



JORNADA SOBRE MODELACIÓN NUMÉRICA EN INGENIERÍA DE PRESAS

MORALET: MODELO HIDRÁULICO BIDIMENSIONAL EN ENTORNO 3D

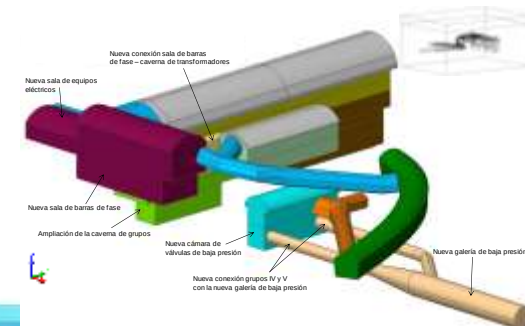
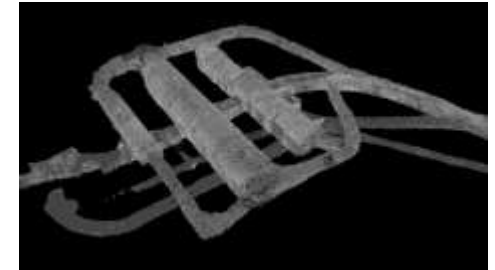
PROTECCIÓN DE CENTRALES EN CAVERNA FRENTE A INUNDACIONES



Modelos bidimensional en 3D. Protección de Cavernas

1. Introducción

- El **objeto** del Estudio fue **verificar la protección** de una **Central en Caverna** ante **inundaciones y proponer mejoras** que la salvaguarden de situaciones catastróficas.
- Las **Centrales en Caverna** suelen estar fuertemente **protegidas** frente al **Riesgo de Incendio**, contando con equipos de uso exclusivo para este fin, como pueden ser Sistemas Contraincendios, Cámaras de Aislamiento o rutas de evacuación dedicadas.
- Sin embargo, están no están diseñadas para hacer frente a una inundación (el sistema de **drenaje se diseña para roturas de equipos auxiliares**). Una **rotura de un sistema hidráulico mayor**, pondría en **riesgo** tanto las **personas** como los **equipos** instalados.
- La **dificultad** del Estudio radica en la **geometría tridimensional** de los espacios, constituida por **múltiples Cavernas y Galerías** comunicadas entre sí.

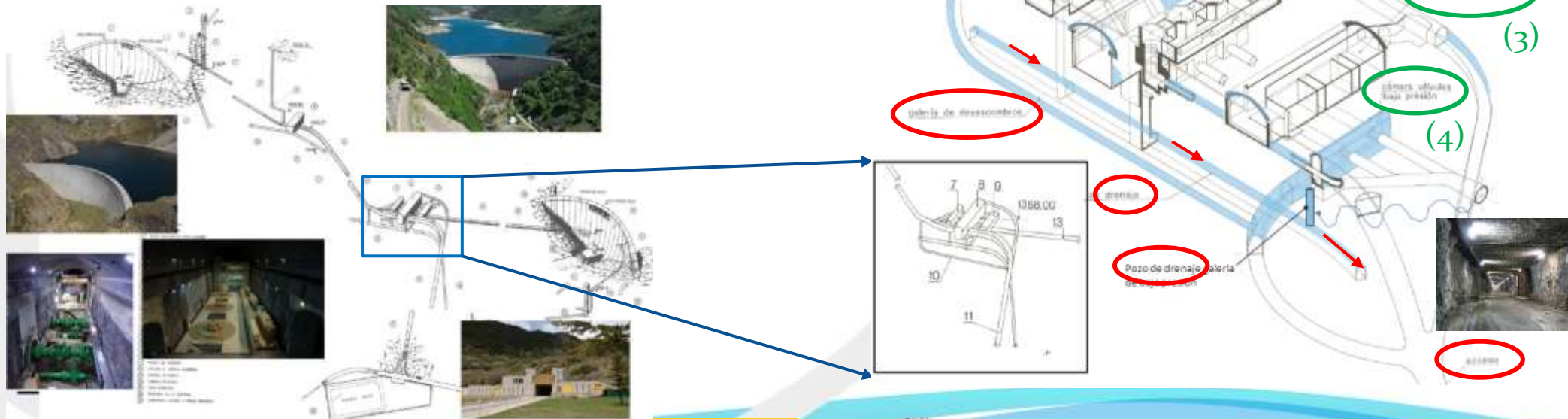


Modelos bidimensional en 3D. Protección de Cavernas

1. Introducción

- La central empleada como **Modelo del Estudio** es la **CHB Moralets**, habiéndose identificado como Zonas de Riesgo por inundación para personas y equipos:

