

Realidad y modelo en la ingeniería de presas



Miguel Ángel Toledo

Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

SERPA – Investigación en Seguridad de Presas



POLITÉCNICA



serpa 

Investigación en seguridad
de presas y aliviaderos

GRUPO DE HIDROINFORMÁTICA
Y GESTIÓN DEL AGUA



JORNADA SOBRE MODELACIÓN NUMÉRICA EN INGENIERÍA DE PRESAS

A man with a beard and long hair tied back is shown in profile, looking upwards. Above his head is a large thought bubble with a blue outline. Inside the bubble, the text "Pienso, siento... ..ideas... sentimientos..." is written in black. Three small circles lead from the bottom of the bubble to the man's head.

Pienso, siento...
...ideas... sentimientos...

1 Realidad/prototipo y modelo



Pienso, siento...
...ideas... sentimientos...

...y lo explico...
...lo mejor
que puedo...



Pienso, siento...
...ideas... sentimientos...

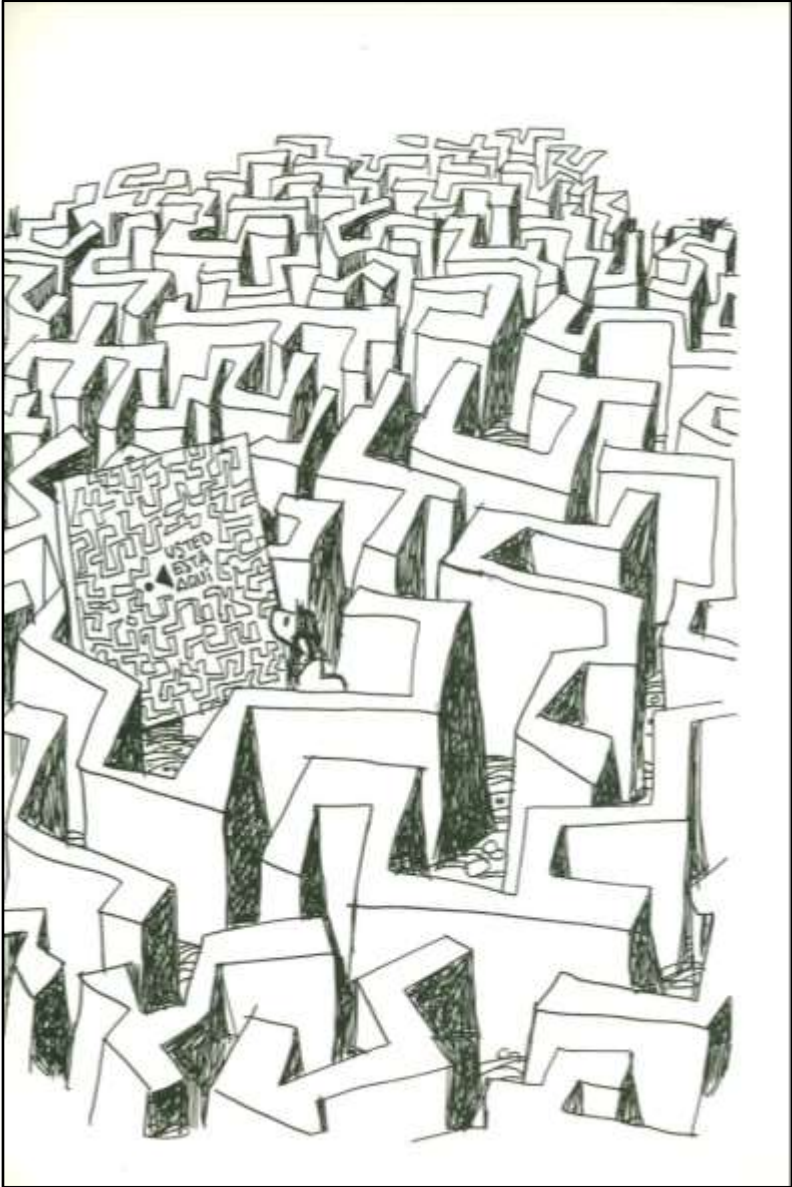
Pienso, siento...
...ideas... sentimientos...

...y lo explico...
...lo mejor
que puedo...

...y lo explico...
...lo mejor
que puedo...

Hablando se ~~enti~~ende **confunde** la gente





Los modelos son sólo modelos



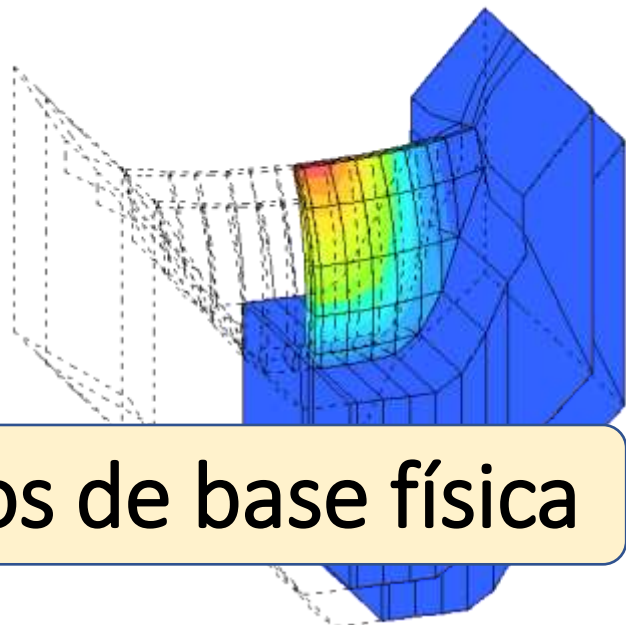
La realidad es compleja...

...inasible...

..y tenemos que manejar modelos...

... sólo tratamos con modelos...

...y muchas veces se nos olvida que
la realidad es distinta



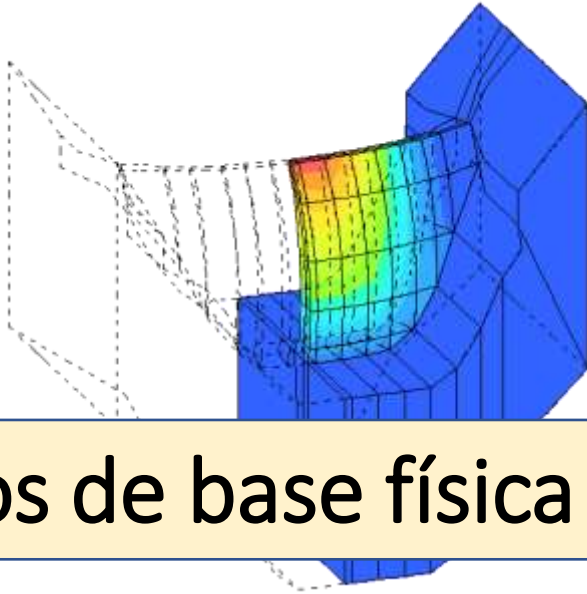
Numéricos de base física



Físicos

Numéricos basados en datos





Numéricos de base física

Numéricos basados en datos

Físicos

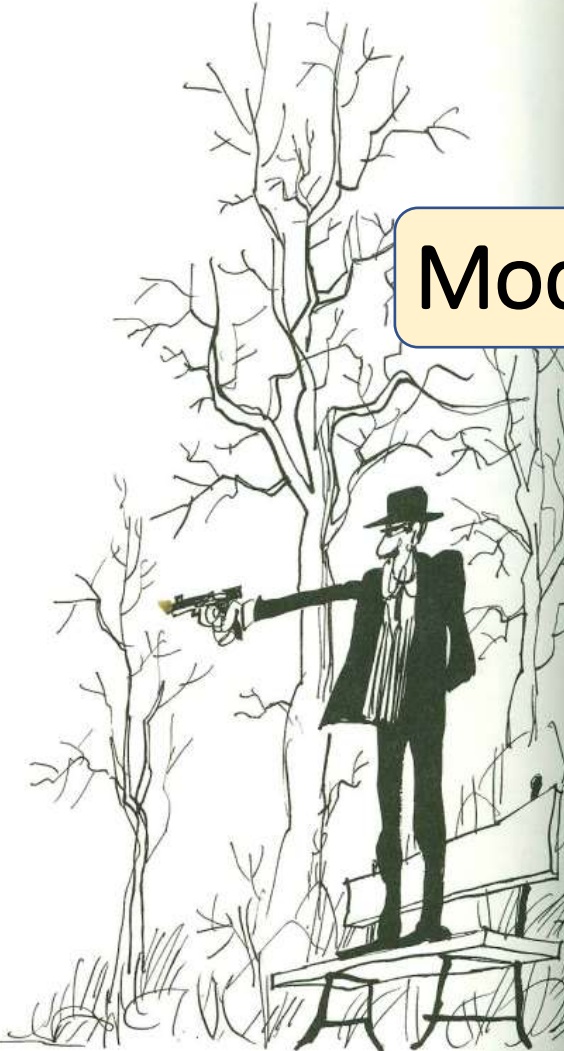
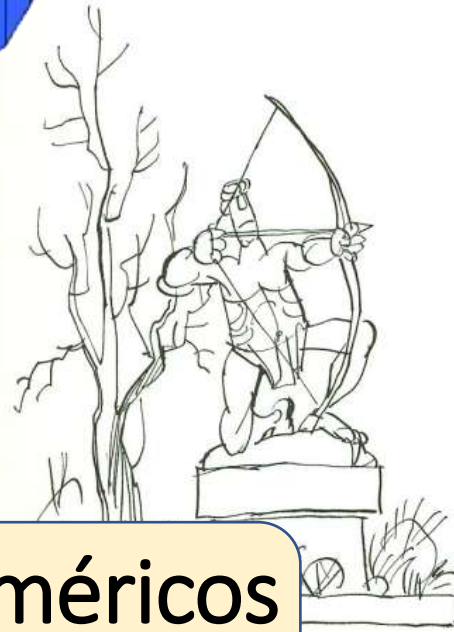
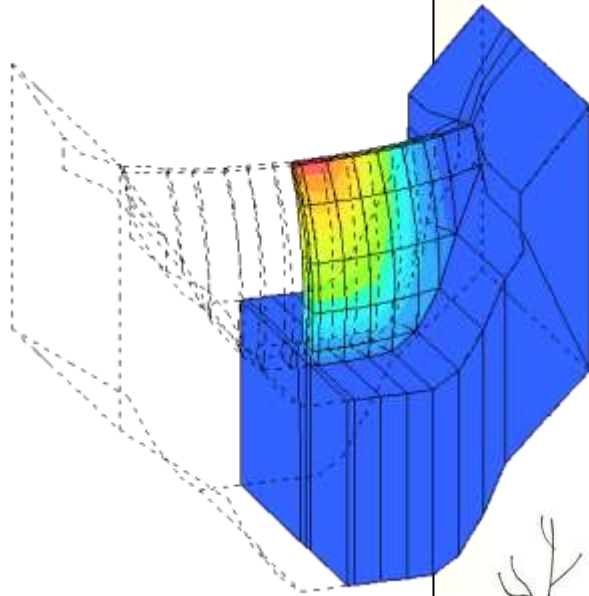


Diseño / Investigación

Modelos Físicos



Modelos Numéricos de Base Física



2



Ventajas de los **modelos numéricos** hidráulicos



Coste relativamente bajo

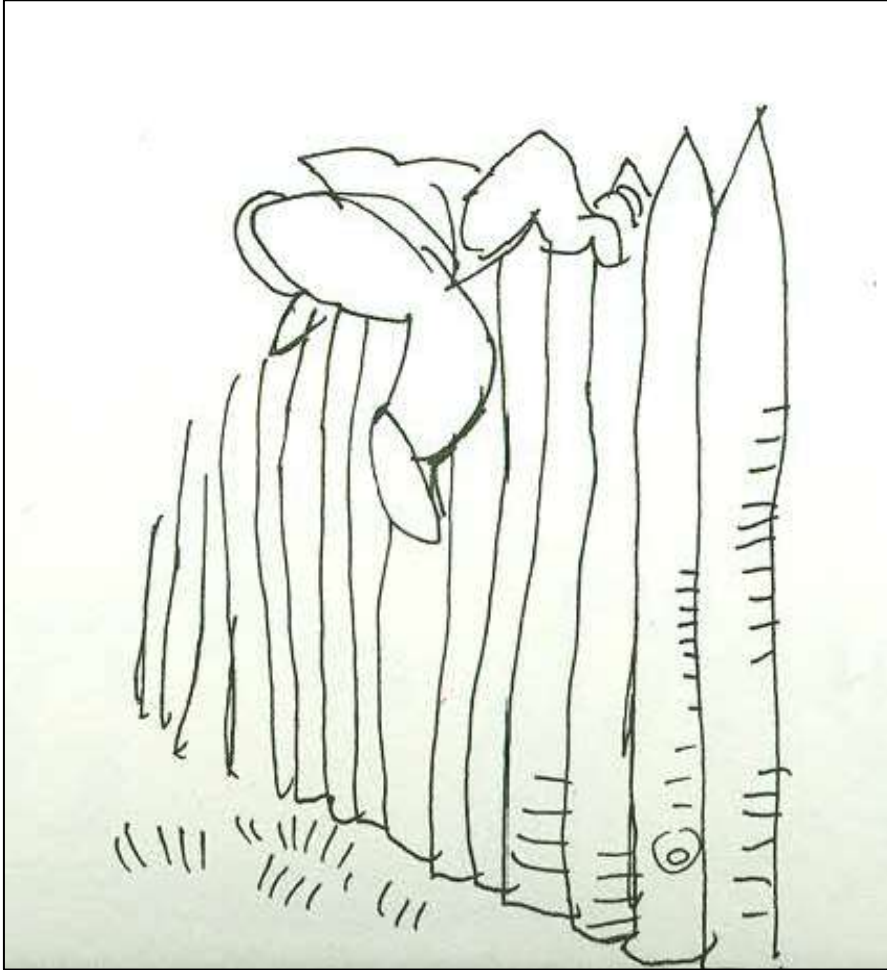
Facilidad para realizar modificaciones

Amplitud de la información resultante

Facilidad para el análisis del patrón del movimiento

!!! No tienen efecto de escala!!!

