



Jornada agua y alimentos

La urgencia de estrategias para adaptación al cambio climático

Madrid, 18 de enero de 2024

Centro de
Estudios
Hidrográficos

CEDEX

La ciencia y la técnica hidráulicas,
herramientas fundamentales en la
adaptación al nuevo contexto climático

Luis Balairón Pérez

Director del Laboratorio de Hidráulica



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

Índice

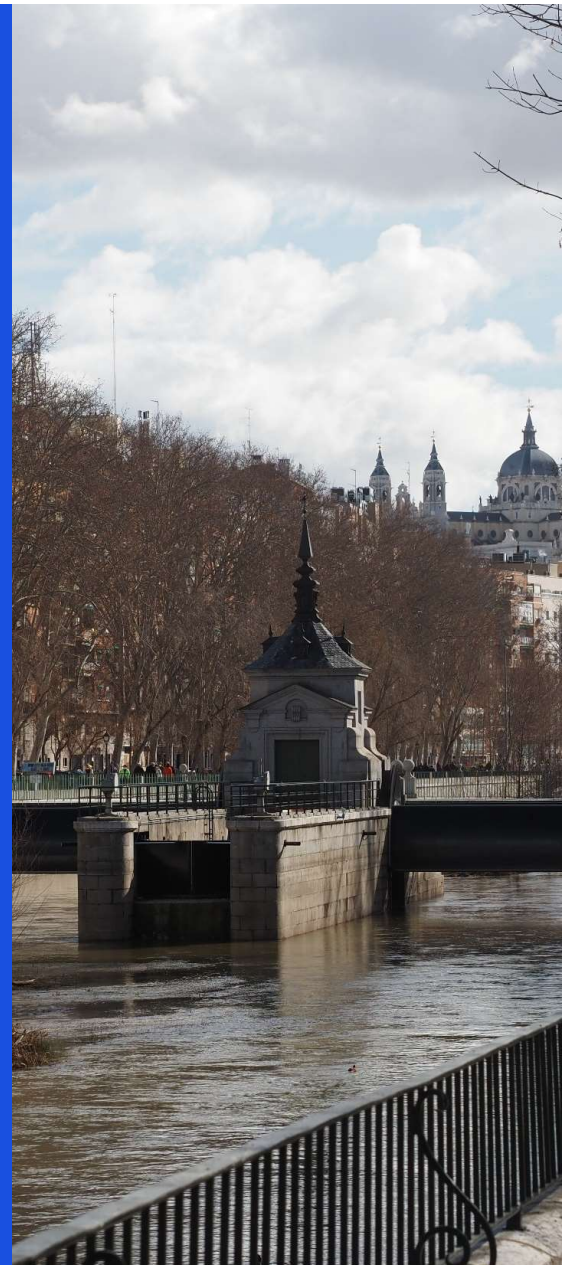


La modelación física de las estructuras
hidráulicas 3

Modelación numérica en el ámbito de
las estructuras hidráulicas 9

Modelación híbrida 13

Avances en instrumentación 19





01.

La modelación física de las estructuras hidráulicas

Ventajas

- Reproducen de manera natural fenómenos físicos muy complejos
- Hay disponibles muchas técnicas para la medida de las variables en estudio
- Los ensayos se realizan en un entorno controlado
- Constituye un método muy flexible
- Es una técnica muy consolidada con una larga tradición
- Constituye una herramienta demostrativa muy útil

Inconvenientes

- Efectos de escala
- Efectos de contorno
- La toma de datos es dificultosa
- Requiere técnicos muy especializados
- La construcción de los modelos es una tarea compleja, larga y costosa

Oportunidades

- Desarrollo de la industria de los sensores
- Desarrollo de la modelación numérica



Ventajas

- Reproducen de manera natural fenómenos físicos muy complejos
- Hay disponibles muchas técnicas para la medida de las variables en estudio
- Los ensayos se realizan en un entorno controlado
- Constituye un método muy flexible
- Es una técnica muy consolidada con una larga tradición
- Constituye una herramienta demostrativa muy útil

Inconvenientes

- Efectos de escala
- Efectos de contorno
- La toma de datos es dificultosa
- Requiere técnicos muy especializados
- La construcción de los modelos es una tarea compleja, larga y costosa

Oportunidades

- Desarrollo de la industria de los sensores
- Desarrollo de la modelación numérica

Ventajas

- Reproducen de manera natural fenómenos físicos muy complejos
- Hay disponibles muchas técnicas para la medida de las variables en estudio
- Los ensayos se realizan en un entorno controlado
- Constituye un método muy flexible
- Es una técnica muy consolidada con una larga tradición
- Constituye una herramienta demostrativa muy útil

Inconvenientes

- Efectos de escala
- Efectos de contorno
- La toma de datos es dificultosa
- Requiere técnicos muy especializados
- La construcción de los modelos es una tarea compleja, larga y costosa

Oportunidades

- Desarrollo de la industria de los sensores
- Desarrollo de la modelación numérica

Presa de Zúbr
aliviadero

Ventajas

- Reproducen de manera natural fenómenos físicos muy complejos
- Hay disponibles muchas técnicas para la medida de las variables en estudio
- Los ensayos se realizan en un entorno controlado
- Constituye un método muy flexible
- Es una técnica muy consolidada con una larga tradición
- Constituye una herramienta demostrativa muy útil