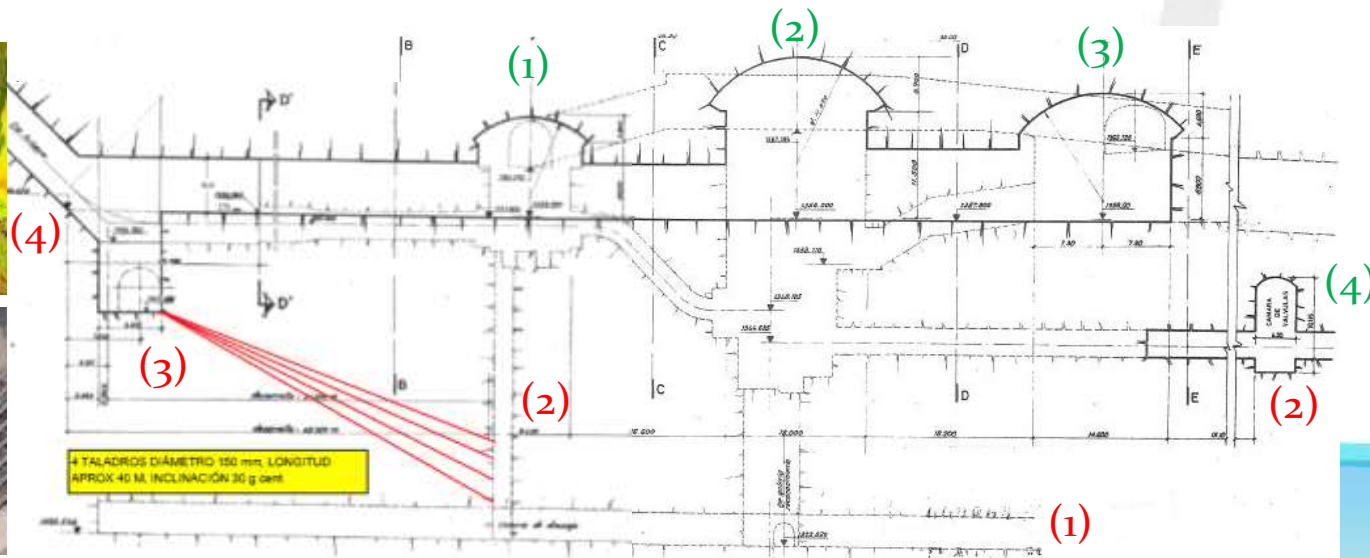
- (1) Caverna de **Válvulas de Alta Presión**.
- (2) Caverna de **Grupos y Excitatrices**.
- (3) Caverna de **Transformadores**.
- (4) Caverna de **Válvulas de Baja Presión**.



Modelos bidimensional en 3D. Protección de Cavernas

2. Situación Actual

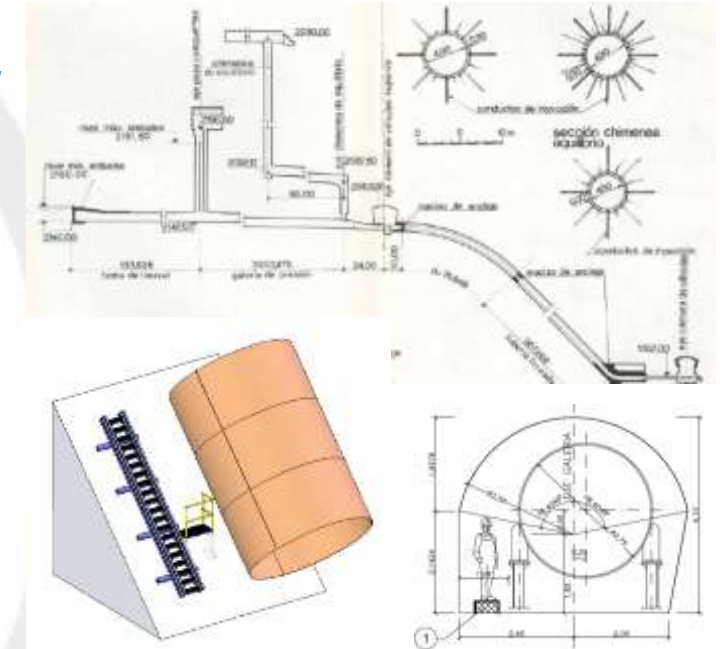
- Los elementos de *drenaje y seguridad hidráulica* instalados son:
 - (1) *Galería de drenaje* en la cota inferior con $28 \text{ m}^3/\text{s}$ de capacidad.
 - (2) *Pozos de drenaje* en Salas de Válvulas de Alta y Baja Presión con $8 \text{ m}^3/\text{s}$ de capacidad cada uno (equivalente a la rotura del By-Pass).
 - (3) *Drenaje de filtraciones del Macizo*, en la parte inferior de la Galería de la Tubería Forzada con Galería de desescombro (con $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ de capacidad).
 - (4) *Cierre por sobre-velocidad* en 80 s , en Cámara de Válvula Superior, al inicio de la Tubería Forzada.



Modelos bidimensional en 3D. Protección de Cavernas

2. Situación Actual

- Se consideró que una **Rotura** de la **Tubería Forzada supondría el mayor riesgo para las instalaciones**, dadas sus características:
 - Tubería aérea instalada en el interior de una Galería.
 - Dimensiones : 1,0 km de Φ 2,5 m (medio) = **6.465 m³**.
 - Caudal máximo de 30 m³/s (cierre en **80 seg.**) = **1.125 m³**.
 - Carga de agua máxima** en el codo inferior: **800 m**.
 - Longitud de virola de Tubería Forzada: 2,5 m.
- Apertura de 1 virola puede producir:
 - Caudal punta para **rotura parcial** en Codo inferior de la Tubería Forzada: **95 m³/s**.
 - Caudal punta para **rotura completa** en Codo inferior de la Tubería Forzada: **375 m³/s**.