Dificultades de los **modelos numéricos** hidráulicos



Hombre solo; Autor: Antonio Mingote, 2008; Ed. Planeta

Tiempo de formación del modelador

Dificultad y especialización de la modelación

Tiempo de cálculo de los modelos 3D

Criterios de mallado

Medio bifásico agua - aire

Dificultad de validación - Pánico al ensayo “ciego”

Ventajas de los **modelos físicos** hidráulicos



No es necesario conocer las ecuaciones

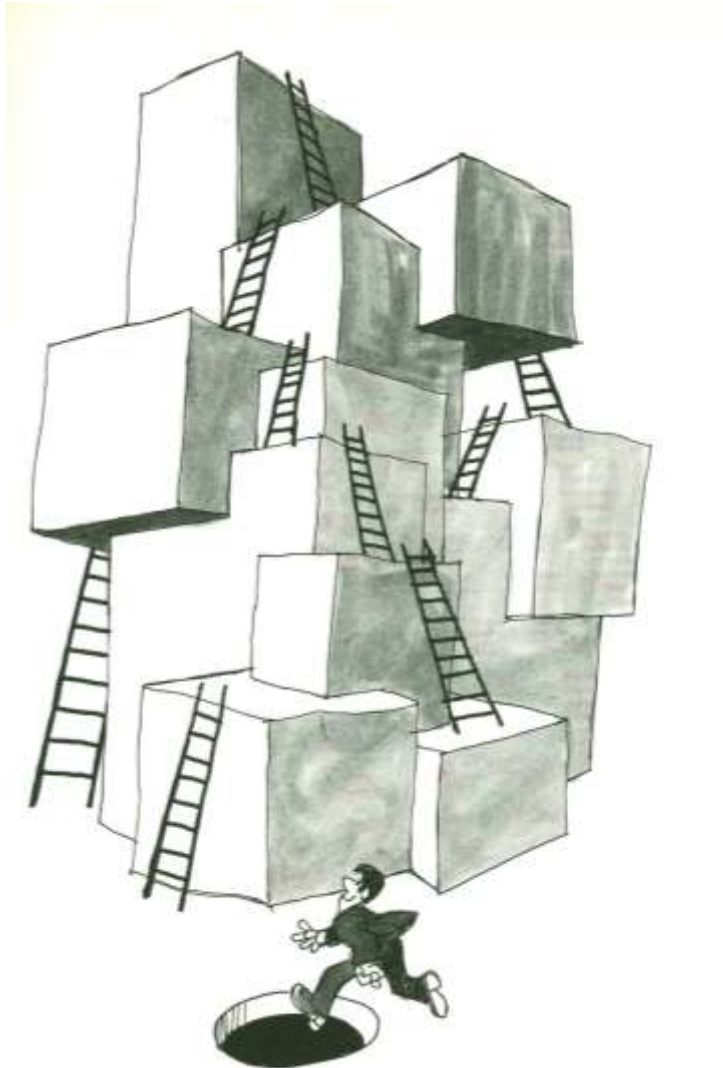
Sencillez (si no entramos en detalles...)

Fiabilidad (si están bien diseñados)

Dificultad para “forzar” el modelo

Suscitan confianza (a veces excesiva...)

Dificultades de los **modelos físicos** hidráulicos



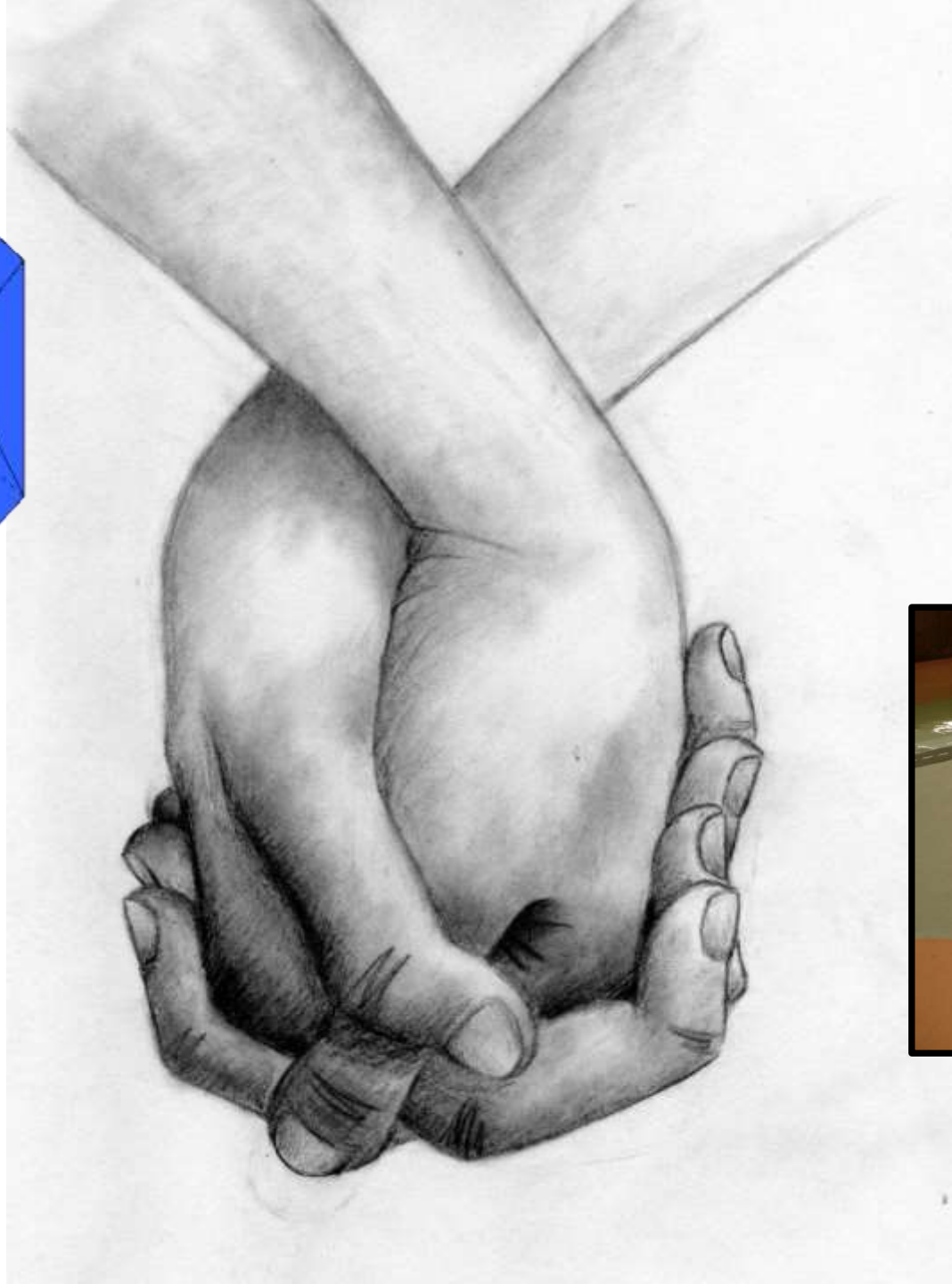
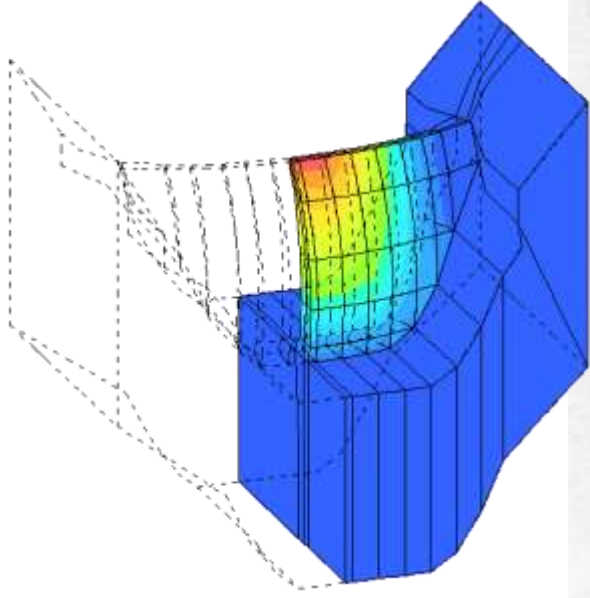
Excesiva confianza

Elevado coste / Escasez de instalaciones

Dificultad de modificaciones y obtención de datos

Dificultad de validación

!!!Efecto de escala!!! / Mezcla de agua y aire



Diseño (I)



Modelo numérico

Modelo inicial
y tanteos



Solución



Modelo físico

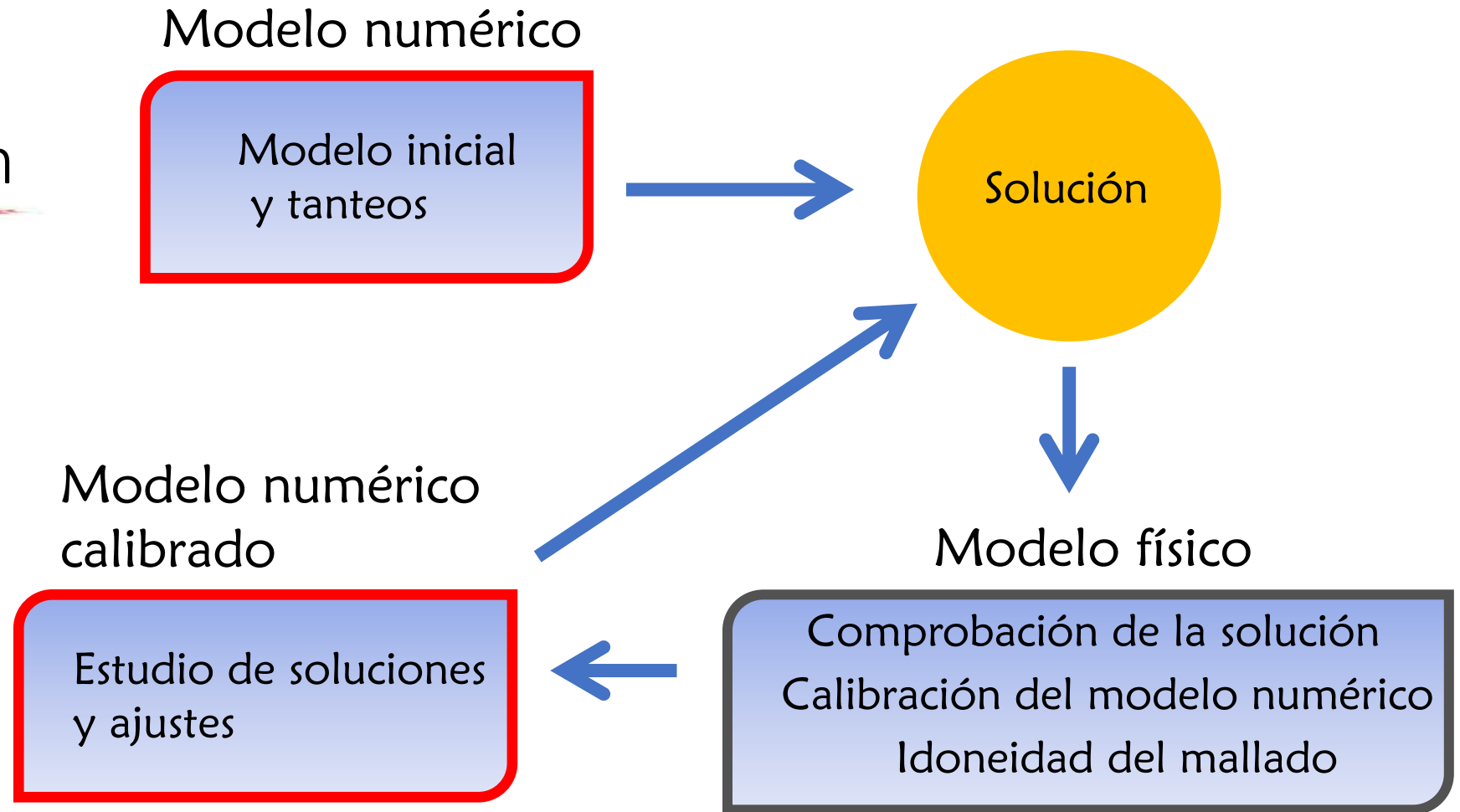
Comprobación
y ajustes

Existe un prototipo real
de referencia



Diseño (II)

con calibración



Diseño (III)



con validación

Modelo numérico

Modelo inicial
sin calibrar

+

Modelo físico = prototipo

Ensayos de calibración
Criterio de mallado



Calibración

Modelo físico = prototipo

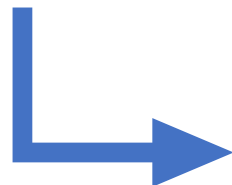
Ensayos de validación
idistintos y CIEGOS!