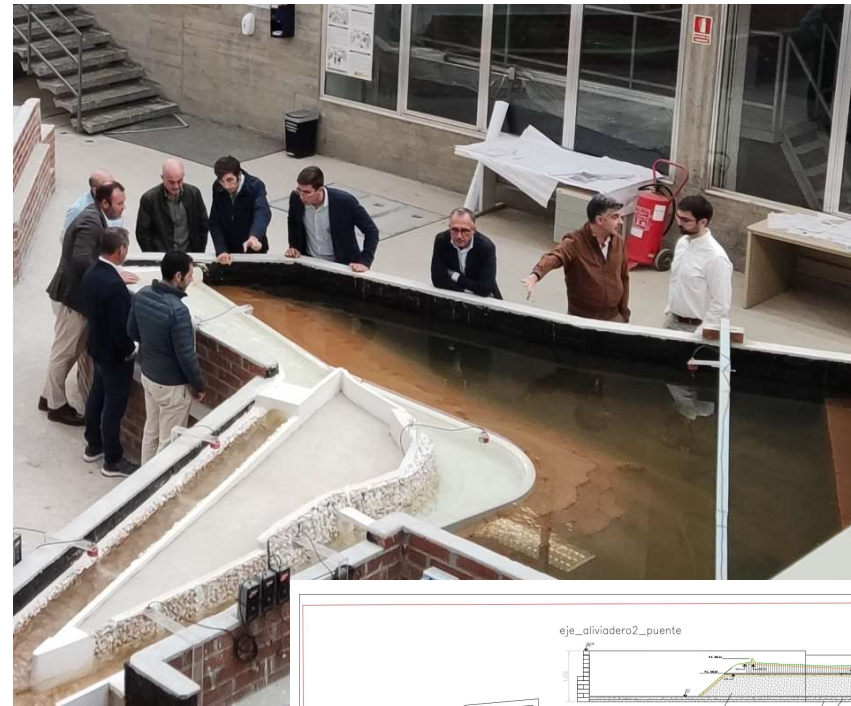
Inconvenientes

- Efectos de escala
- Efectos de contorno
- La toma de datos es dificultosa
- Requiere técnicos muy especializados
- La construcción de los modelos es una tarea compleja, larga y costosa

Oportunidades

- Desarrollo de la industria de los sensores
- Desarrollo de la modelación numérica





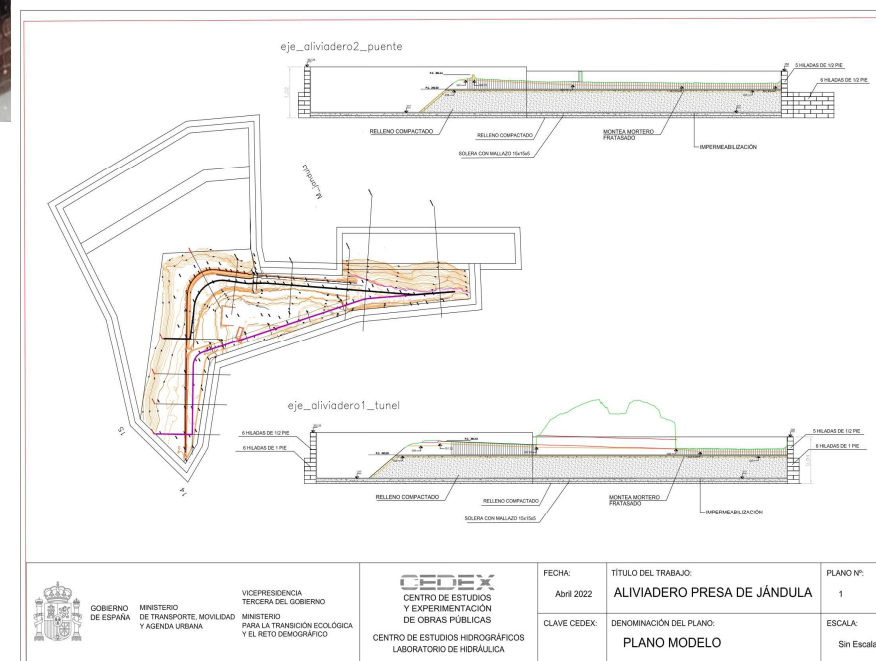
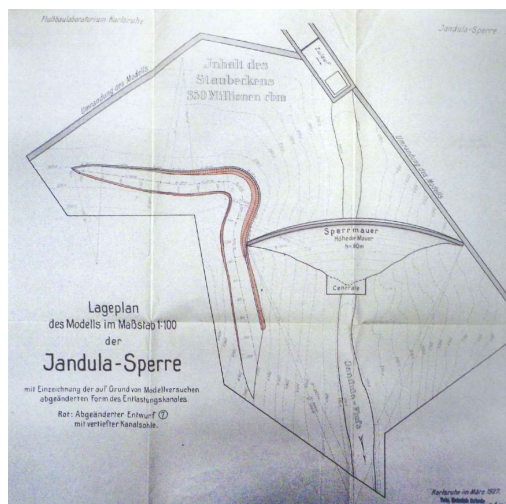
CEDEX

**Centro de
Estudios
Hidrográficos**

La modelación física, una técnica muy consolidada

Ensayos en modelo físico del diseño inicial del aliviadero de la presa de Jándula en el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad de Karlsruhe (1927).

En el centro, Theodor Rehbock, a su derecha Carlos Mendoza y a su izquierda el director del Laboratorio de Karlsruhe.





02.