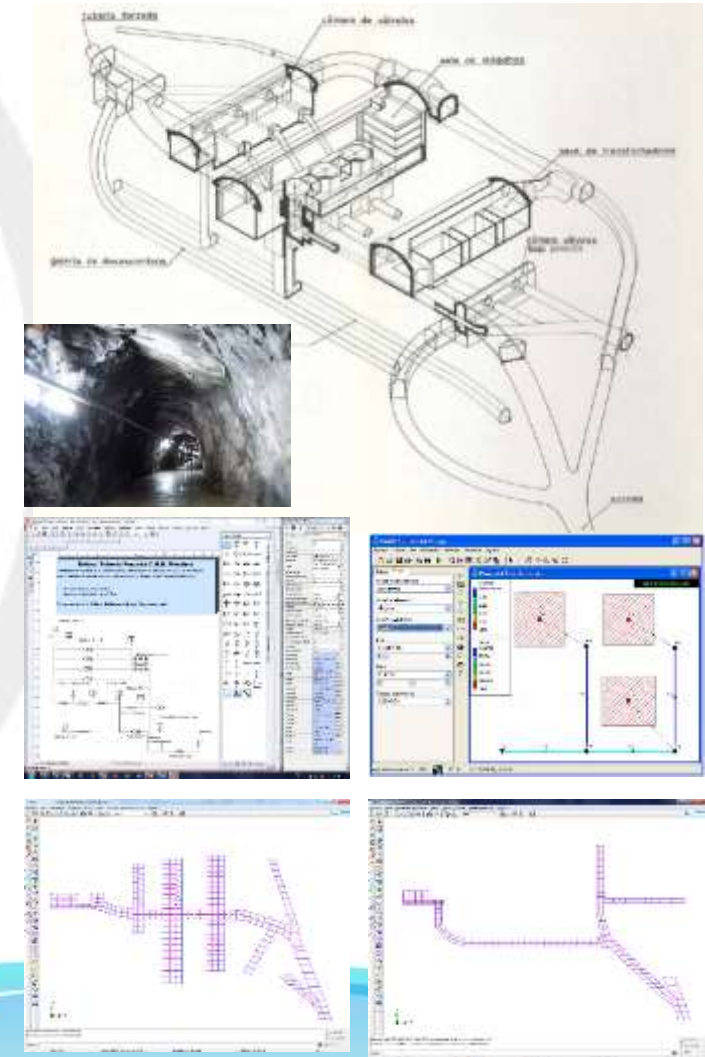


Ancho brecha (m)	Área brecha (m ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo vaciado tubería (s)
0.00	0.00	0	0
0.10	0.25	19	673
0.20	0.50	38	336
0.30	0.75	56	224
0.40	1.00	75	167
0.50	1.25	94	134
1.00	2.50	188	66
1.50	3.75	282	44
2.00	5.00	376	33
2.50	6.25	470	26

Modelos bidimensional en 3D. Protección de Cavernas

3. Solución adoptada y Selección del Modelo Hidráulico

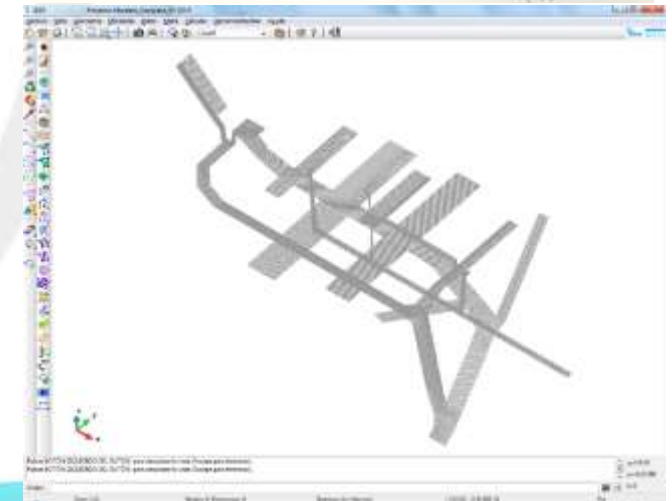
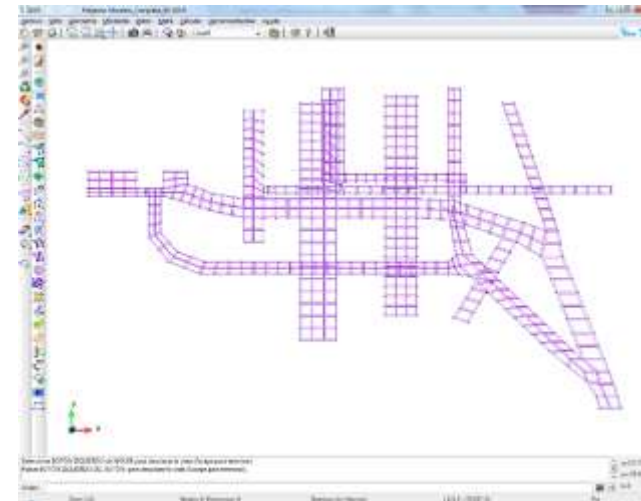
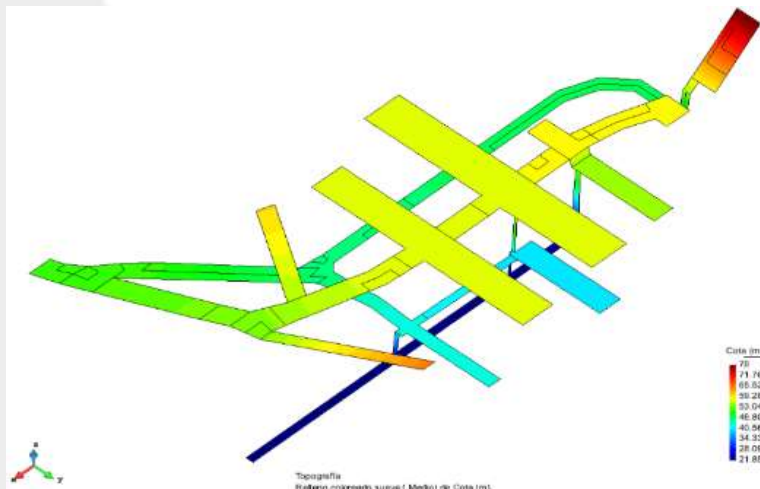
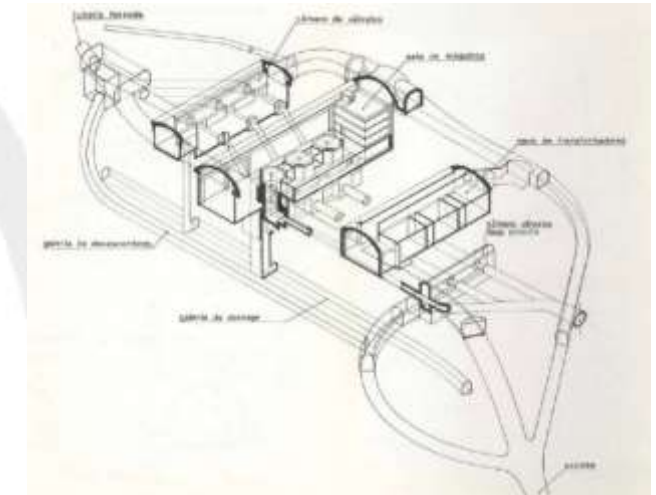
- Dada la envergadura de la onda de avenida esperable y la capacidad del drenaje actual de la Central, se decide crear un “**Estanque de tormentas**” laminador aprovechando las “estancias inútiles” existentes: **Galería de Desescombro** de la Tubería Forzada.
- Una vez seleccionada la potencial solución se tantearon diferentes Software de modelización que permitieran reproducir de forma “fiable” la situación actual y la solución adoptada:
 - Estudio preliminar: **Hoja de Cálculo**, aplicando Bernoulli.
 - Primera modelización: **SWMM 5.1**, para **alcantarillados**, en **presión** o en **lámina libre**. Inconveniente: **tipo de elementos** y sin **redes malladas**.
 - Segunda modelización: **Wanda 4.2**, para **redes de tuberías**, a **presión o lámina libre**. Inconveniente: simplificaciones al **esquematizar el sistema mediante elementos**.
 - Tercera modelización: **Iber 2.3.2**, para simulación **bidimensional** de cauces **en lámina libre**. Inconveniente: “**im-posibilidad**” de **resolver geometrías tridimensionales**