+

Modelo numérico

Modelo calibrado
Criterio de mallado

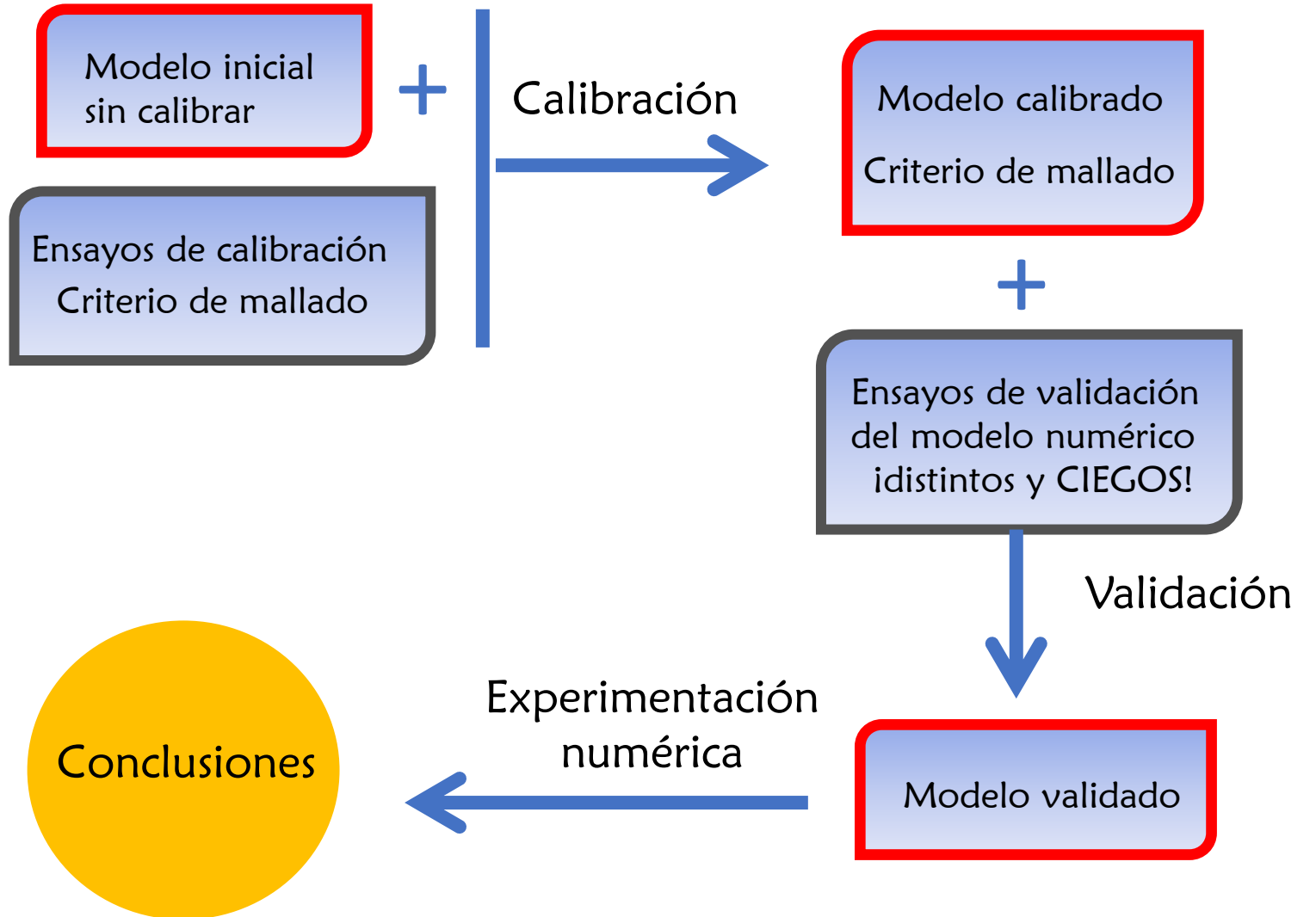
Validación



Verificación o refutación

Investigación (I)

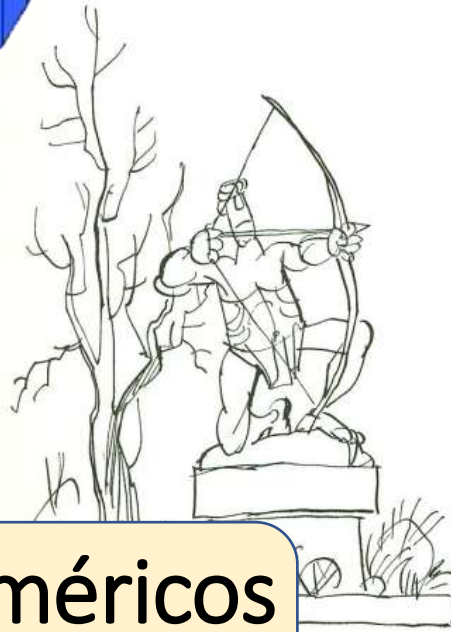
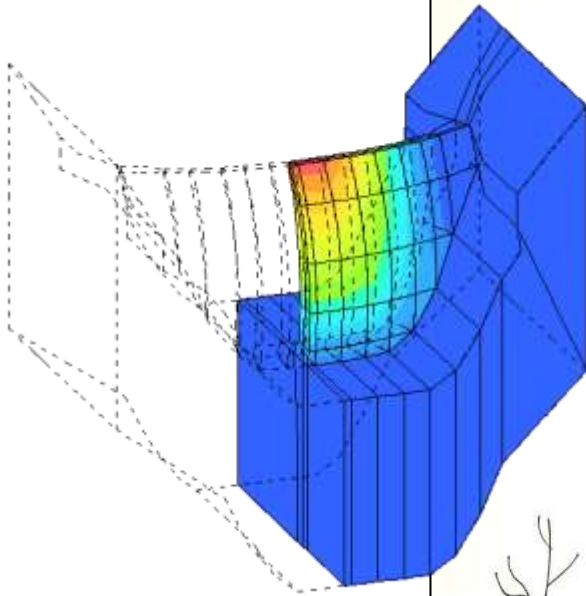
con validación
del modelo



Explotación / Investigación

Modelos Numéricos
Basados en Datos

Modelos Numéricos
de Base Física





Ventajas de los modelos numéricos de base física



Son “bonitos” y se parecen (en aspecto) a la realidad

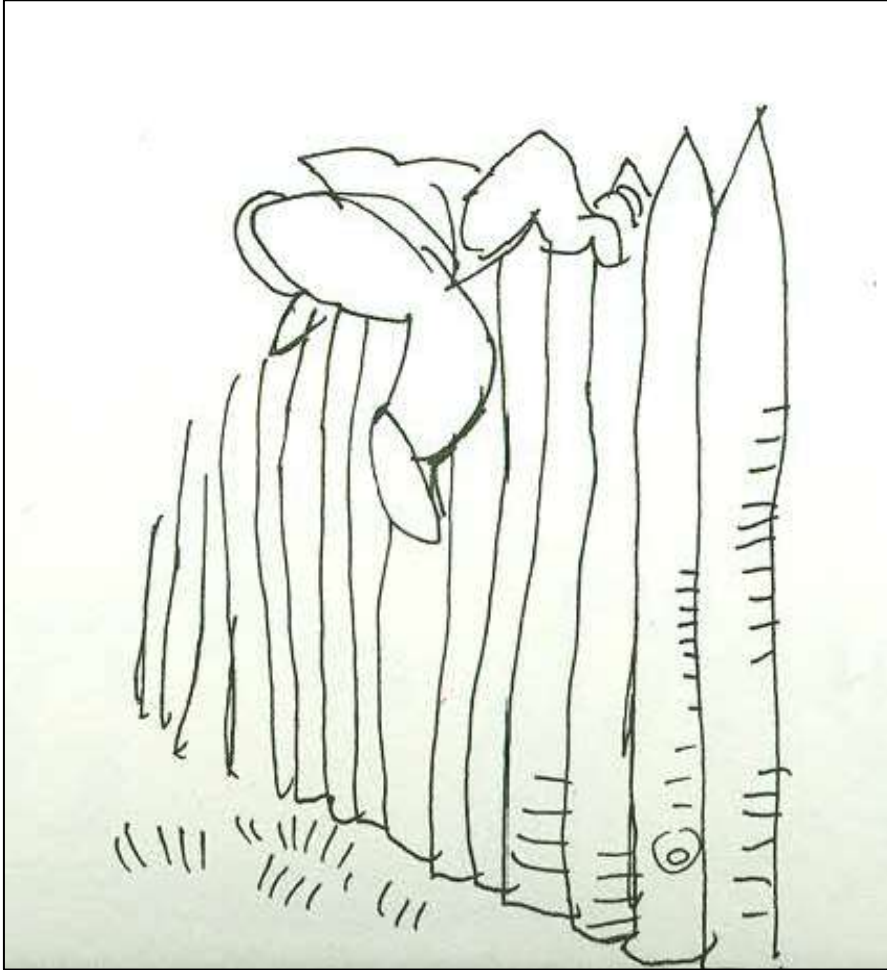
El ingeniero los entiende (sabe lo que está haciendo)

Tradición de uso en la ingeniería de presas

No requieren la existencia de datos medidos

Son aplicables a todo el rango posible de las variables
(permiten simular situaciones que no se han dado en la realidad)

