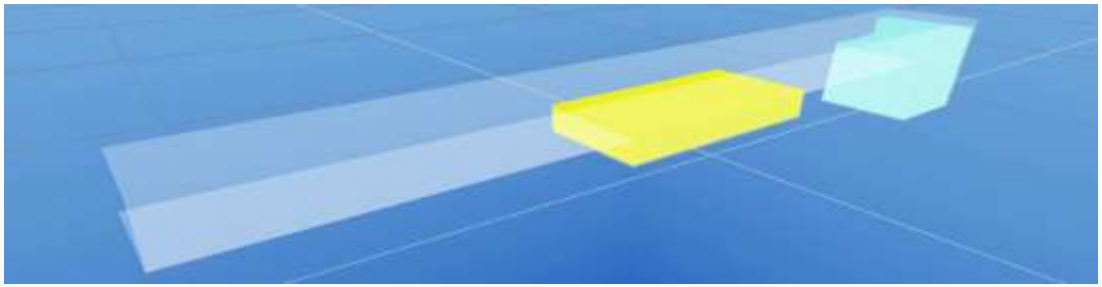
## Corrientes de turbidez del embalse Amaluza-Ecuador

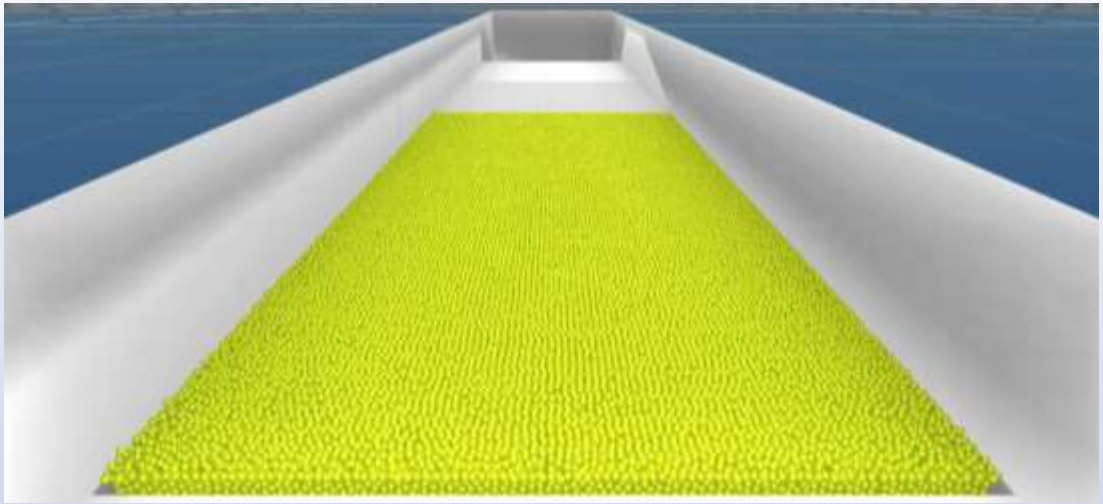




3D – SPH - RIZADURAS