Modelos bidimensional en 3D. Protección de Cavernas

3. Solución adoptada y Selección del Modelo Hidráulico

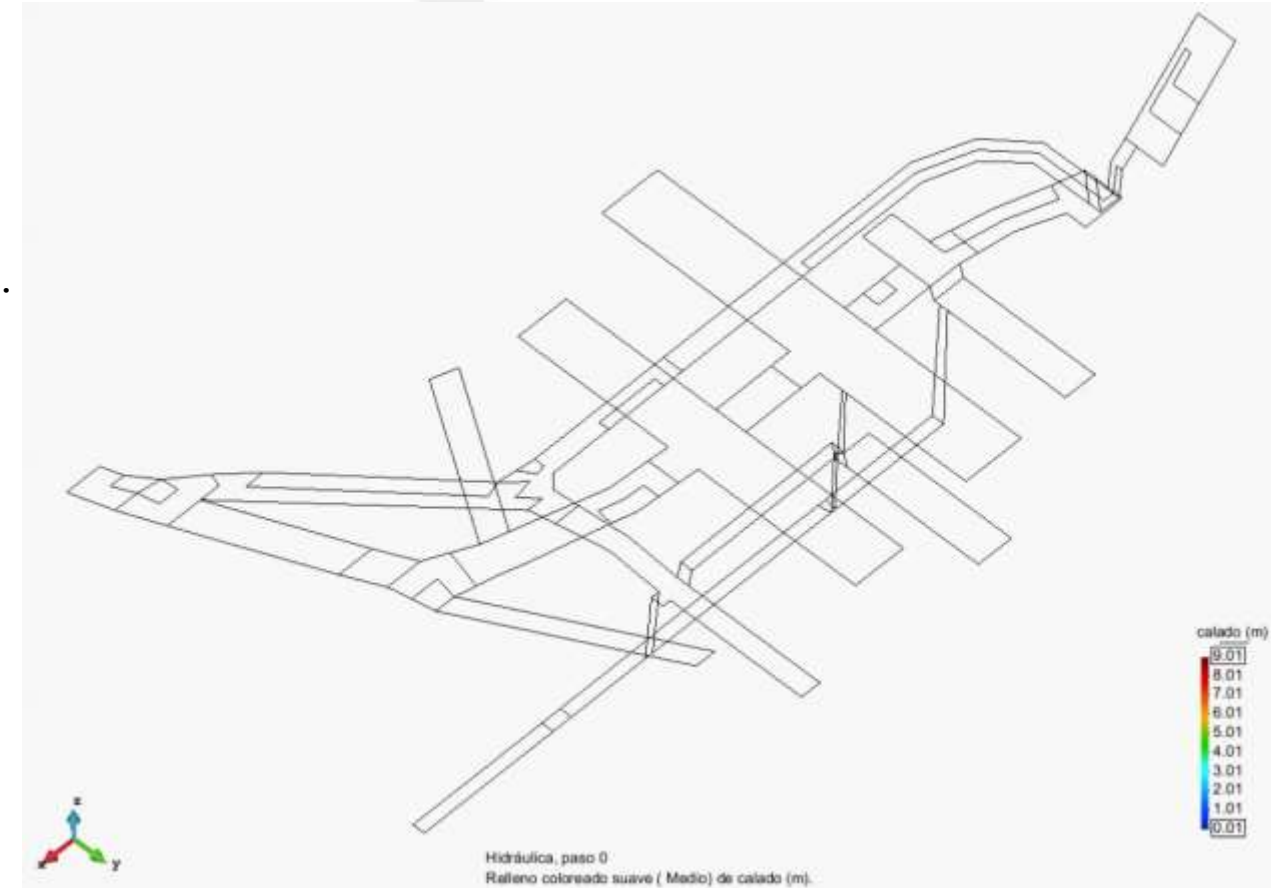
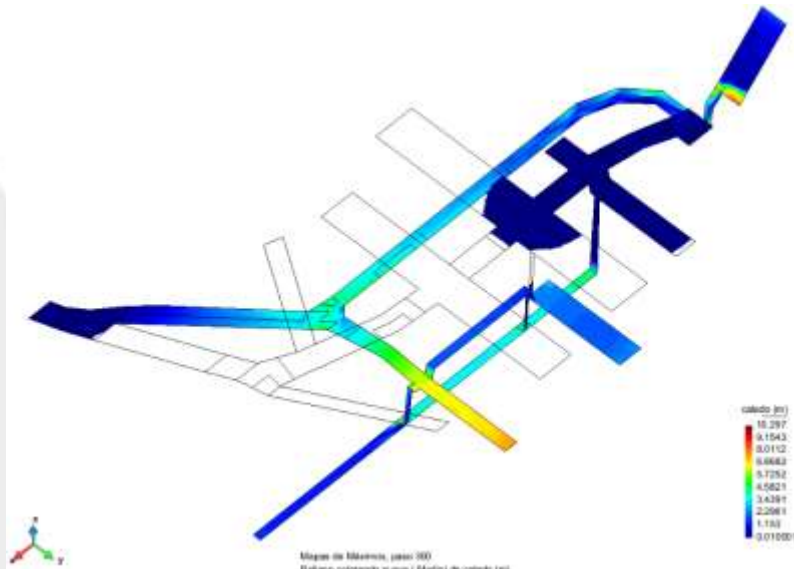
- Cuarta modelización: Iber 2.3.2 con **geometría tridimensional** y superposición de espacios a diferente cota.
- Conexión de diferentes áreas de forma mallada con **reproducción “realista”** de la configuración de Cavernas y Galerías.
- **Comparación** del Modelo Iber 2.3.2. con la **infografía** de la Central en Caverna.