Dificultades de los modelos numéricos de base física



Hombre solo; Autor: Antonio Mingote, 2008; Ed. Planeta

Son una simplificación de la realidad

Su validación es actualmente difícil y poco precisa

Son menos precisos que los basados en datos

Su elaboración es compleja y muy especializada

Son caros

Ventajas de los modelos numéricos basados en datos



Manejan el comportamiento complejo real de la presa

Siempre pueden validarse con facilidad

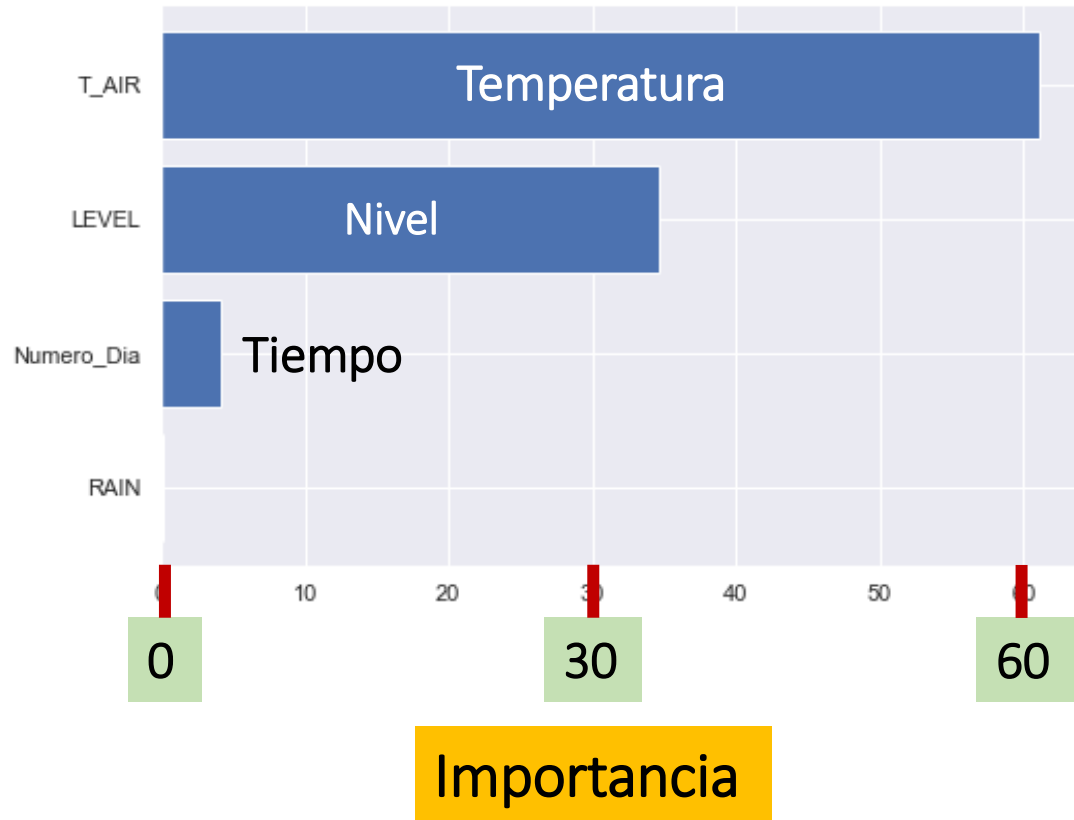
Son más precisos que los de base física

Permiten entender el funcionamiento real de la presa

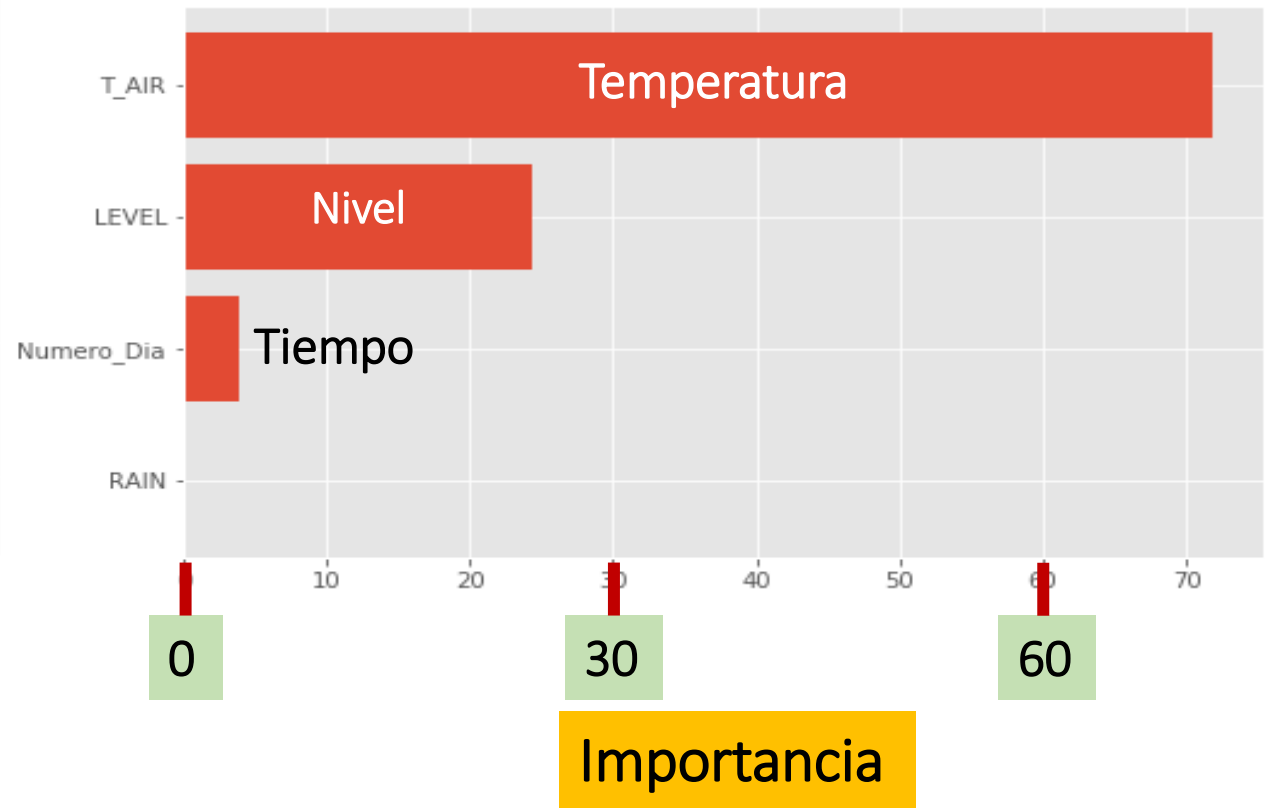
Son sencillos de implementar

Son baratos

Bóveda alta



Arco-gravedad mediana



BRT

SmartDAM



Estudio de la presa y programación de rutinas de análisis de la seguridad

Implementación de la entrada y transmisión de los datos

Computación en la nube
o en los servidores del titular

Soporte técnico,
mantenimiento y actualizaciones



POLITÉCNICA

serpa 

Dam Safety Research



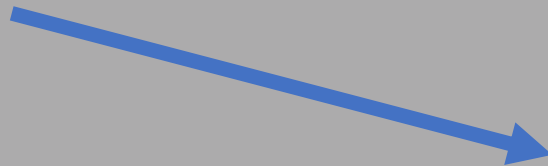
dacartec
SERVICIOS INFORMÁTICOS

ACIS 
INNOVACIÓN + INGENIERÍA



-  Dashboard
-  Ejecución Modelos
-  Entrenamiento Modelos
-  Comparación de modelos
-  Carga de Datos

ENVIAR DATOS



Dashboard (Resultado)

Ejecución de modelos

Entrenamiento de modelos

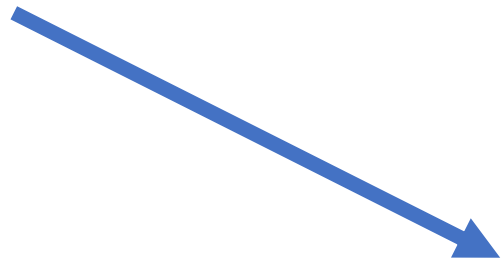
Comparación de modelos

Carga de datos



Choose File AC_PRS_SN.CSV

ENVIAR DATOS



Choose file

.CSV

Carga de datos





DATOS BÁSICOS

SELECCIÓN DE VARIABLES

VISTA PREVIA

SELECCIÓN MODELO

Variable objetivo*

P1_Radial_Aut_02Pen

Serie (instrumento)

Datos básicos

Datos disponibles Desde

06/07/2004

Datos disponibles Hasta

30/12/2018

Datos Entrenamiento Desde*

01/01/2017

Datos Entrenamiento Hasta*

31/12/2017

Datos Validación Desde*

01/01/2018

Datos Validación Hasta*

31/12/2018

Fechas para entrenamiento
Fechas para validación



Entrenamiento del modelo



DATOS BÁSICOS

SELECCIÓN DE VARIABLES

VISTA PREVIA

SELECCIÓN MODELO

LEVEL_01 S T ✓ Numero_Dia ✓ Cota_02Pen Cota_02Pen_MM2 Cota_02Pen_MM4 Cota_02Pen_MM7 Cota_02Pen_MM14 Cota_02Pen_MM30
Cota_02Pen_MM60 Cota_02Pen_MM90 Cota_02Pen_MM120 Cota_02Pen_MM150 Cota_02Pen_MM180 Tmax_01Dren Tmax_01Dren_MM2
Tmax_01Dren_MM4 Tmax_01Dren_MM7 Tmax_01Dren_MM14 ✓ Tmax_01Dren_MM30 ✓ Tmax_01Dren_MM60 ✓ Tmax_01Dren_MM90
Tmax_01Dren_MM120 Tmax_01Dren_MM150 Tmax_01Dren_MM180 Tmin_01Dren Tmin_01Dren_MM2
Tmin_01Dren_MM14 Tmin_01Dren_MM30 Tmin_01Dren_MM60 Tmin_01Dren_MM90 Tmin_01Dren_MM120
Tmed_01Dren Tmed_01Dren_MM2 Tmed_01Dren_MM4 Tmed_01Dren_MM7 Tmed_01Dren_MM10
Tmed_01Dren_MM90 Tmed_01Dren_MM120 Tmed_01Dren_MM150 Tmed_01Dren_MM180 Cota_02Pen_VEL14 Cota_02Pen_VEL30
Cota_02Pen_VEL60 Cota_02Pen_VEL90 Cota_02Pen_VEL120 Lluvia_01Dren Lluvia_01Dren_AG2
Lluvia_01Dren_AG4 Lluvia_01Dren_AG7 Lluvia_01Dren_AG14 Lluvia_01Dren_AG30 Lluvia_01Dren_AG60 Lluvia_01Dren_AG90 Lluvia_01Dren_AG120
Lluvia_01Dren_AG180

Selección de variables





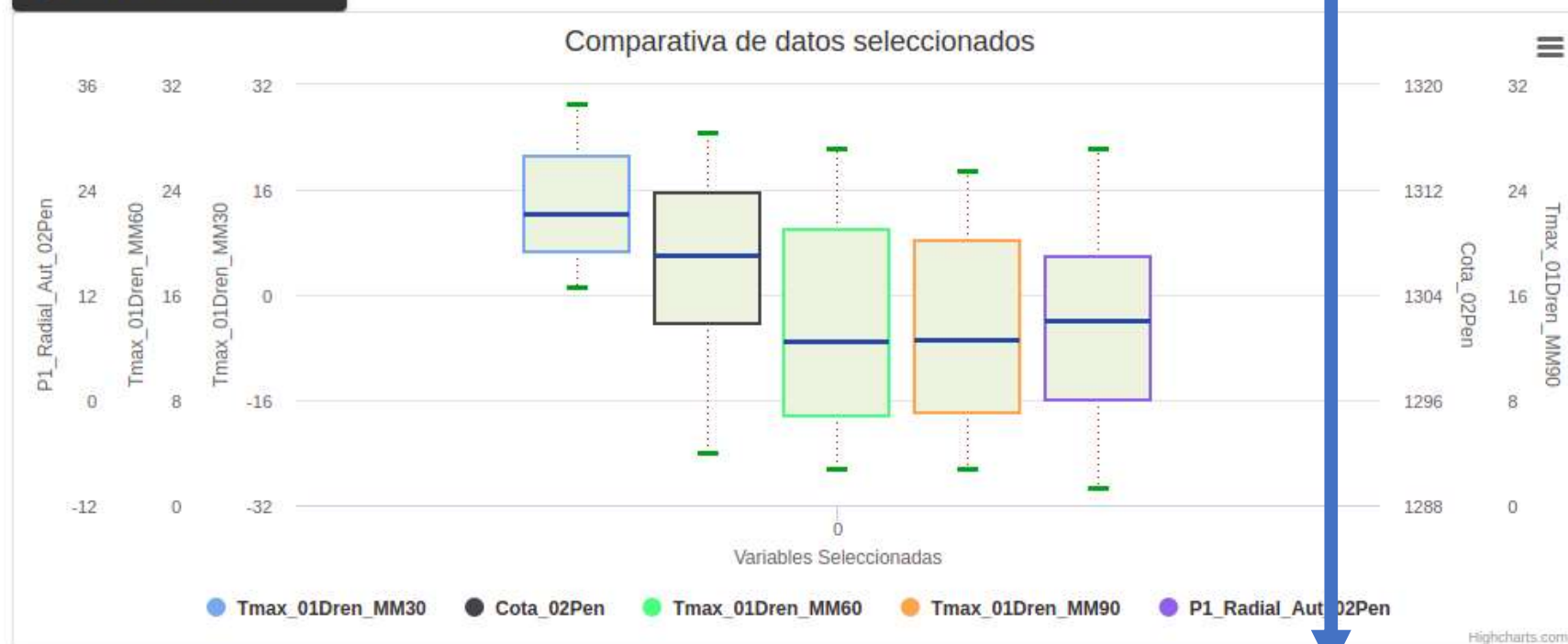
DATOS BÁSICOS

SELECCIÓN DE VARIABLES

VISTA PREVIA

SELECCIÓN MODELO

REFRESCAR DATOS



Tipo de Gráfica*

Boxplot ▾

Numero_Dia

✓ Cota_02Pen

✓ Tmax_01Dren_MM30

✓ Tmax_01Dren_MM60

✓ Tmax_01Dren_MM90

✓ P1_Radial_Aut_02Pen

Ejes X

Seleccione una opción ▾

GENERAR GRÁFICA

<

>

Vista previa



Nombre

Nombre Modelo*

modelo 1

SELECCIÓN DE VARIABLES

Descripción del modelo

modelo de ejecucion con variables de temperatura y cota, con todos los datos usados