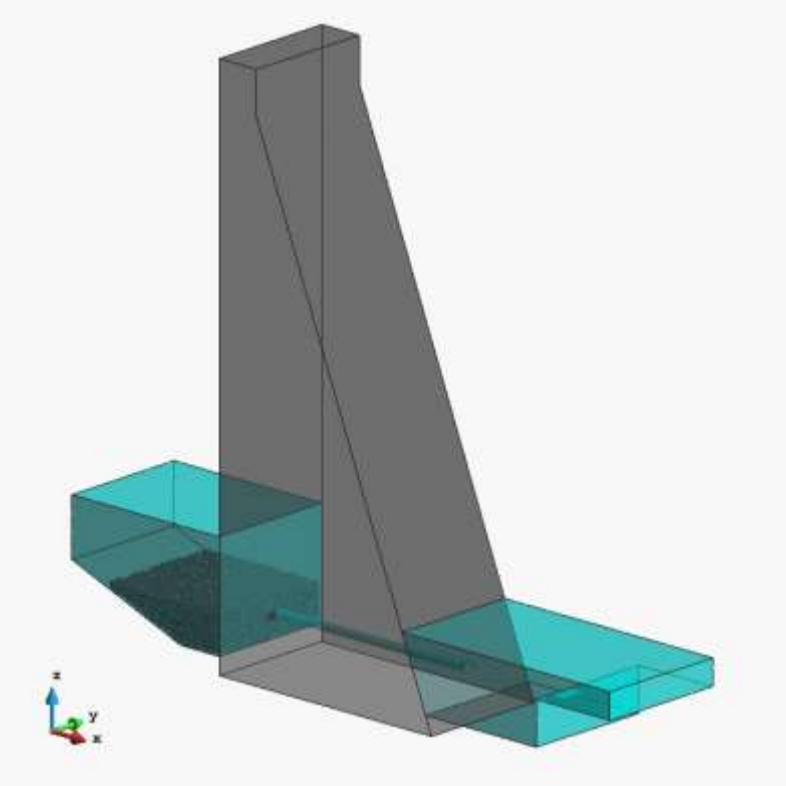


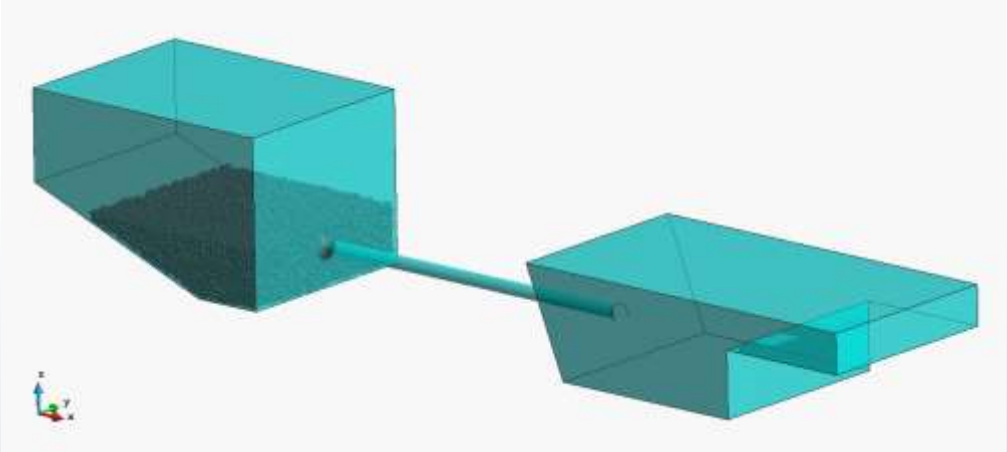
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
CEDEX CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS

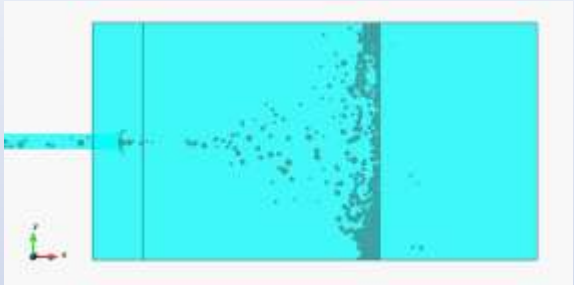
**SPHERIMENTAL**

D. López

## 3D - KRATOS – MEF/DEM
## FLUSHING

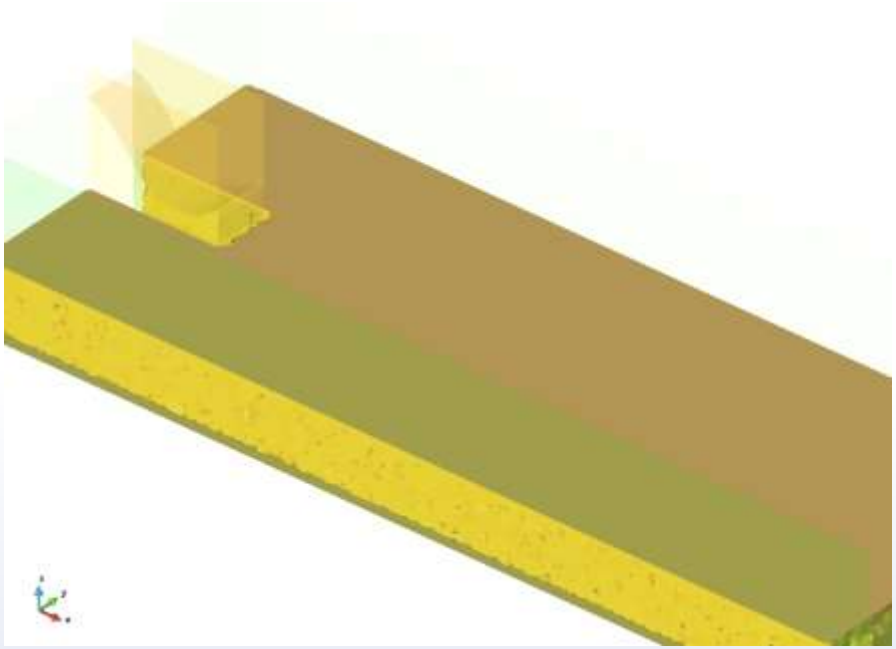






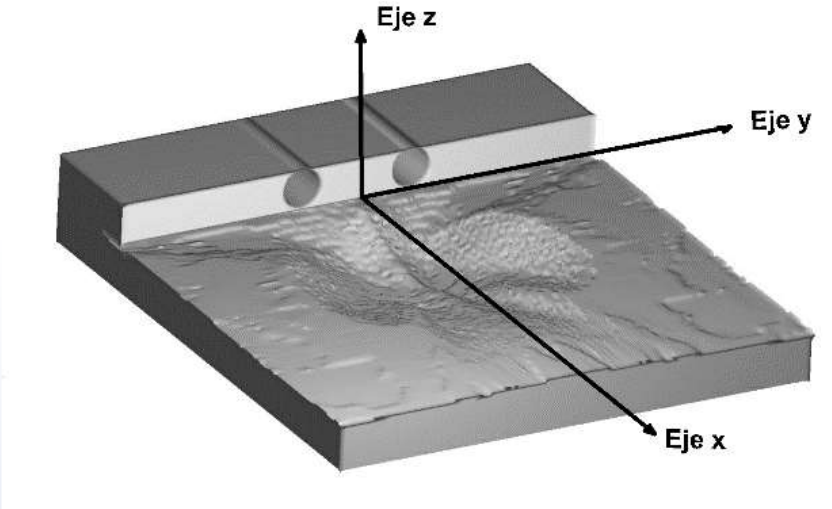
M.A- Celigüeta, E. Oñate

## 3D - PFEM



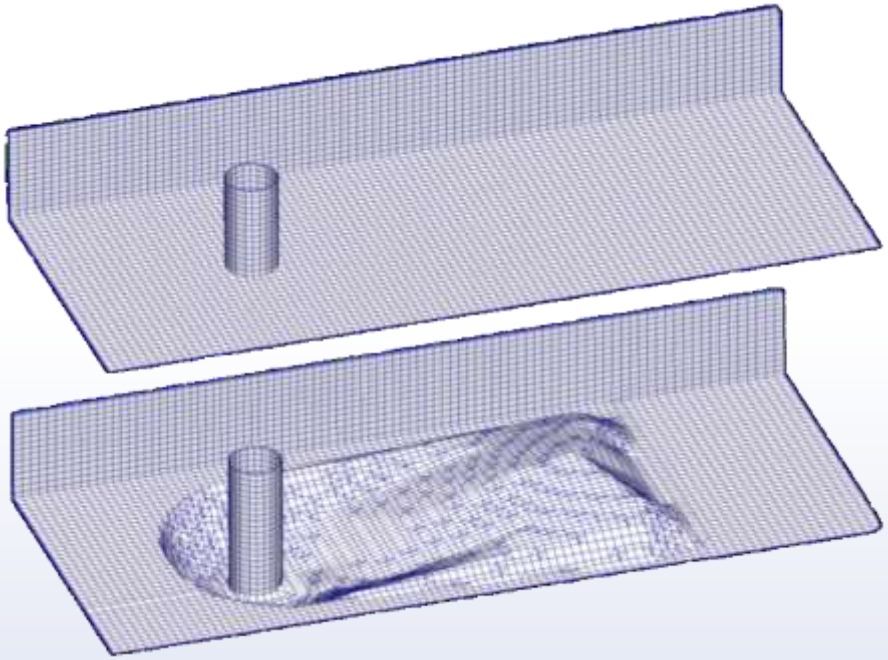
M.A- Celigüeta, E. Oñate

EROSIÓN LOCAL




FLOW3D

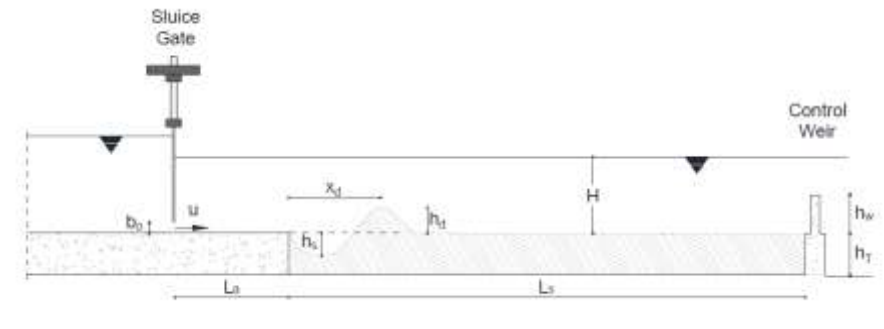
Cortés, R., Galán, A. y Díaz, S