Modelación numérica en el ámbito de las estructuras hidráulicas

Ventajas

Suficiente representatividad de muchos de los procesos físicos en estudio

Información muy abundante

No sufren efectos de escala

Fáciles de utilizar

Económicos y rápidos

Inconvenientes (modelos comerciales)

Tiempos de cálculo

Limitaciones en la simulación y representatividad de algunos resultados

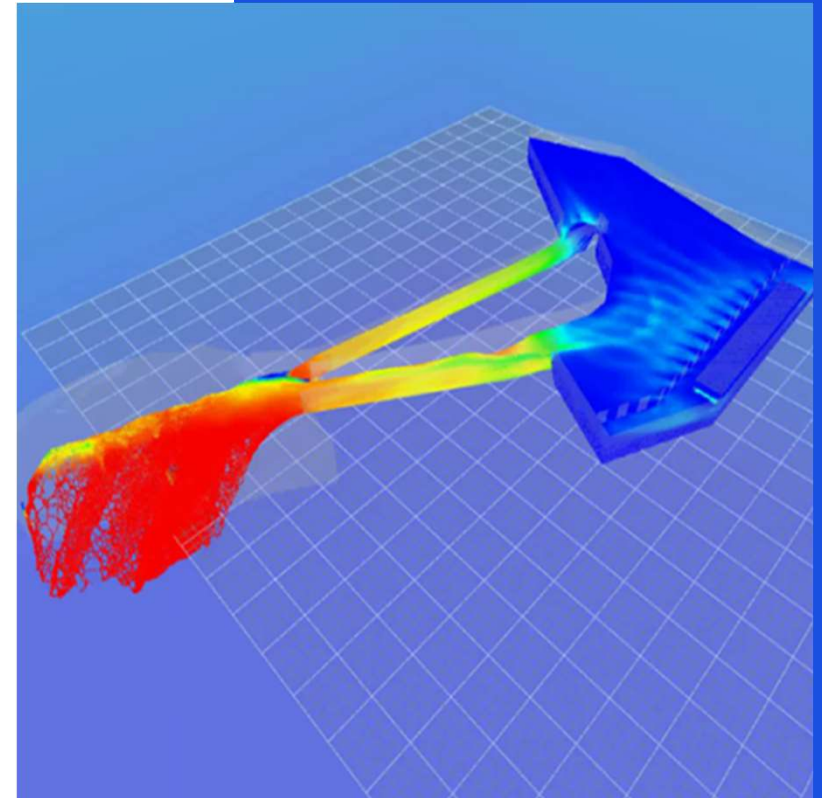
Los resultados requieren ser calibrados

Precaución en la interpretación

Oportunidades

Incremento de la capacidad de computación

Disponibilidad de muchos resultados de estudios en modelos físicos para su calibración



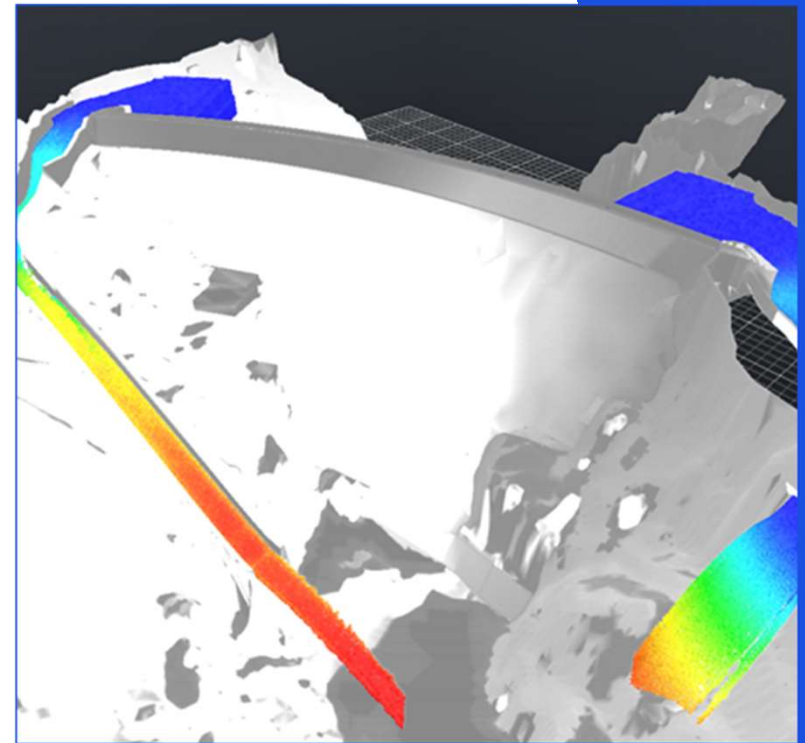
Modelación numérica en hidráulica

Gran variedad tipológica de modelos:

- 1D, 2D, 3D
- Steady or unsteady flow conditions
- Hidrológicos, hidráulicos, sedimentológicos
- Comerciales, universitarios, descarga libre
- Elementos finitos, diferencias finitas, volúmenes finitos
- Eulerianos y/o Lagrangianos

Algunos de los modelos más conocidos:

- HEC
- MIKE 11, 21
- TELEMAC
- DELFT 3D
- INFORWORKS
- FLOW 3D
- CFX and FLUENT (ANSYS)
- OpenFOAM
- TUFLOW



Modelación numérica en el Laboratorio de Hidráulica

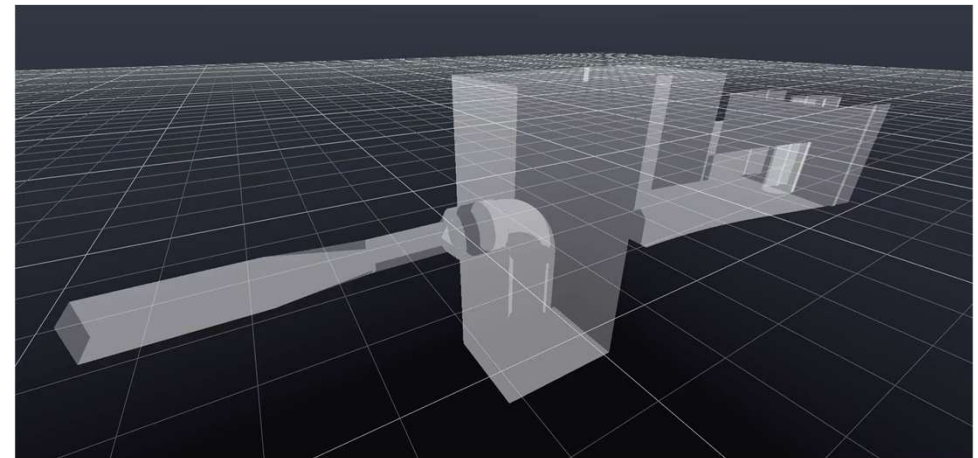
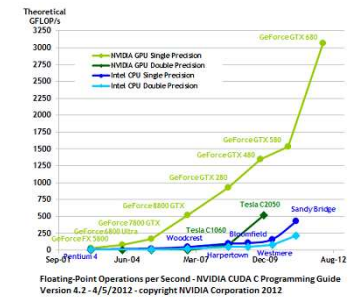
2D Modelo Iber 3.0

Módulo hidrodinámico
Módulo turbulencia
Módulo transporte sedimentos
Módulo hidrológico
Módulo calidad del agua
Módulo hábitat
Módulo drenaje urbano



3D Modelo Spherimental

Modelo lagrangiano
Método SPH
Partículas
Paralelizado en CUDA

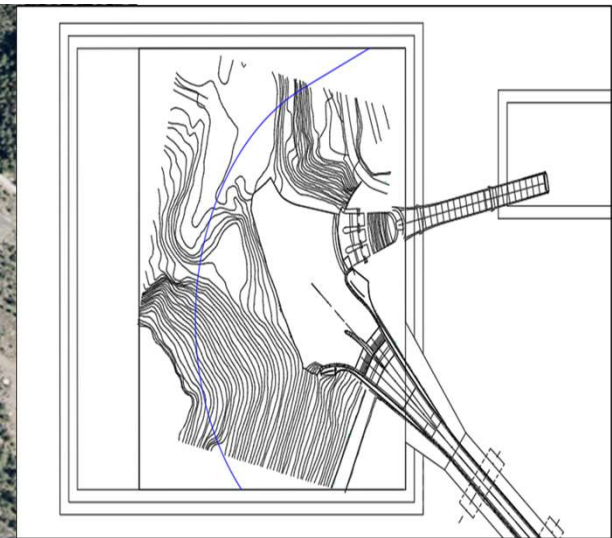
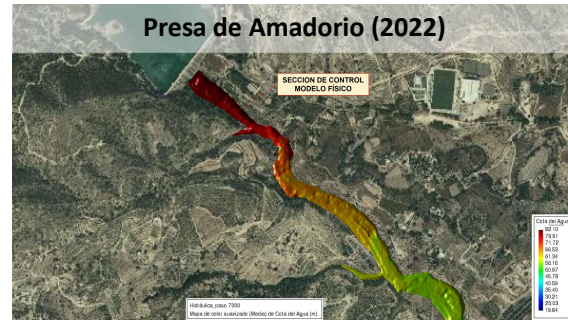
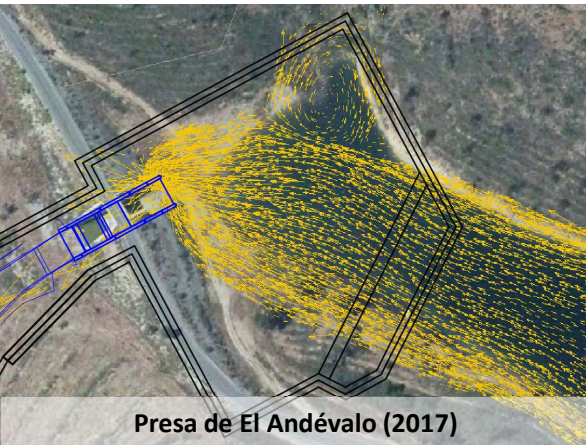