Descripción

83 / 120

VISTA PREVIA

Modelo a ejecutar*

Radom Forest ▾

Modelo:
Random Forest

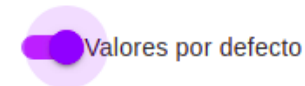
Porcentaje para test*

0.5

Iteraciones*

100

Parámetros del modelo



Valores por defecto

SELECCIÓN MODELO

Selección del modelo



Modelo a ejecutar*

Modelo 1 ▾

Nombre

Datos disponibles Desde

📅 06/07/2004

Datos disponibles Hasta

📅 30/12/2018

Datos Desde*

📅 01/01/2018

Datos Hasta*

📅 31/12/2018

Fechas para ejecución

🏁 EJECUTAR

Ejecución del modelo



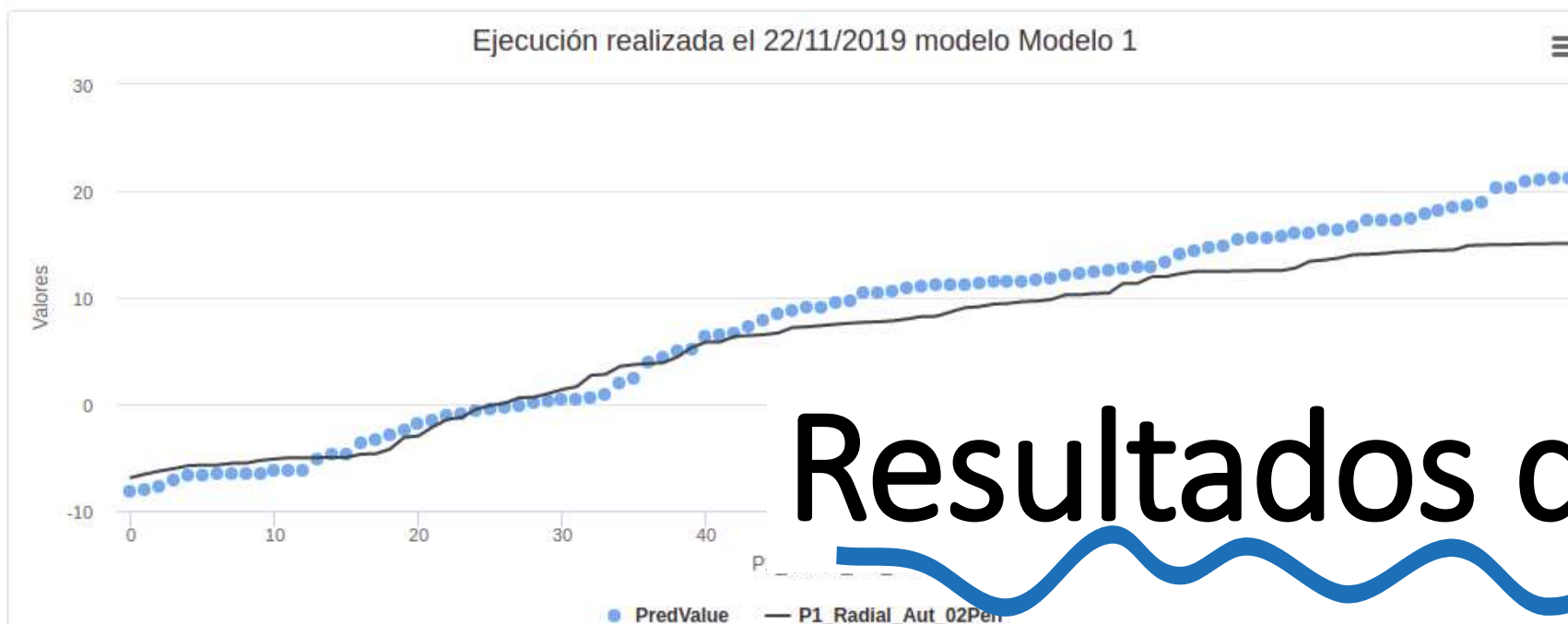


Estado	Sensor Objetivo	Fecha Ejecución	Configuración	Margen Error	Resultados
●	P1_Radial_Aut_02Pen				

Serie (Instrumento)

Estado

Tipo de gráfico



Tipo de Gráfica*

Scatter

✓ PredValue

P1_Radial_Aut_02Pen

Ejes X

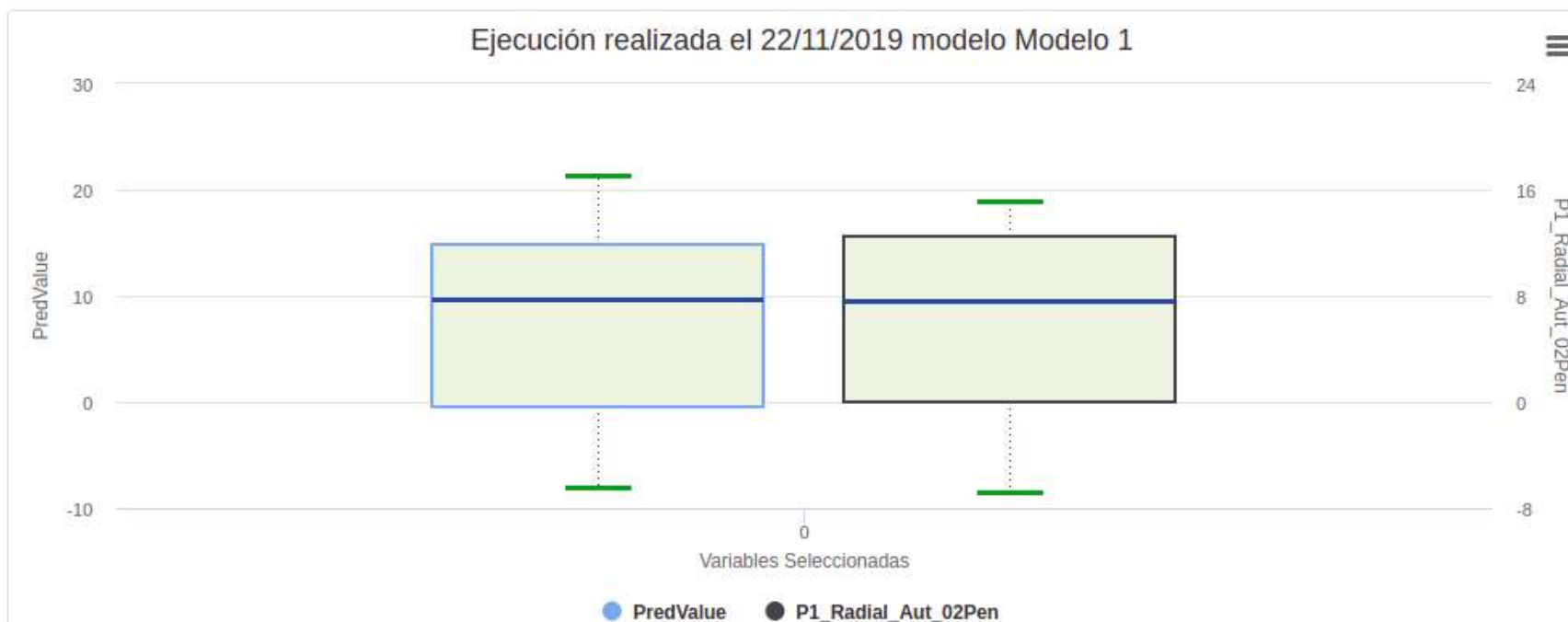
P1_Radial_Aut_02Pen

GENERAR GRÁFICA

Resultados del modelo



Estado	Sensor Objetivo	Fecha Ejecución	Configuración	Margen Error	Resultados
●	P1_Radial_Aut_02Pen				



Tipo de Gráfica*

Boxplot

✓ PredValue

✓ P1_Radial_Aut_02Pen

Ejes X

P1_Radial_Aut_02Pen

GENERAR GRÁFICA



Sel.	Modelo Ejecutado	Fecha Ejecución	Config	Margen Error	Resultados	Guardar	Descartar
☒	modelo2	22/11/2019					
☒	Modelo 1	22/11/2019					