Modelos bidimensional en 3D. Protección de Cavernas

4. Modelizaciones de la Situación Actual

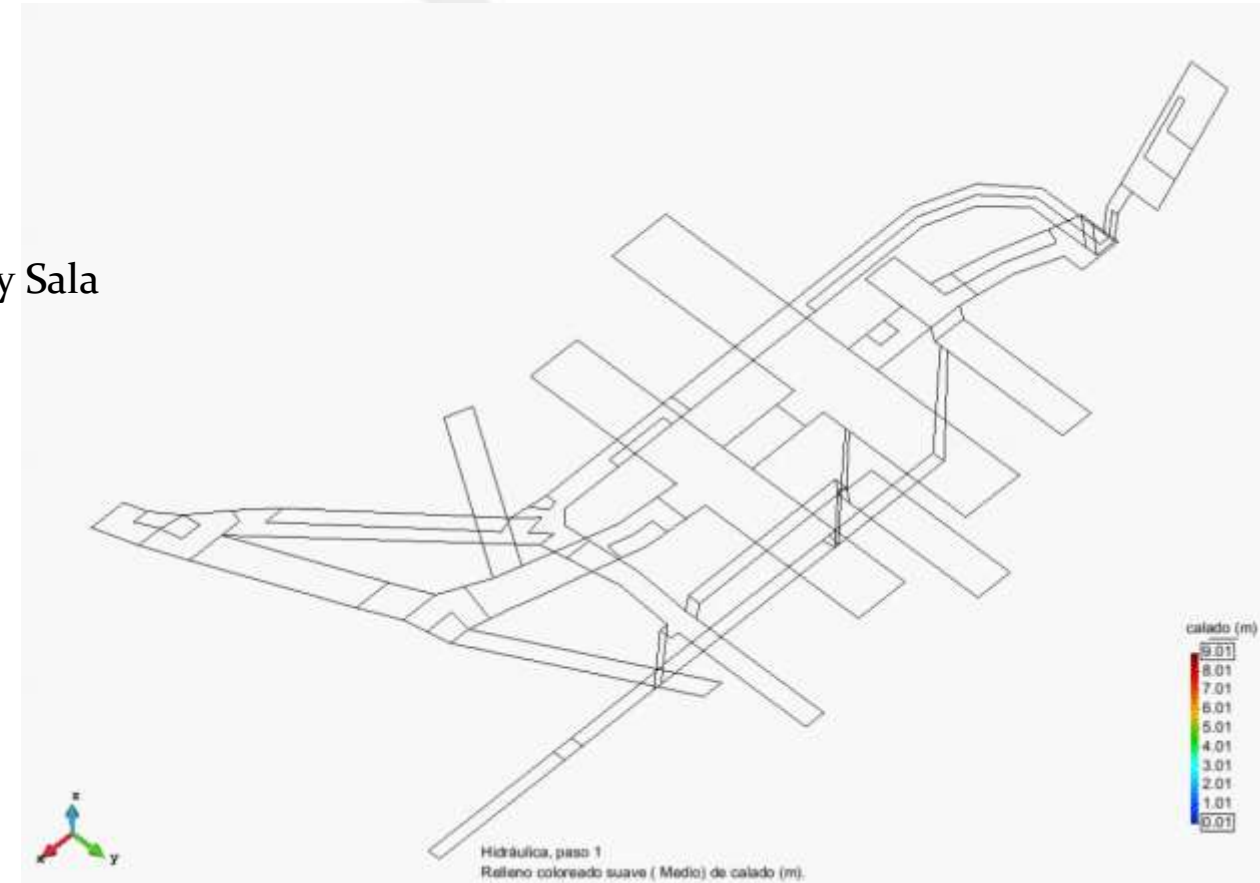
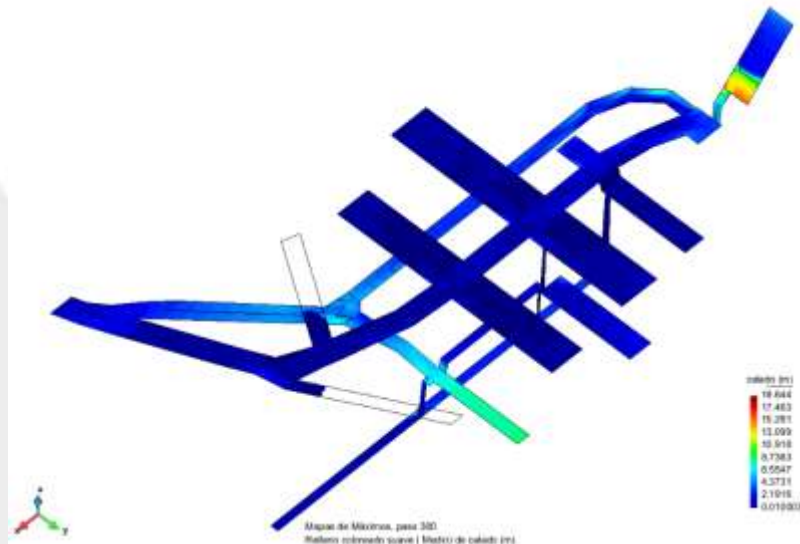
- *Rotura Parcial de virola.*
 - Caudal punta de $95 \text{ m}^3/\text{s}$:
 - Alcanza levemente la Planta Superior.
 - Con Daños graves en **CVBP** y **Sala Pivotes**.



Modelos bidimensional en 3D. Protección de Cavernas

4. Modelizaciones de la Situación Actual

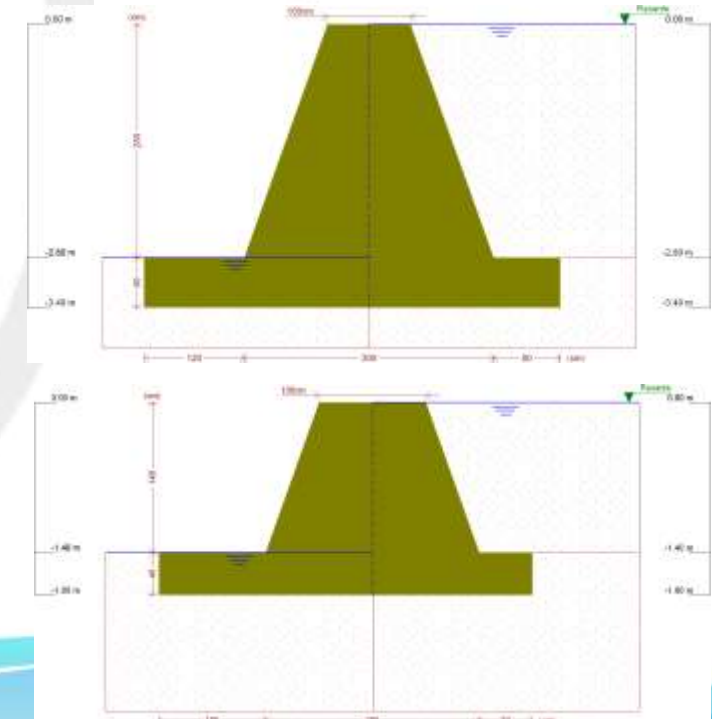
- **Rotura Completa de virola**
 - Caudal punta de 375 m³/s:
 - Alcanza la Planta Superior.
 - Daños graves en CVAP-BP, Sala Grupos y Sala Transformadores.



Modelos bidimensional en 3D. Protección de Cavernas

5. Modelizaciones de Actuaciones de Protección

- Las actuaciones definidas para **laminar** los daños de la **Rotura Parcial** es crear **estanque de tormentas** con:
 - Dique de 2,8 m** de altura (3,4 m desde cimientos) al final de la galería: laminar la onda de rotura.
 - Dique de 1,4 m** de altura (2,8 m desde cimientos) a mitad de la galería (disipar energía de la onda).
 - 2 drenes de Φ 400 mm**, previos a los diques (facilitar el rápido vaciado).
- Las actuaciones definidas para proteger frente a la **Rotura Completa** es **aislar** la planta superior con:
 - Macizo de Hormigón en Masa** en el acceso a la Tubería Forzada hacia la Sala de Grupos y CVAP.