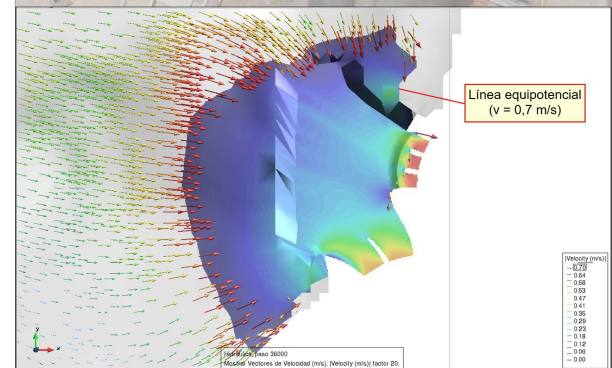
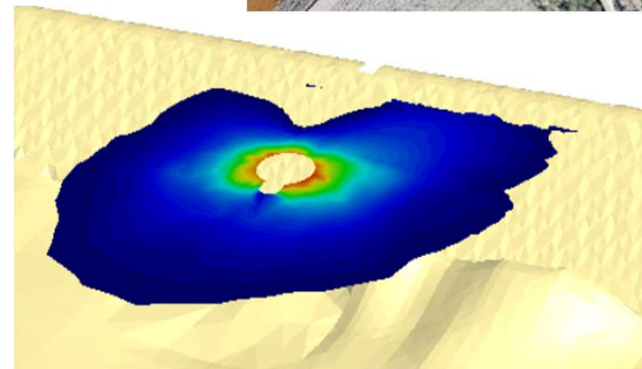
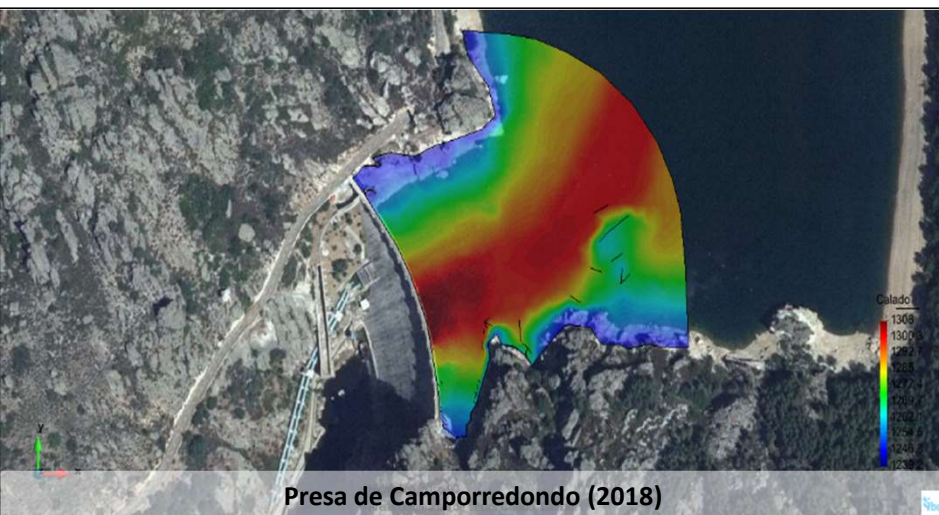
03.

Modelación híbrida





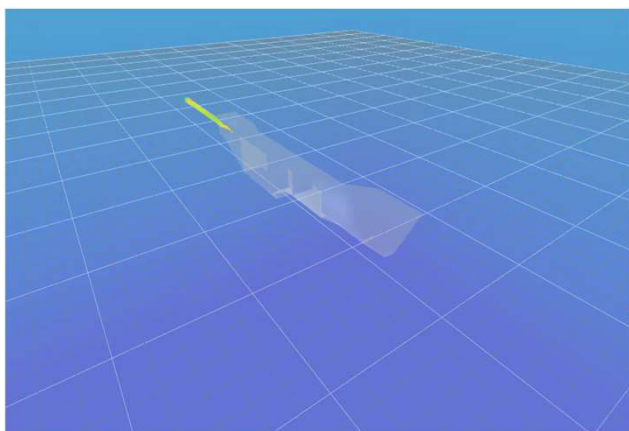
Modelos numéricos 2D para establecer las condiciones de contorno de los modelos físicos



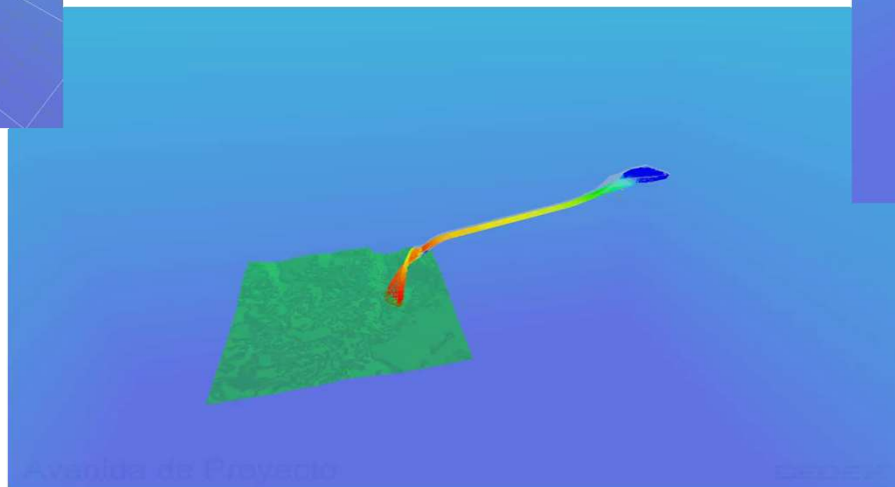
Diseño de alternativas mediante modelación numérica previo a la modelación física