Ejecución Desde*
01/01/2019

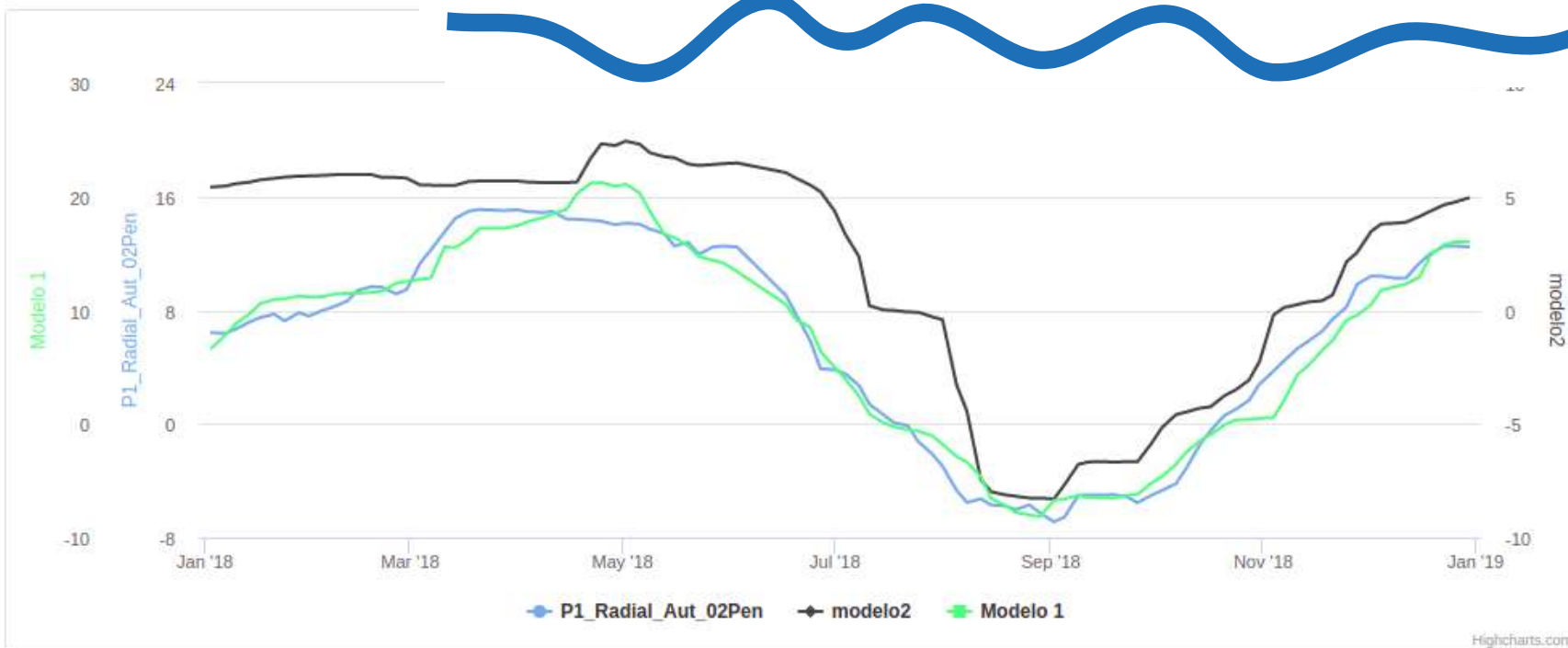
Ejecución Hasta*
31/12/2019

Variable Objetivo*
P1_Radial_Aut_02

BUSCAR

COMPARAR

Comparación de modelos



P1_Radial_Aut_02Pen

modelo2

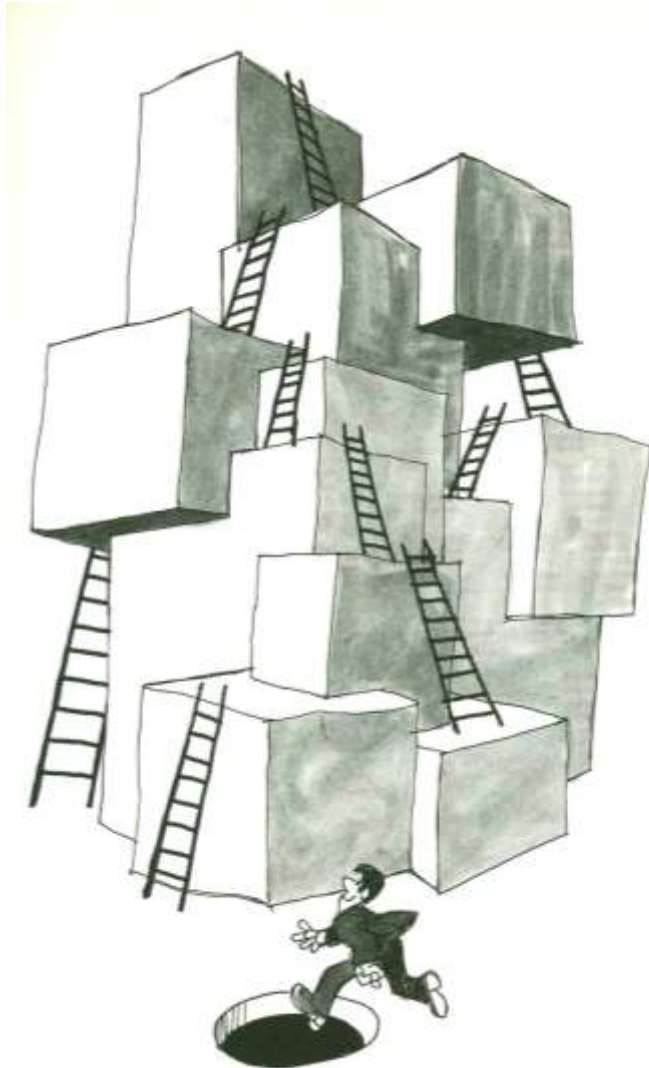
Modelo 1

Ejes X

Seleccione una opción

GENERAR GRÁFICA

Dificultades de los modelos numéricos basados en datos



Son más abstractos que los de base física

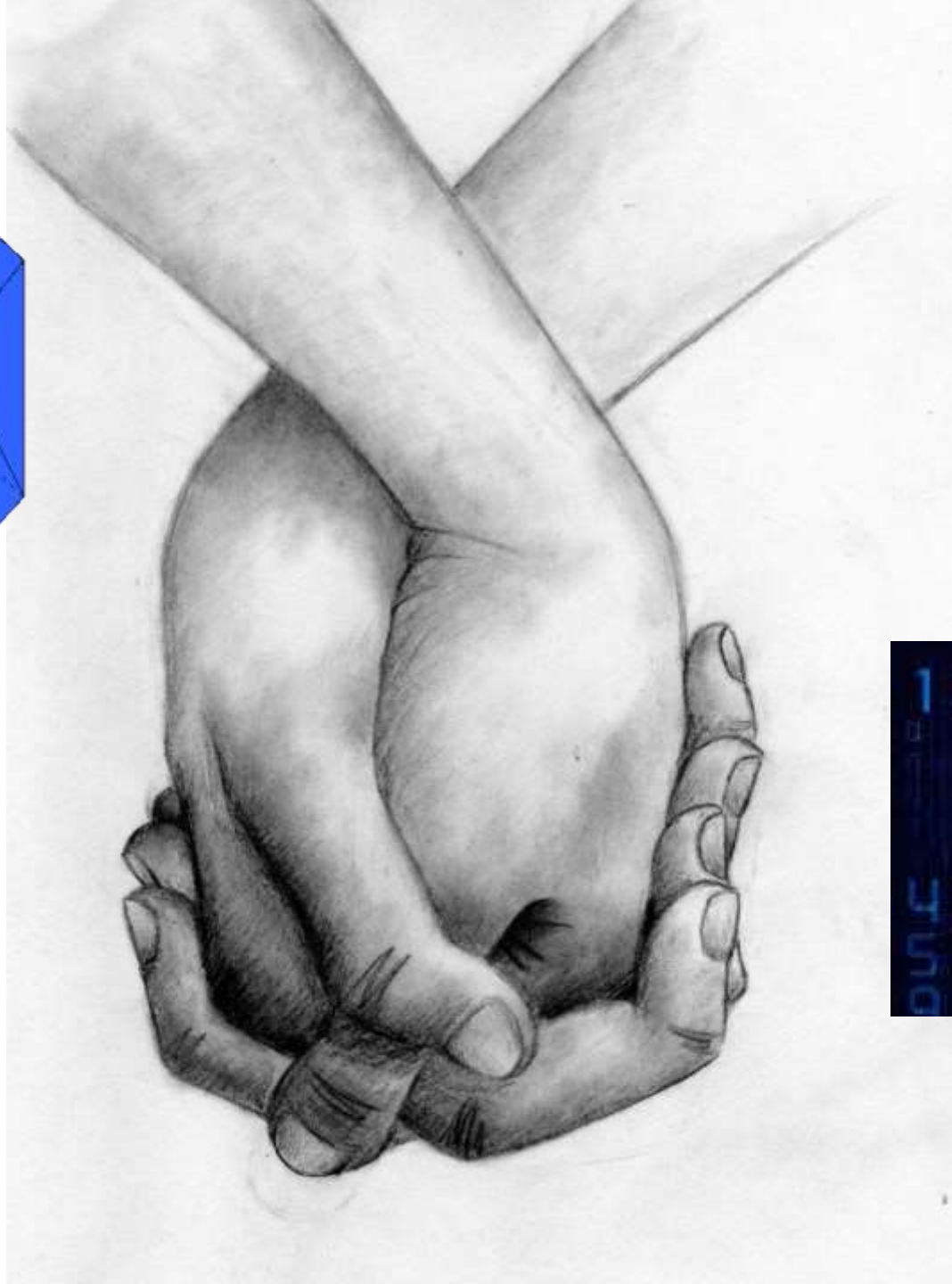
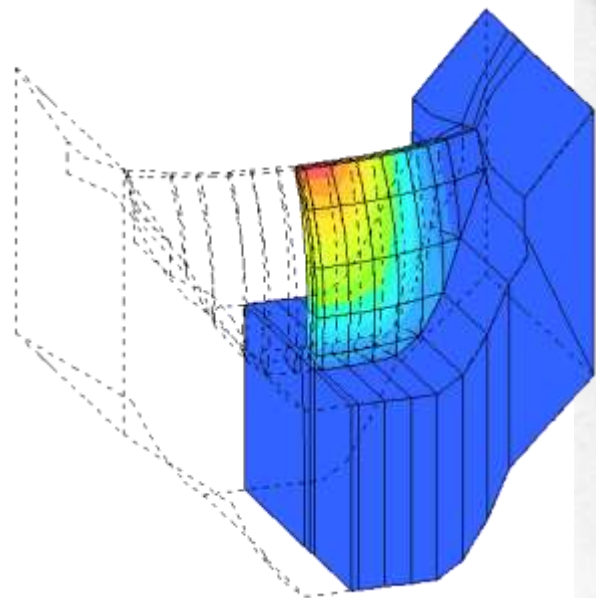
El ingeniero no los entiende (no sabe qué está haciendo)

Faltan antecedentes en la ingeniería de presas

Requieren la existencia de datos en cantidad suficiente

Sólo son aplicables para el rango de las variables en que se dispone de datos

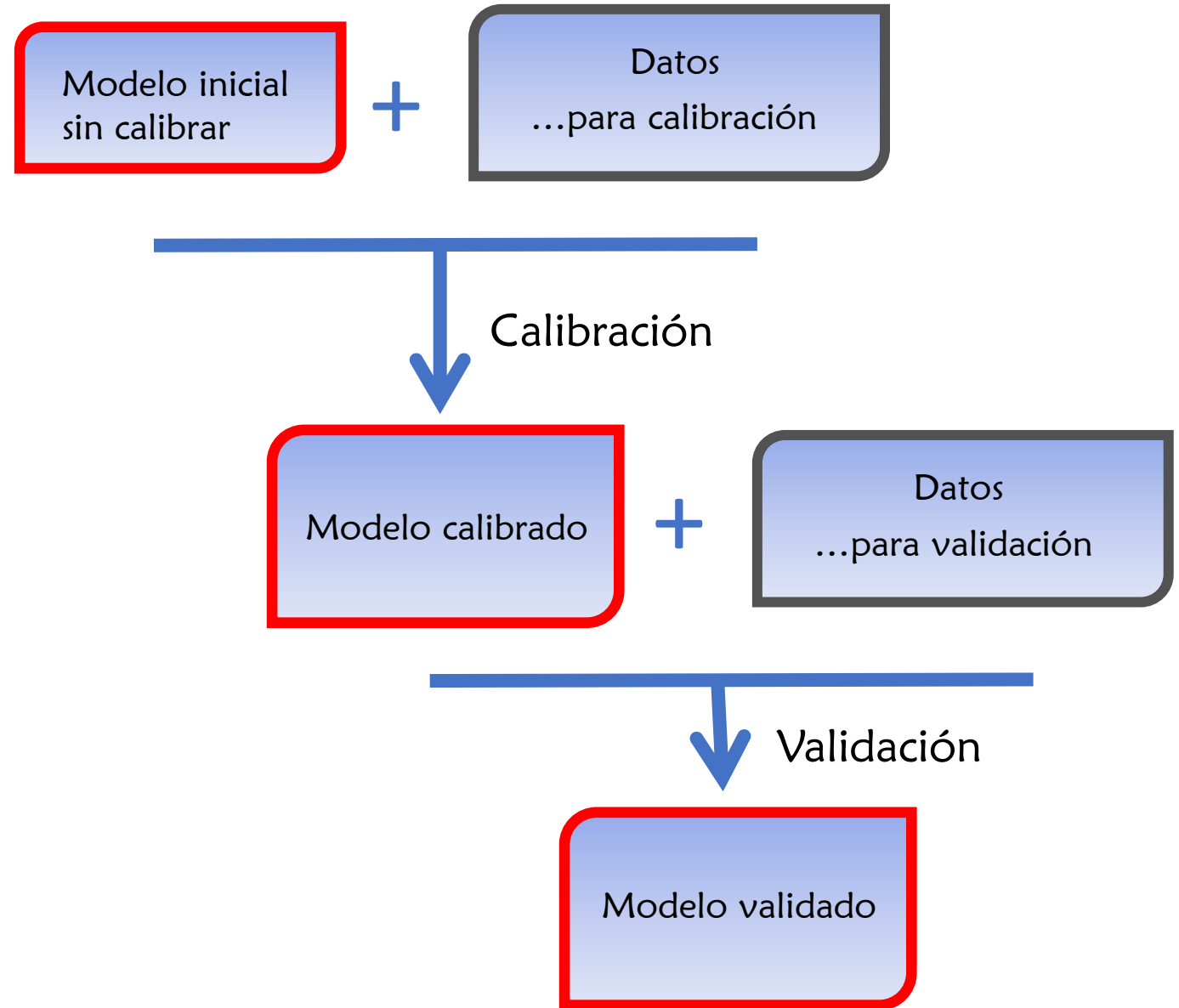
Faltan ingenieros expertos en estos modelos