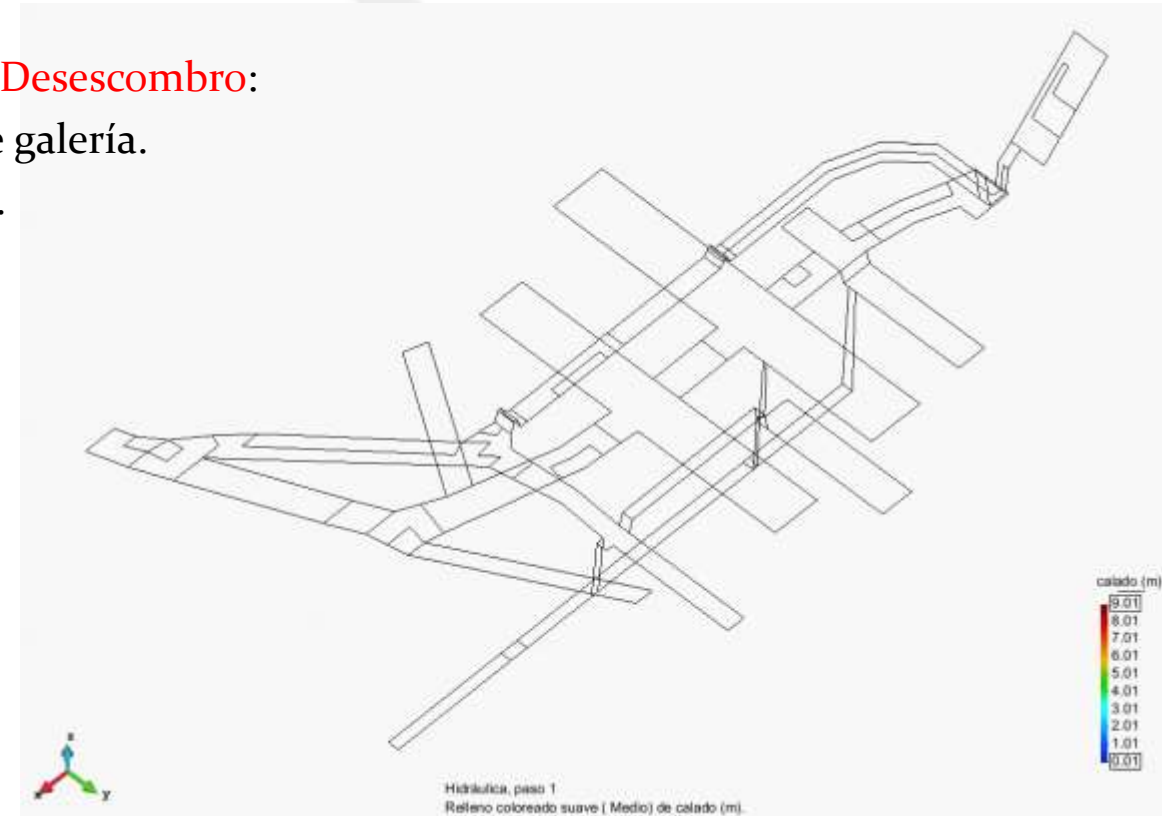


Modelos bidimensional en 3D. Protección de Cavernas

5. Modelizaciones de Actuaciones de Protección

- ***SOLUCIÓN ADOPTADA. Rotura Parcial de virola.***

- Creación de **estanque de tormentas** en **Galería de Desescombro**:
 - Dique disipador de energía de 1,4 m a mitad de galería.
 - Dique laminador de 2,8 m al final de la galería.
 - Dos drenes de Φ 400 mm junto a diques.
 - Daños Leves en **CVBP** y **Sala Pivotes**.