CEDEX

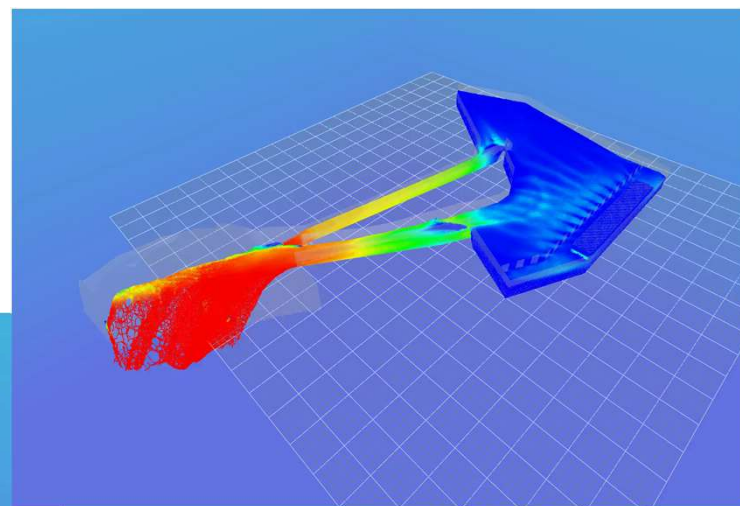
Centro de
Estudios
Hidrográficos



La Loteta



Zufre

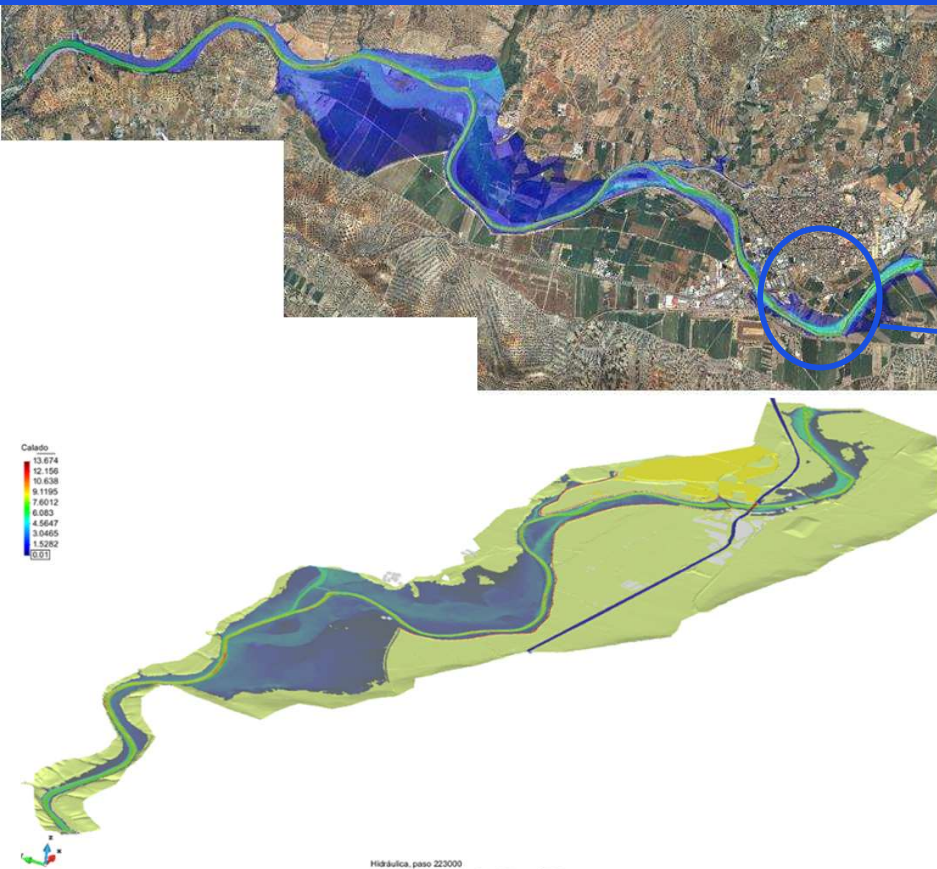


Jándula

Interconexión de modelos físicos y numéricos abordando con cada uno procesos específicos

CEDEX

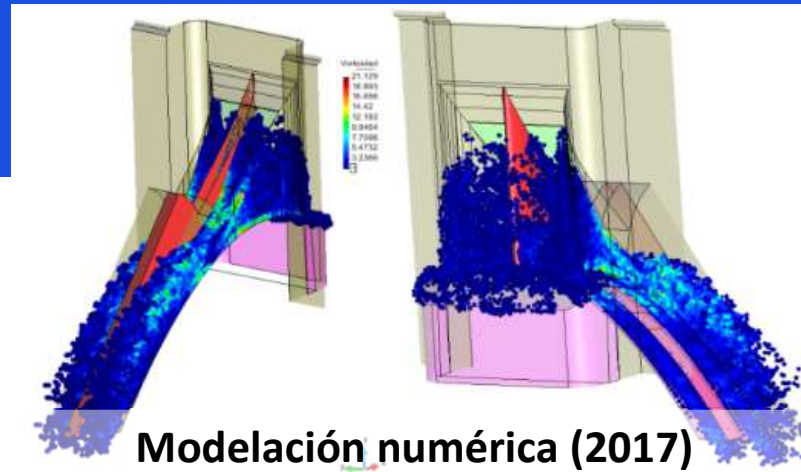
Centro de
Estudios
Hidrográficos



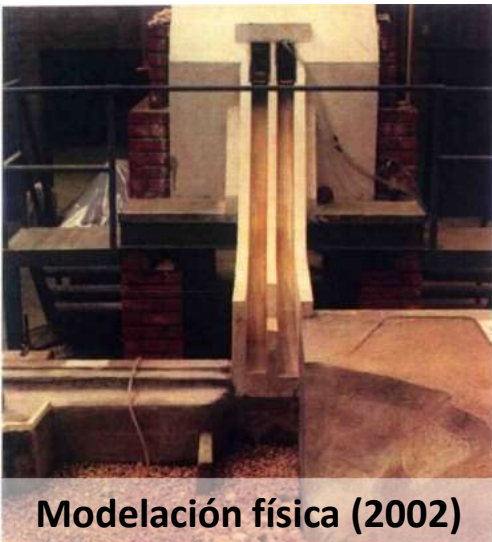
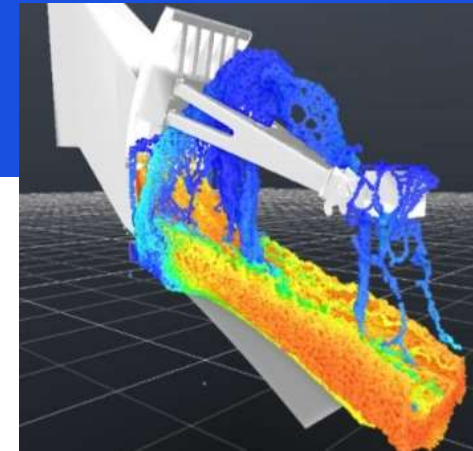
Estudio de inundación en el río Guadalquivir (2015)