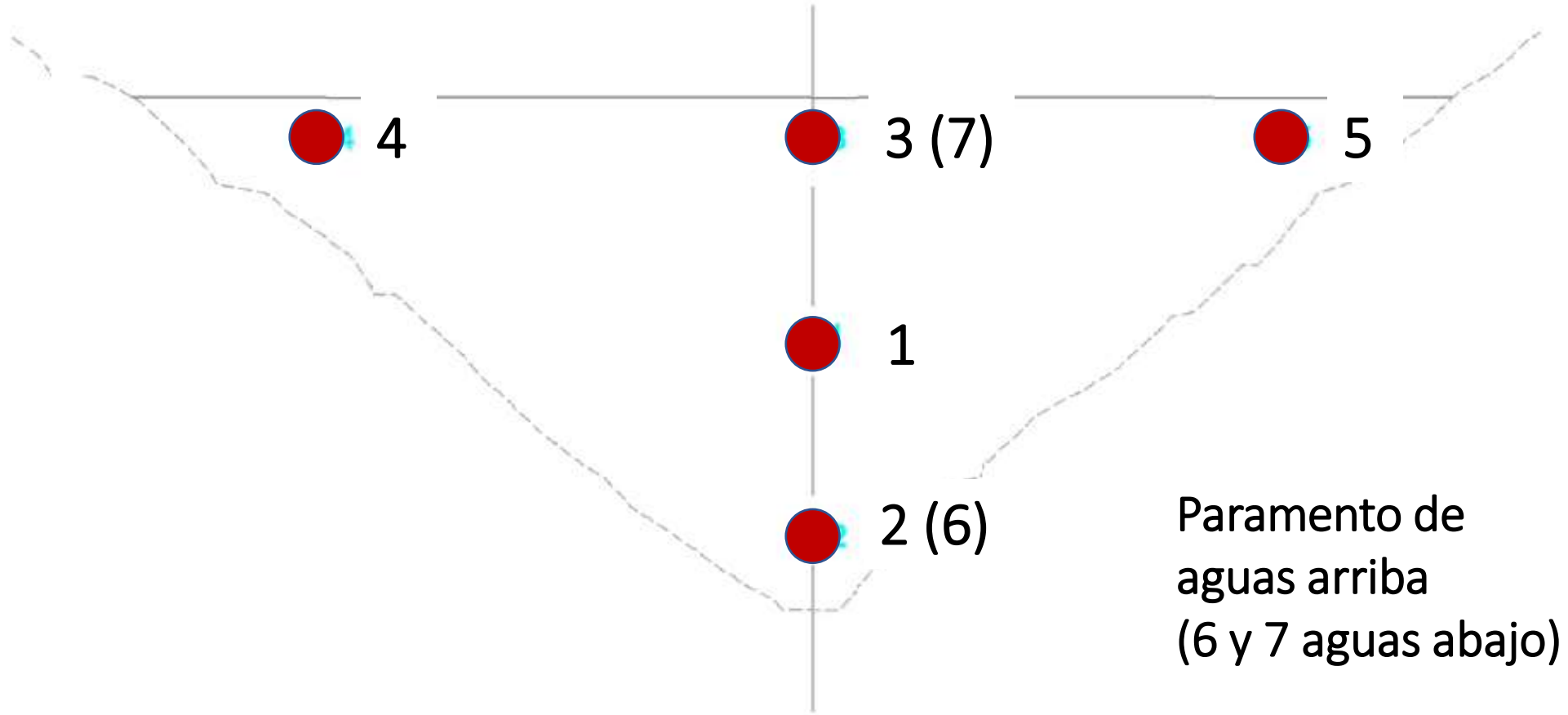
Calibración y Validación

...del modelo numérico
de base física

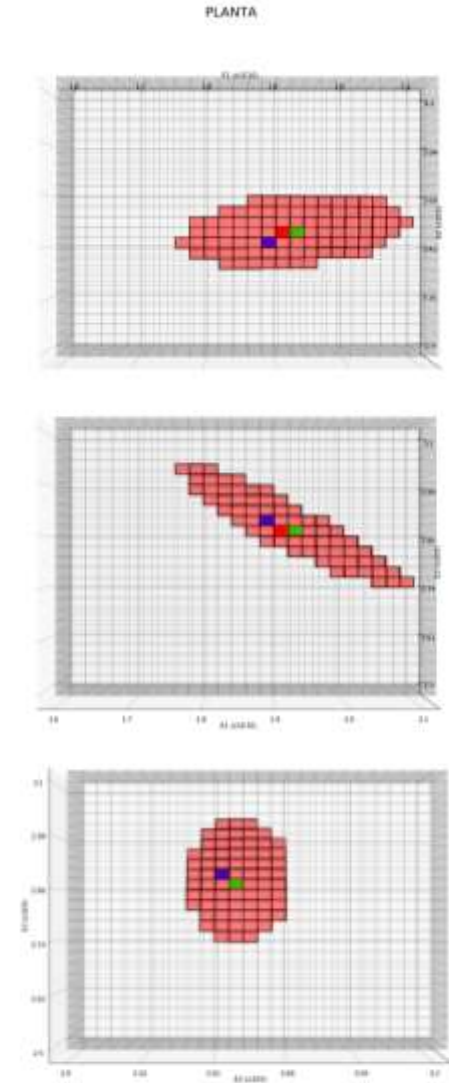
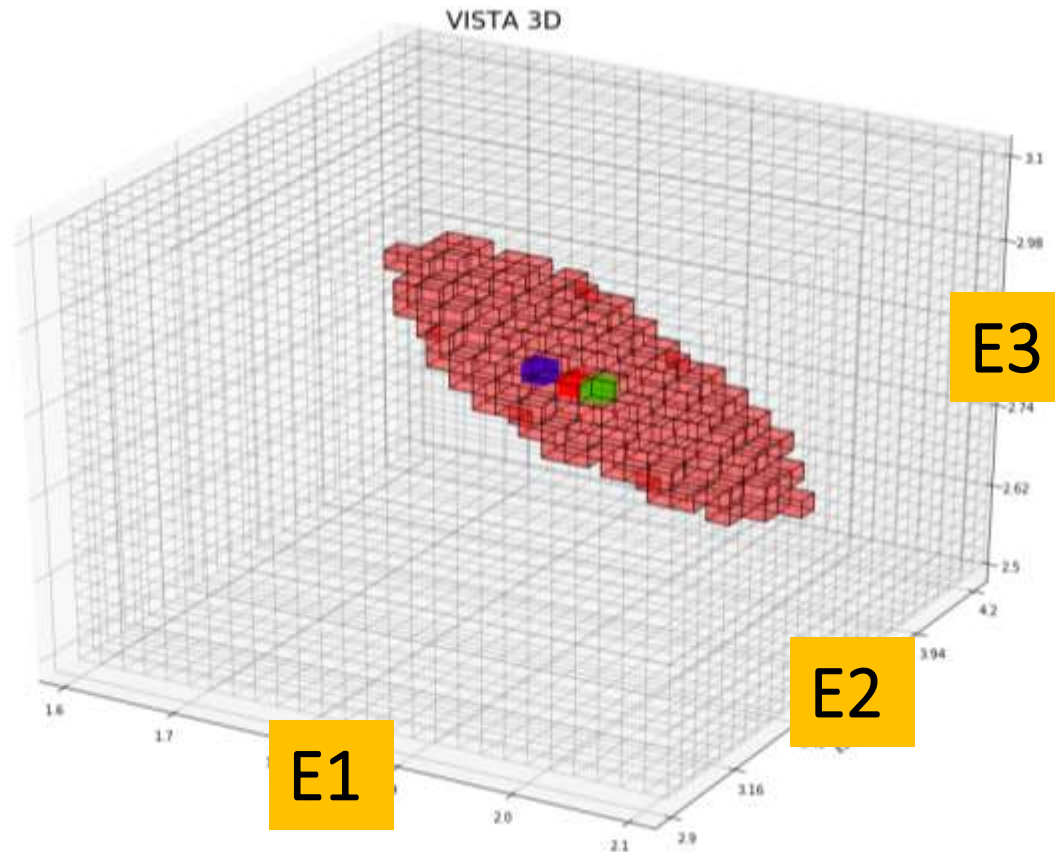
...con datos



Puntos de control de movimientos



El algoritmo NUMA permite un modelo más complejo y ajustado, y así más útil

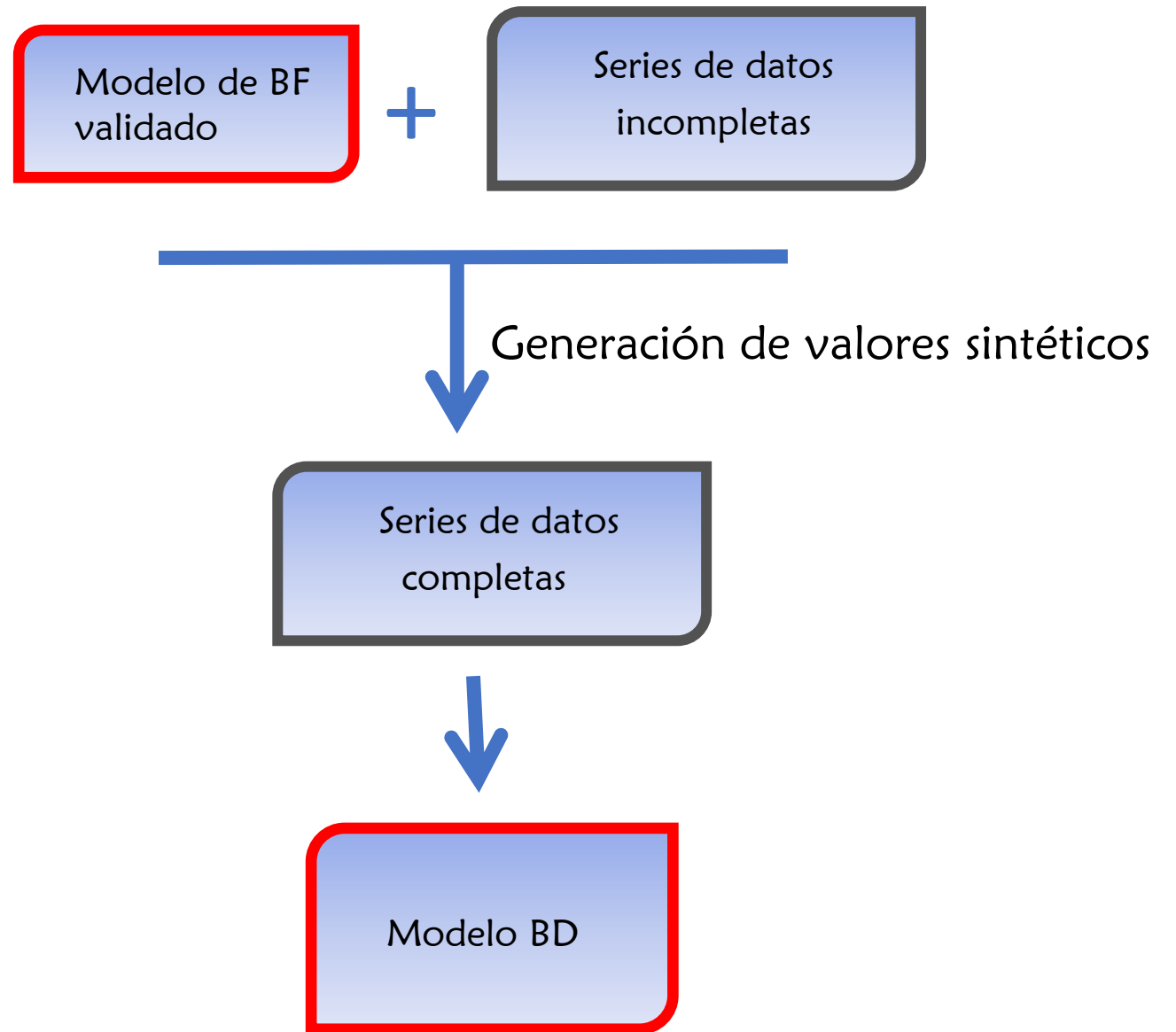


Relleno de series



...de datos registrados
...usando el modelo de BF

Posible extensión de series fuera
de rango de datos registrados
(como previsión a contrastar)



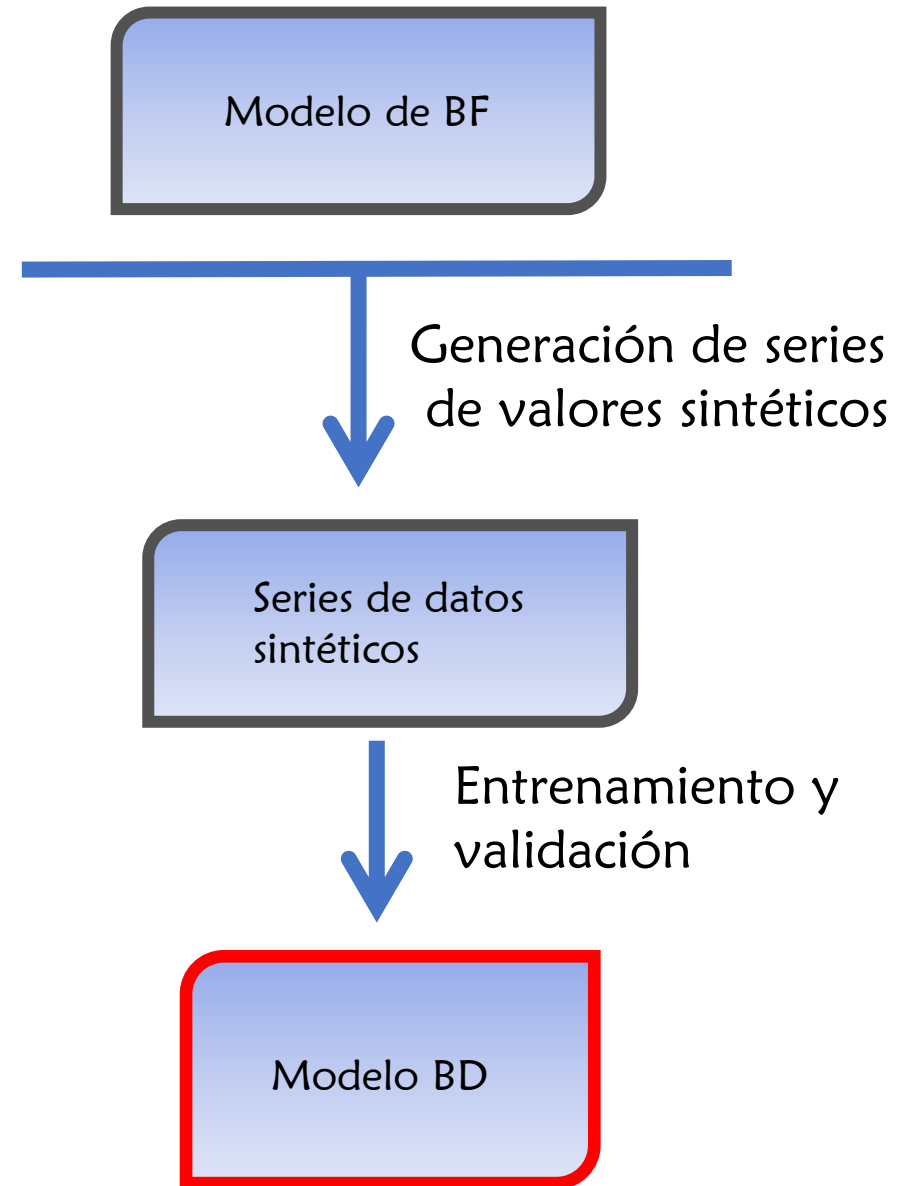
Modelos de datos basados en modelos de BF