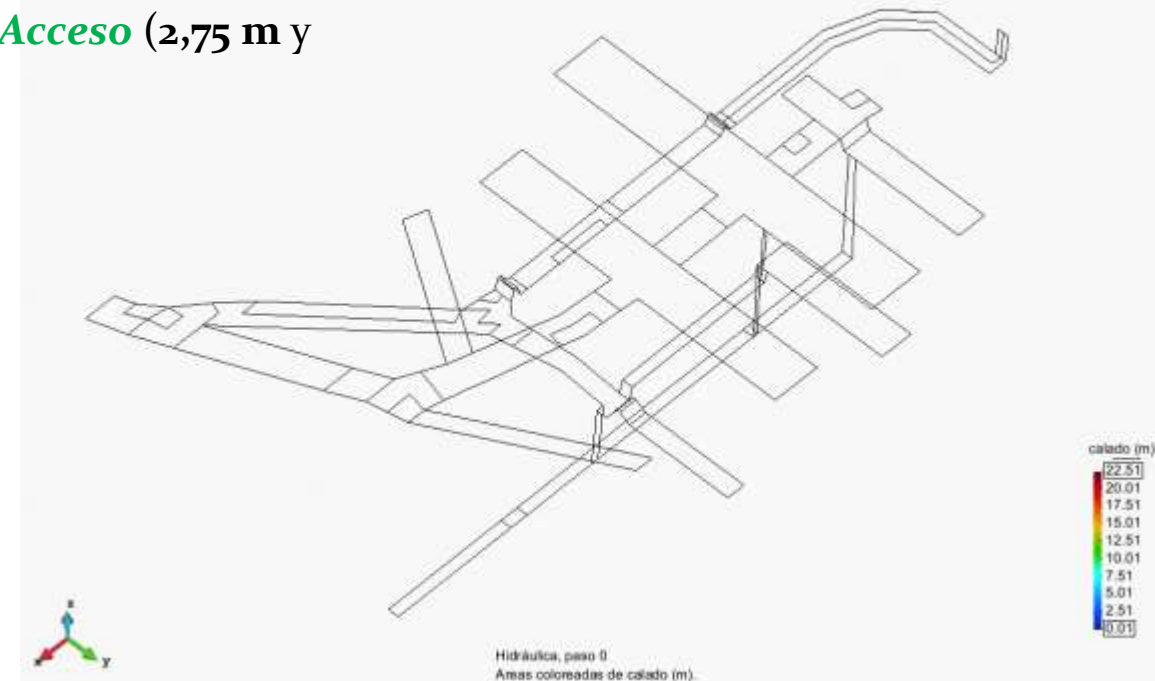
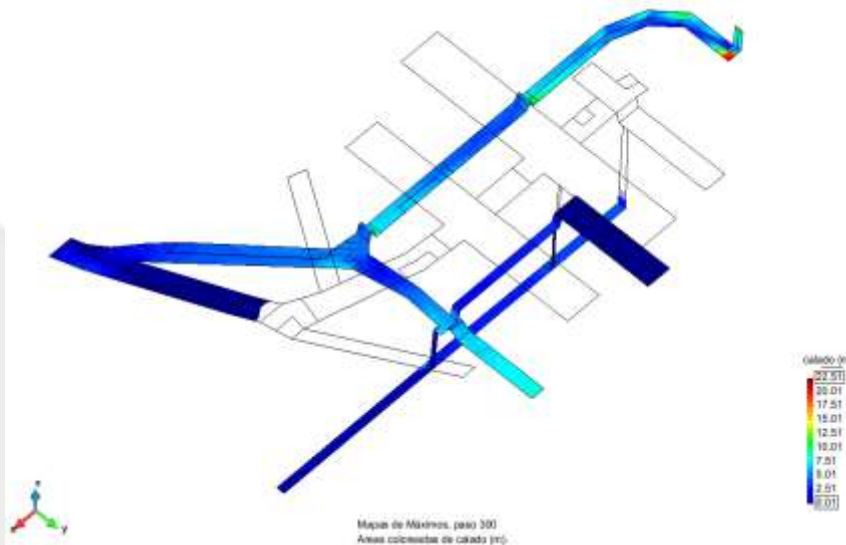


Modelos bidimensional en 3D. Protección de Cavernas

5. Modelizaciones de Actuaciones de Protección

- **SOLUCIÓN ADOPTADA. Rotura Completa de virola.**

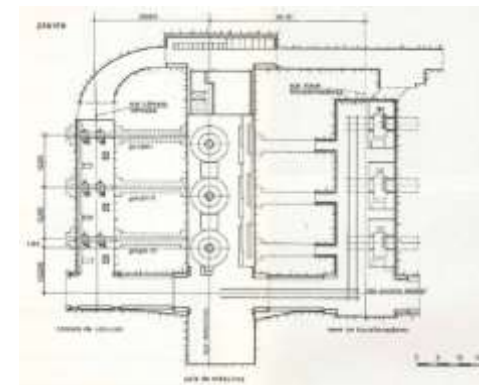
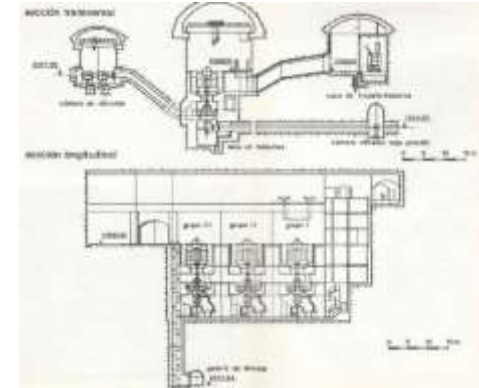
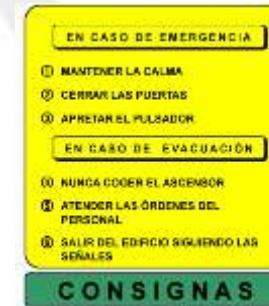
- Construcción del **macizo** en el **Acceso** a la Galería de la Tubería Forzada.
 - Caudal evacuado principalmente por **Galería de Acceso** (2,75 m y 10 m/s).
 - **No se alcanza la planta superior.**



Modelos bidimensional en 3D. Protección de Cavernas

6. Conclusiones

- Por lo general, las *Centrales en Caverna no están preparadas* frente a una *emergencia por inundación*, focalizándose en sus Planes de Autoprotección en incidentes causados por incendios.
- Los **elementos de protección** a emplear son sencillos (**diques, drenes, macizos**, ...) basados en: **Aislar, Laminar y Evacuar**.
- Los *Modelos Bidimensionales* nos abren un abanico de posibilidades de Estudios más “realistas” de los fenómenos hidrodinámicos en geometrías “no lineales”.
- El Software empleado (Iber 2.3.2) presenta unas particularidades muy ventajosas: libre distribución, introducción de geometrías manualmente y *superposición espacial de los elementos en 3D*.





JORNADA SOBRE MODELACIÓN NUMÉRICA EN INGENIERÍA DE PRESAS

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