Modelación numérica a partir de un modelo físico

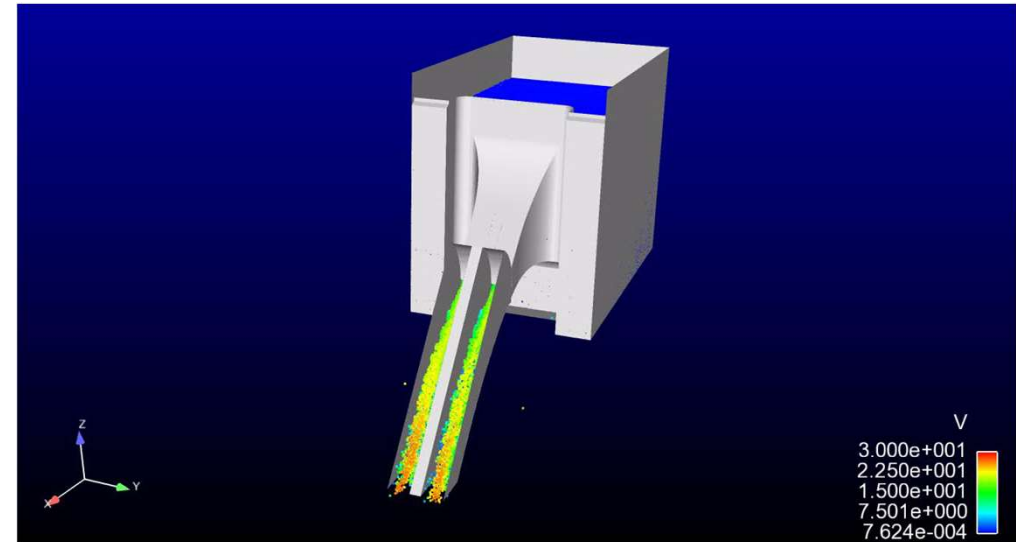
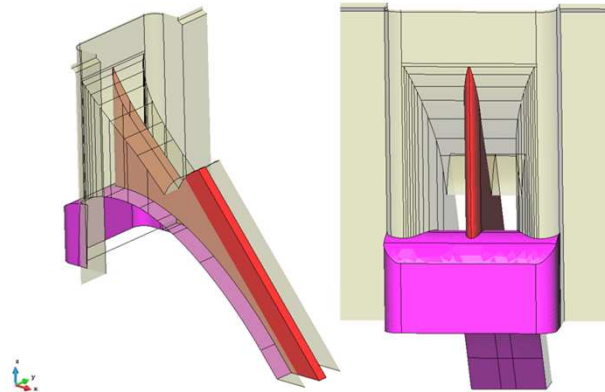
Presa de Bárcena



Modelación numérica (2017)



Modelación física (2002)





Modelos numéricos:

- Muy adecuados para las **primeras aproximaciones** en el diseño de las estructuras hidráulicas complejas
- Permiten **fáciles comparaciones** entre distintas alternativas en los diseños

Conclusión



La modelación física en las obras hidráulicas. Cristóbal Mateos.

Revista Ingeniería del Agua, marzo 2000.

Modelos físicos:

- Siguen siendo imprescindibles para el estudio de **problemas hidráulicos complejos** (flujos bifásicos, altamente turbulentos, vórtices, problemas sedimentológicos, etc.)
- Necesarios cuando se requiere un **diseño de detalle** y no es posible disponer de **modelos numéricos calibrados**



Numerical and physical modelling dual approaches for a same Project; Olivier Bertrand; 39th IAHR World Congress, Granada 2022





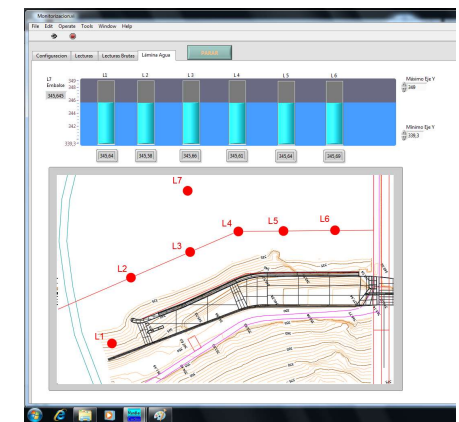
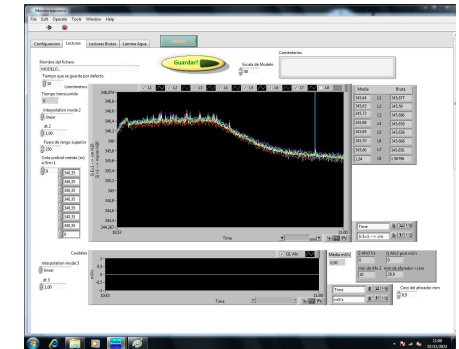
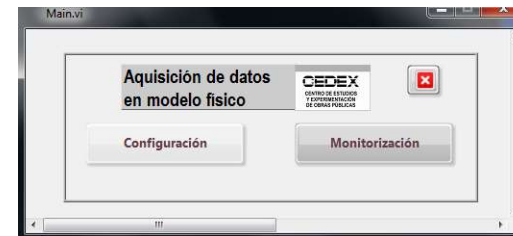
04.