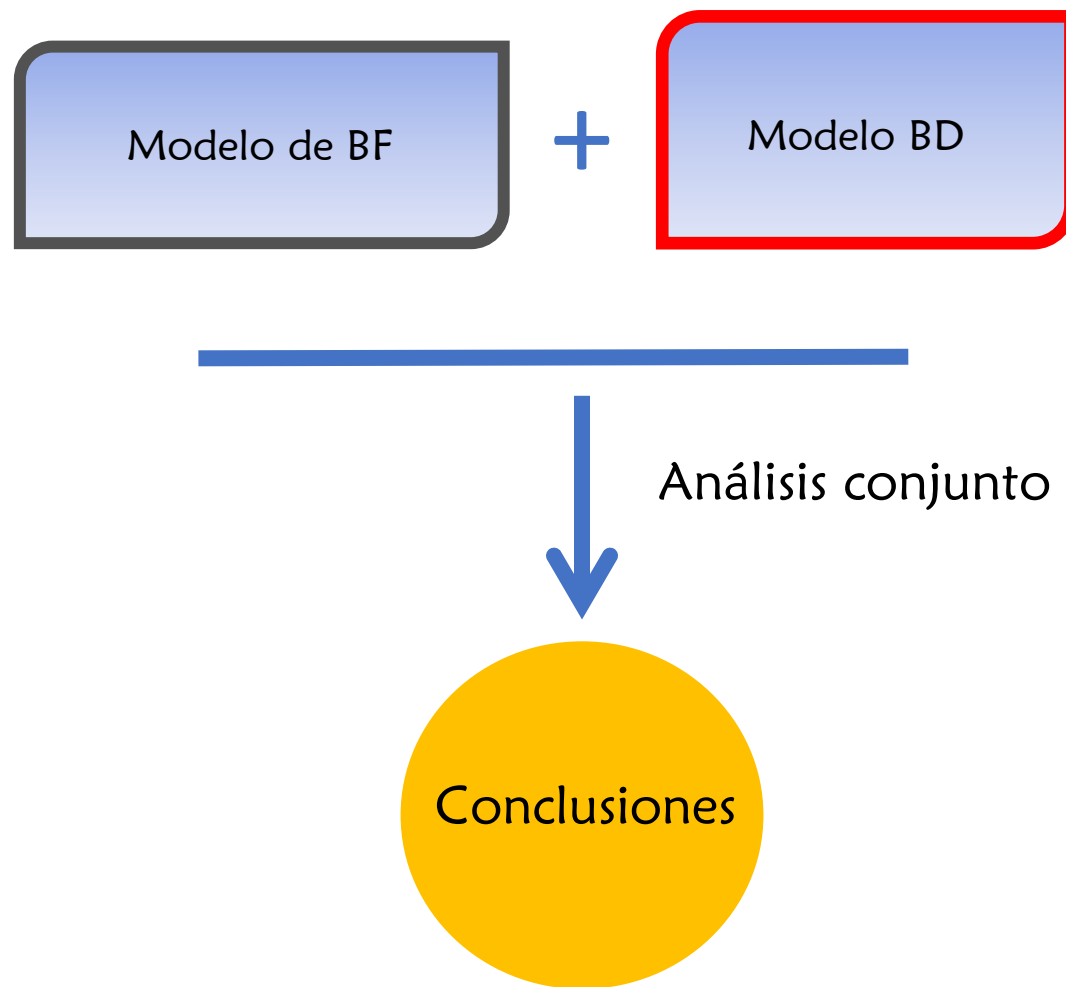
Explotación: Rapidez y sencillez

Diseño: Optimización

Investigación: Generación amplia de casos
a partir de menos casos
de modelos numéricos de
base física para su análisis



Análisis conjunto





A Ideas clave

Realidad / prototipo

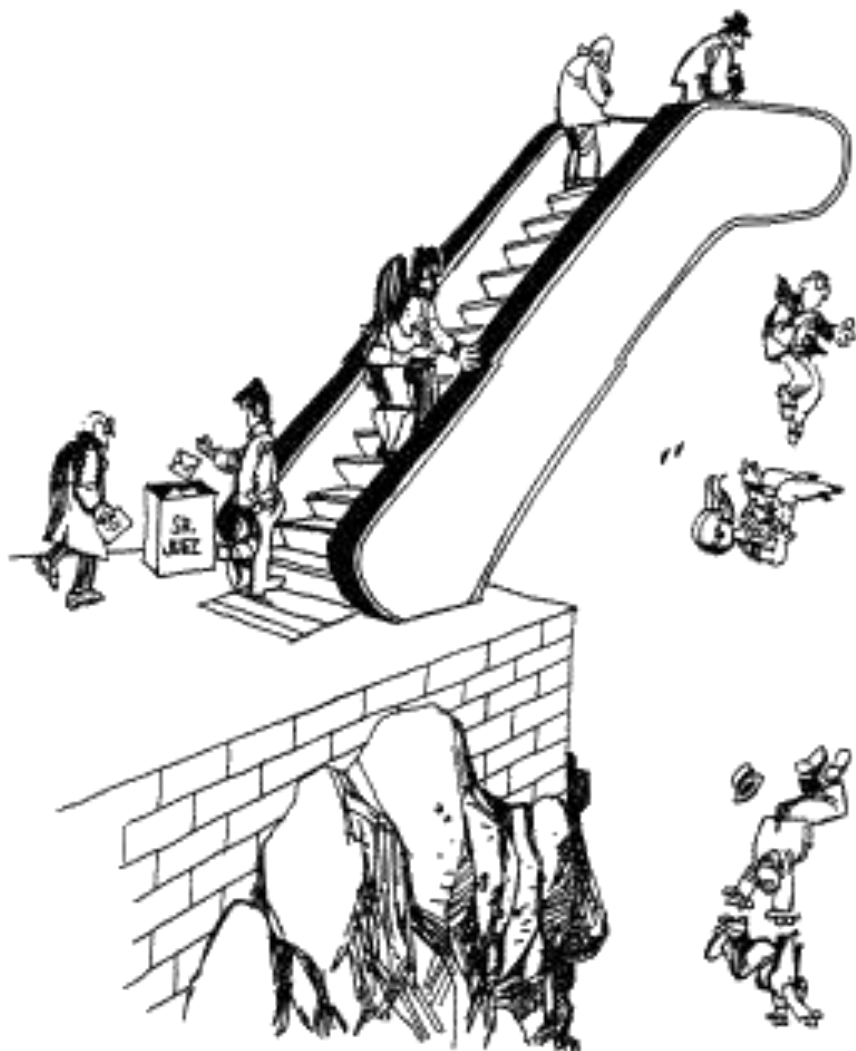
Comportamiento/funcionamiento...
...mecánico, hidráulico, térmico...
...de presa, aliviadero, desagüe...

Objetivo

Diseño...
Estudio de la seguridad...
Investigación...

Combinación de modelos

Conceptual...
Numérico de base física...
Numérico basado en datos...
Físico...



Evitemos elaborar modelos inútiles

...que no sólo son inútiles,
también son peligrosos



Tres consejos...

Verificar, verificar y verificar...



Meter el dedo en la llaga insistentemente siempre que sea posible

Coste de los modelos frente a coste de los no-modelos...

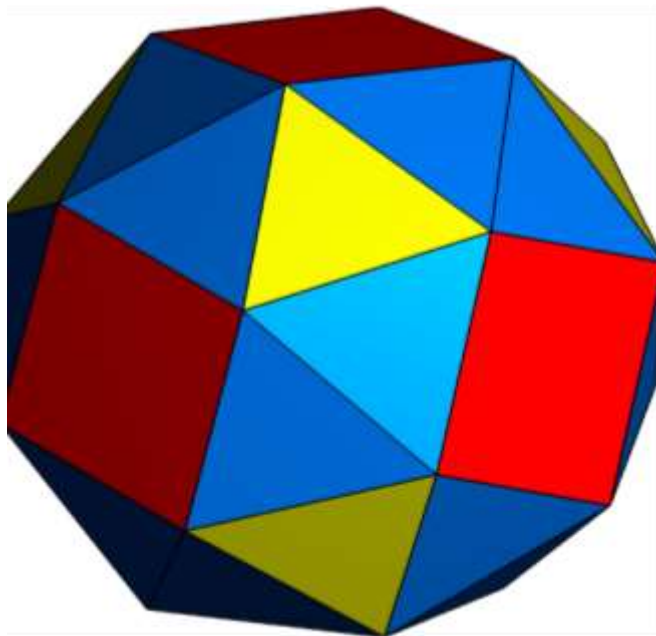


...también coste de seguridad, ambiental, funcional...



Los modelos permiten optimizar la eficiencia

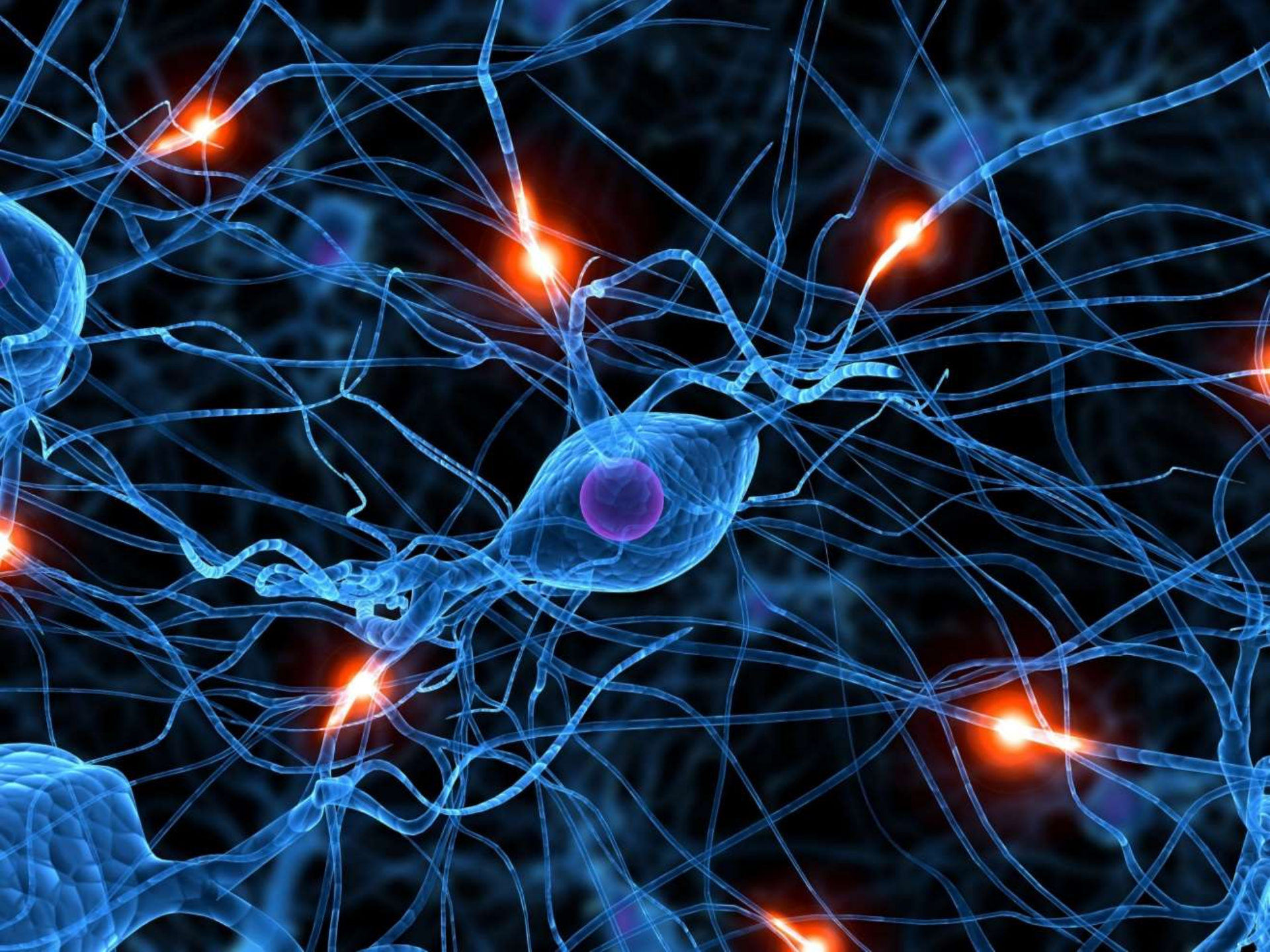




Vamos hacia un uso conjunto de modelos diversos...



...para optimizar la eficiencia





Los modelos basados en datos mediante *machine learning*...

...ya están aquí, y llegan para quedarse
(afortunadamente; ya era hora)

Los modelos basados en datos mediante *machine learning*...

...ya están aquí, y llegan para quedarse
(afortunadamente; ya era hora)

miguelangel.toledo@upm.es



POLITÉCNICA

serpa 

Dam Safety Research

RESEARCH GROUP
ON HYDROINFORMATICS
AND WATER MANAGEMENT