Universidad Politécnica de Valencia

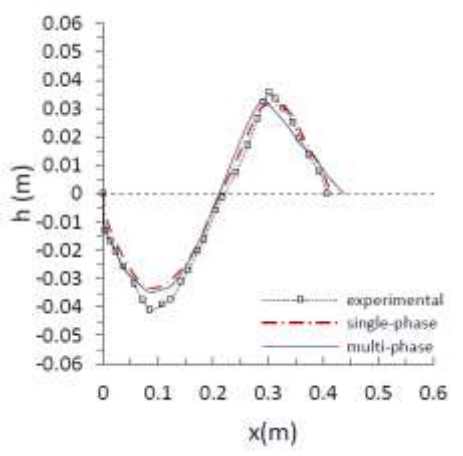


OPENFOAM

A. Bayón-Barrachina, D. Valero, F. Vallès-Morán, P.A. López-Jiménez
Universidad Politécnica de Valencia

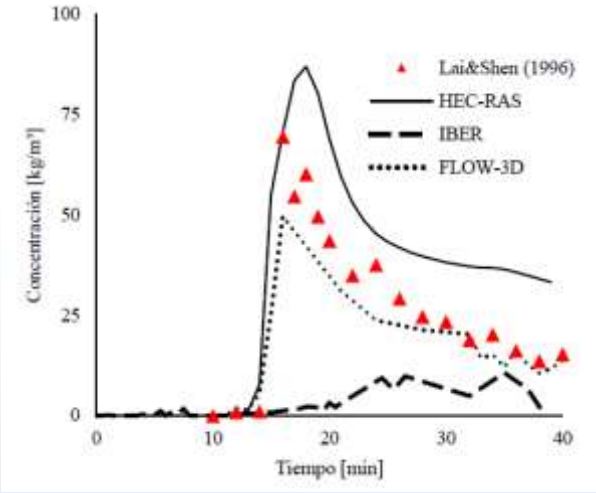
## 3D - EROSIÓN LOCAL

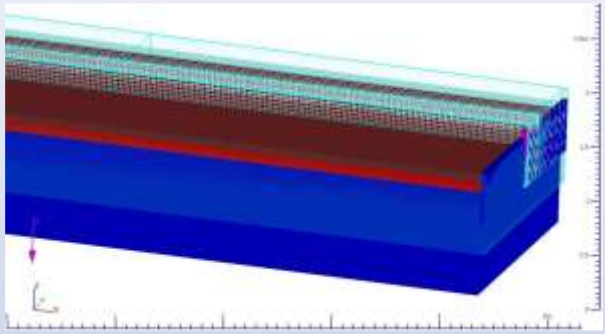



OPENFOAM . FLUJO BIFÁSICO
Sanchez Cordero E.
Instituto Flumen
Universidad Politècnica de Catalunya

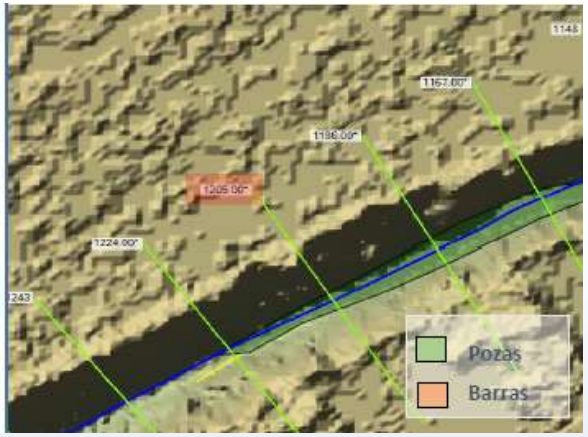
## Lavado de sedimentos en embalses 1D – 2D - ·3D

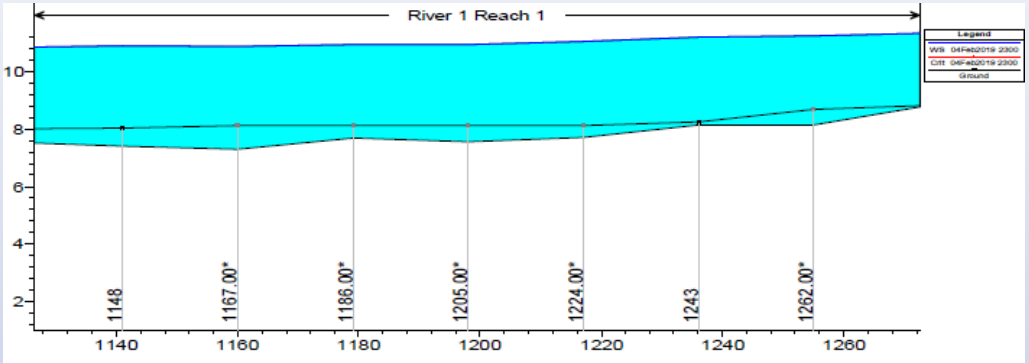


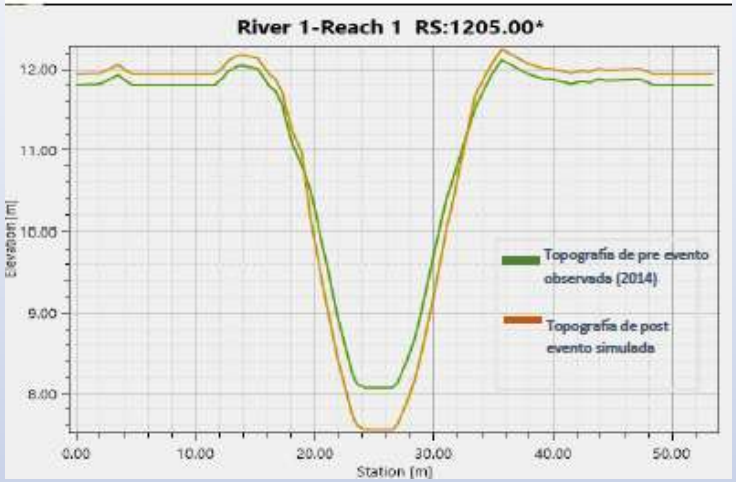



HEC-RAS / Iber /FLOW·D
Guillén-Ludeña, S., Carrillo, J.M., Castillo, L.G.
Universidad Politécnica de Cartagena

EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA RÍO - 1D – Hec-RAS
Torrente de San Miguel
Topografías pre y post evento




Pezet, T-L., Vallés, J.F., Nácheslo, B.
Universidad Politécnica Valencia

# Conclusiones

- Actualmente existen metodologías realistas para poder estudiar fenómenos complejos mediante modelización numérica

- Los resultados numéricos pueden ser una gran ayuda para la evaluación de soluciones o para la gestión

1. Conocer bien el fenómeno antes de modelar
2. Escoger método y entender las limitaciones del método
3. DATOS DATOS DATOS DATOS DATOS (Calibración / Validación)
4. Modelizar
5. No creerse nada!! > Interpretar

**CAMPO DE TRABAJO ABIERTO, EN CONSTANTE EVOLUCIÓN**

# ¡GRACIAS POR SU ATENCIÓN!