Avances en instrumentación

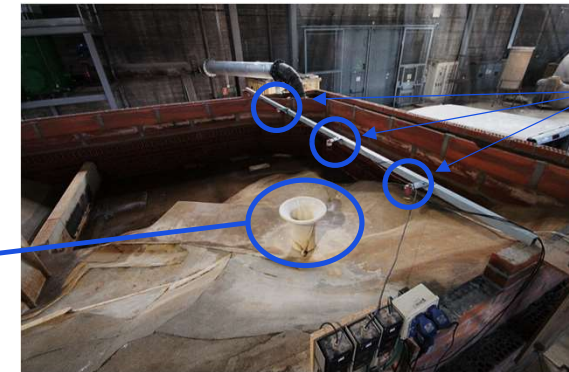


Rumblar

- Limnómetros de ultrasonidos para control de niveles de agua
- Equipo de adquisición de datos PXIe y aplicación programada en LabView para registro de niveles de agua y caudal de entrada al modelo



- Tomas de presión en puntos singulares: Moring glory, codo y aliviadero
- Registro de presiones con Scanivalve
- Limnímetros de ultrasonidos para registro de niveles de lámina de agua



Terroba

- Equipo de adquisición: PXIe, acondicionadores de señal y aplicación de registro de datos programada en LabView



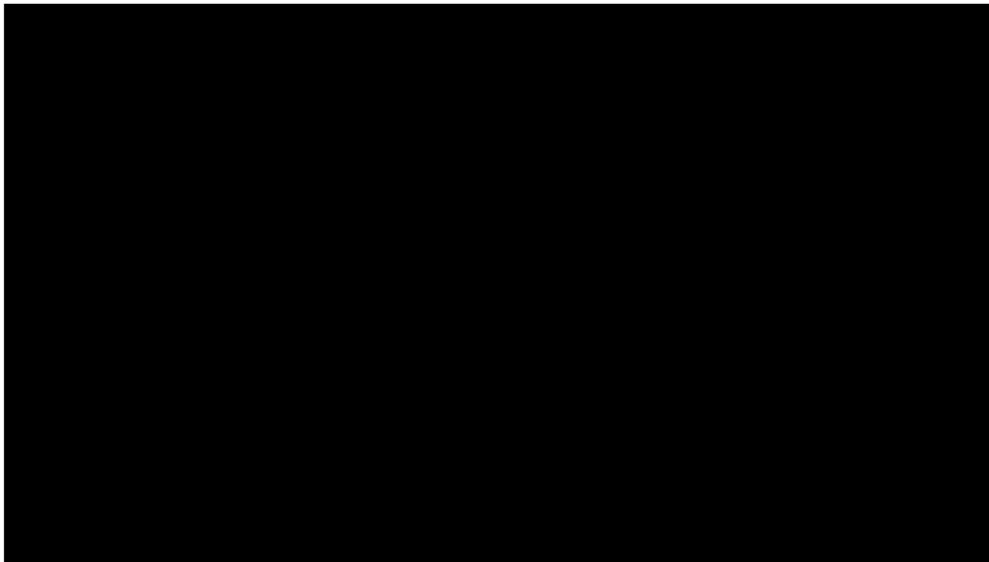
Arenós

- Equipo de adquisición de datos: PXIe y aplicación programada en Labview
- Registro de presiones con Scanivalve, tomas de presión en rápida y trampolín
- Limnómetros de ultrasonidos para control de niveles de agua

CEDEX

Centro de
Estudios
Hidrográficos





CEDEX

Centro de Estudios Hidrográficos

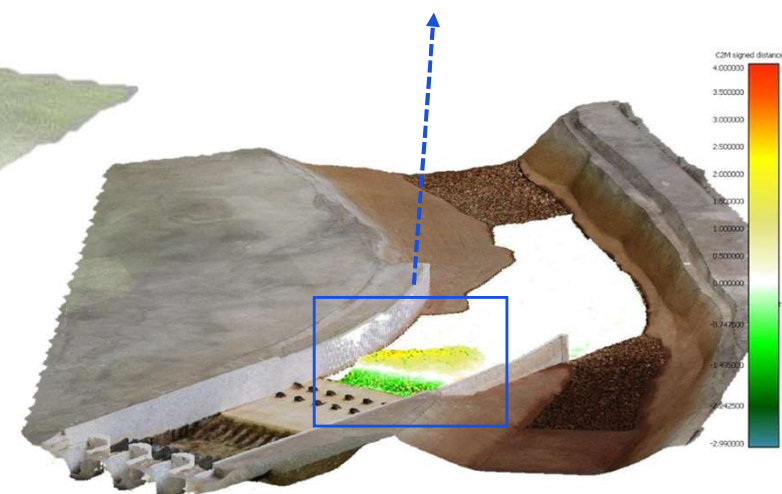
Empleo de drones en modelos físicos



Registro de imágenes con dron en el modelo de Yesa



Reconstitución fotogramétrica con software Metashape para levantamiento de modelo 3D



Comparación de escenarios con Cloudcompare



Centro de Estudios Hidrográficos

Localización

Paseo Bajo de la Virgen del Puerto, 3
28005 Madrid (España)

Contacto

Luis Balairón Pérez

☎ 34 91 335 79 87

✉ luis.balairon@cedex.es

Web

<https://www.cedex.es/>

https://ceh.cedex.es/web_ceh_2018/default.htm

🐦 CEDEX_es 🌐 CEDEX



MINISTERIO
DE TRANSPORTES
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS