

Varios modelos estructurales de presas en explotación

- Presa de San Esteban
- Presa de Urrúnaga
- Presa de Valdecañas
- Usos presentes y futuros

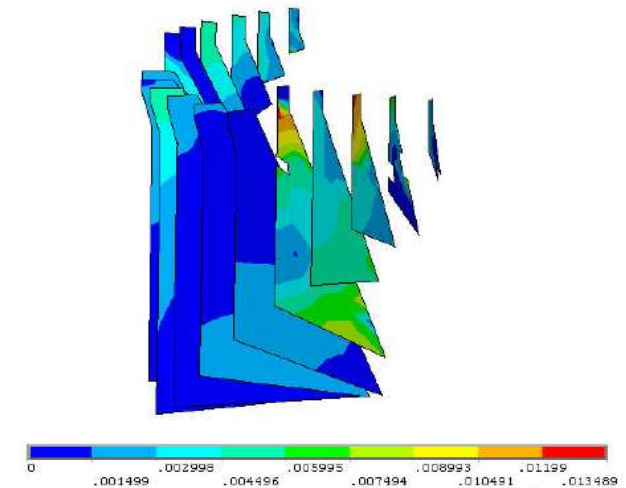
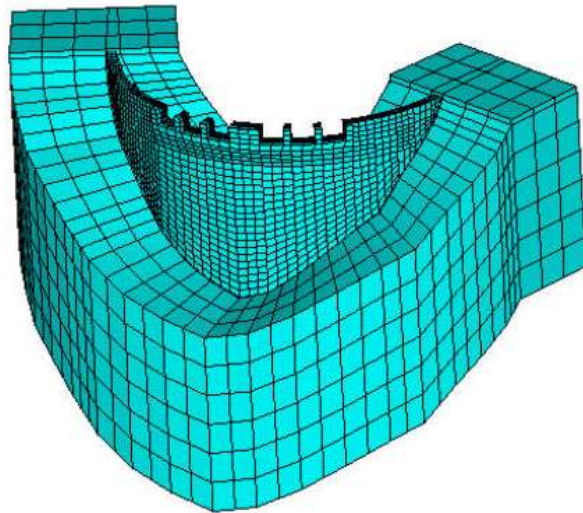
Presa de San Esteban

PRESA

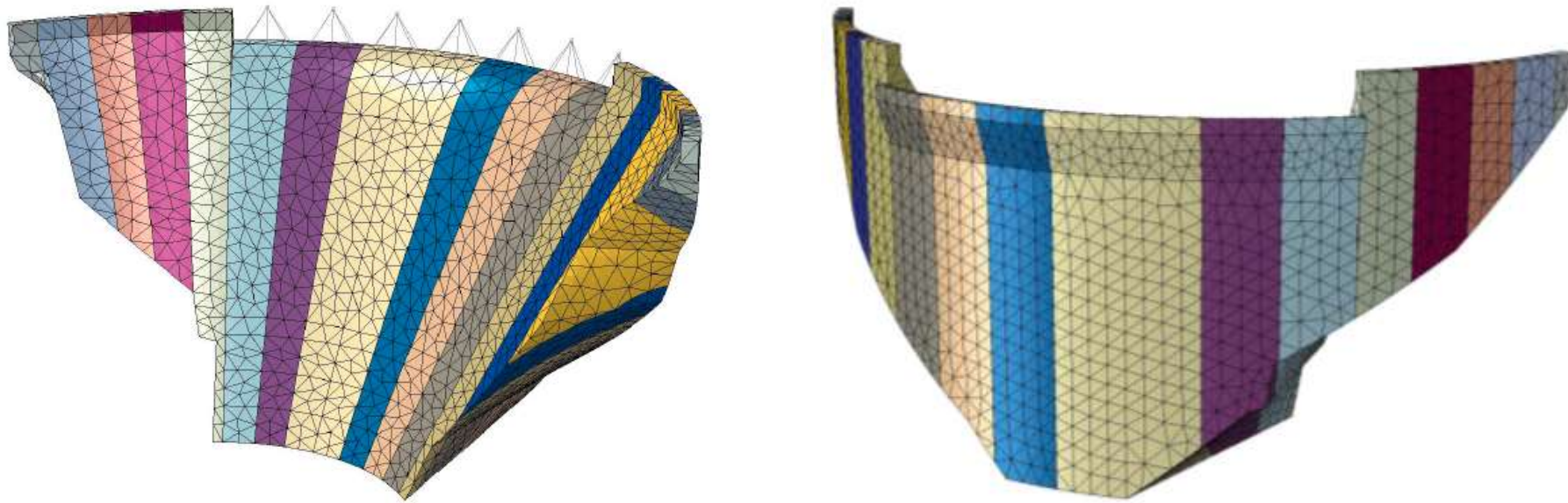
Tipo	Arco-gravedad
Altura máxima desde cimientos	115 m
Longitud de la coronación	295 m
Cota de coronación	231,00
Volumen de la fábrica	474.300 m ³



- Cálculos realizados con ANSYS.
- No linealidad: grandes deformaciones, contacto bloques-cimentación y fisuración.
- Complementado con modelos estadísticos de variables de auscultación (movimientos) y ajuste de curva logística (S-shape).
- Deformación volumétrica modelada mediante analogía térmica.



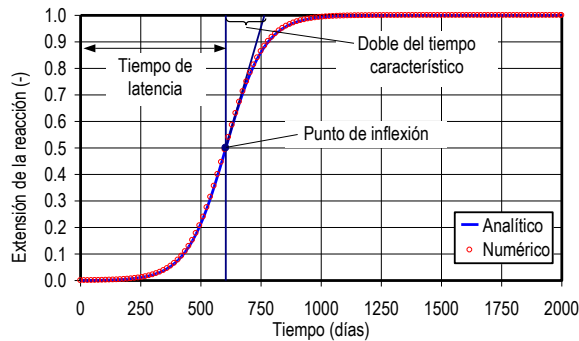
- Objetivo: elección de modelo adecuado para reproducir numéricamente la expansión en presas e interpretar y predecir sus efectos.
- Participación de PRINCIPIA Ingenieros Consultores.
- Revisión exhaustiva del estado del arte (Modelos estadísticos y constitutivos).



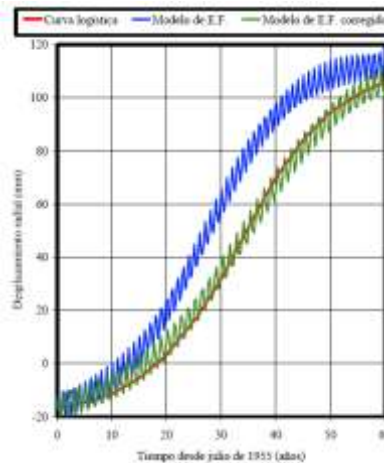
1. Constitución del modelo de elementos finitos (Abaqus v6.10 (SIMULIA)).
2. Deducción de la ley de expansión de cada punto (constitutivos vs. estadísticos).

Modelos constitutivos:

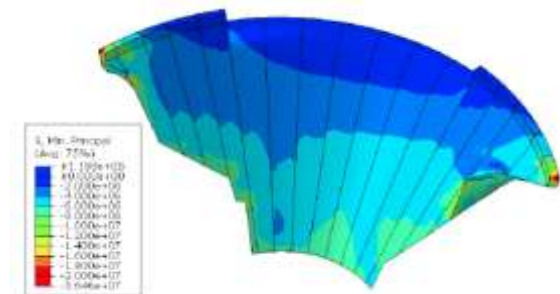
- Ley asimilable a curva logística basada en la cinética química.
- Consideración de factores que gobiernan el fenómeno.
- Predicen la expansión, estado tensional y efecto de actuaciones en presa.
- Tipo Ulm: considera la influencia de la temperatura pero no el efecto tensional. Expansión isótropa.
- Tipo Saouma y Perotti: basado en Ulm. Más realista, considera anisotropía en la expansión.



3. Ajuste de parámetros del hormigón y de la ley de expansión para reproducir las deformaciones reales.



4. Obtención del estado tensional para cualquier instante.

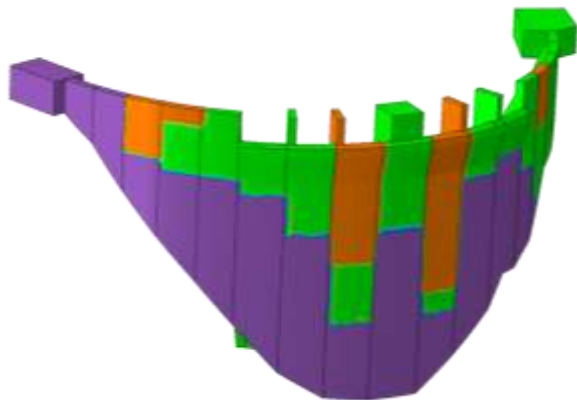


Simulación matemática de la expansión (Conclusiones)

- El modelo más adecuado es el de Saouma y Perotti.
- Sus parámetros deben ser calibrados en base a datos reales de la presa.
- La simulación permite reproducir lo ocurrido y predecir el futuro.
- Si los datos de auscultación son insuficientes para calibrar la curva logística de la expansión, se estableció un modelo innovador:
 - La ley de expansión basada en conceptos de Ulm (considera temperatura).
 - Los parámetros de la expansión deben calibrarse con datos de auscultación.
 - La simulación permite acotar superiormente el fenómeno en el futuro, pero no predecir su evolución. Resultados conservadores.

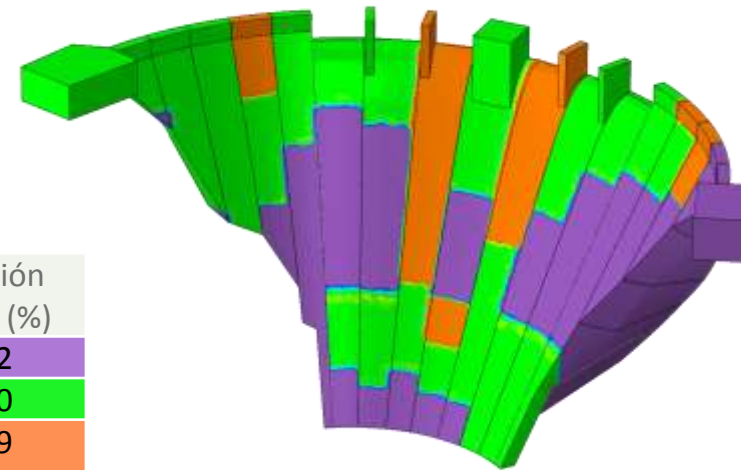
MODELOS PREXES vs. HOREX

- Modelador de nuevo PRINCIPIA I.C. (Abaqus - SIMULIA 2016).
- Geometría más detallada (incluidas pilas entre compuertas y estribos)
- Modelización del terreno (características documentadas)
- Zonificación de la presa respetando sus fracciones de reacción consumidas (ξ) (cinética de la reacción para extrapolar a futuro)
- Modelo de Ulm et al. (2000) modificado para expansión anisótropa e isótropa.

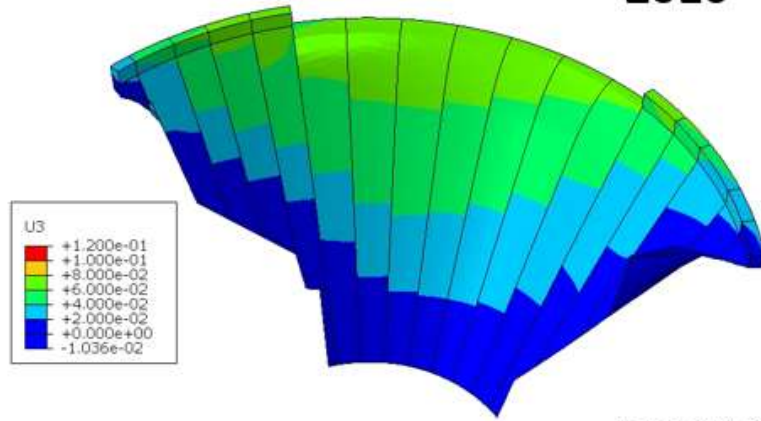


EXPANSIÓN RESIDUAL

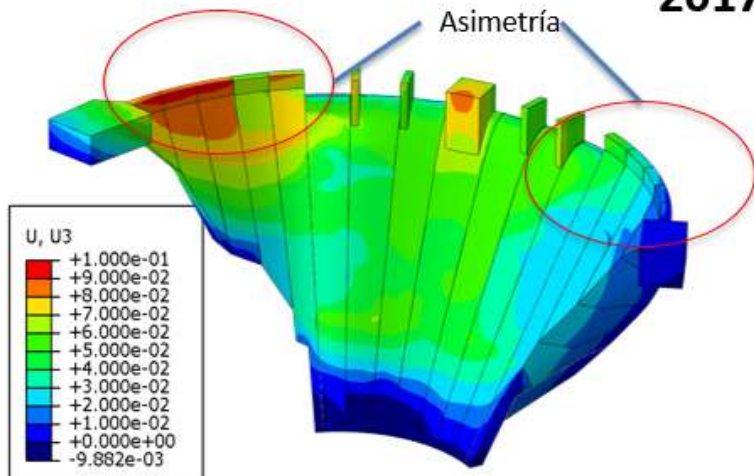
	Expansión vertical (%)
Anterior 11 julio 1954	0,042
11 julio 54 – 17 abril 55	0,340
Posterior a 17 abril 1955	0,189



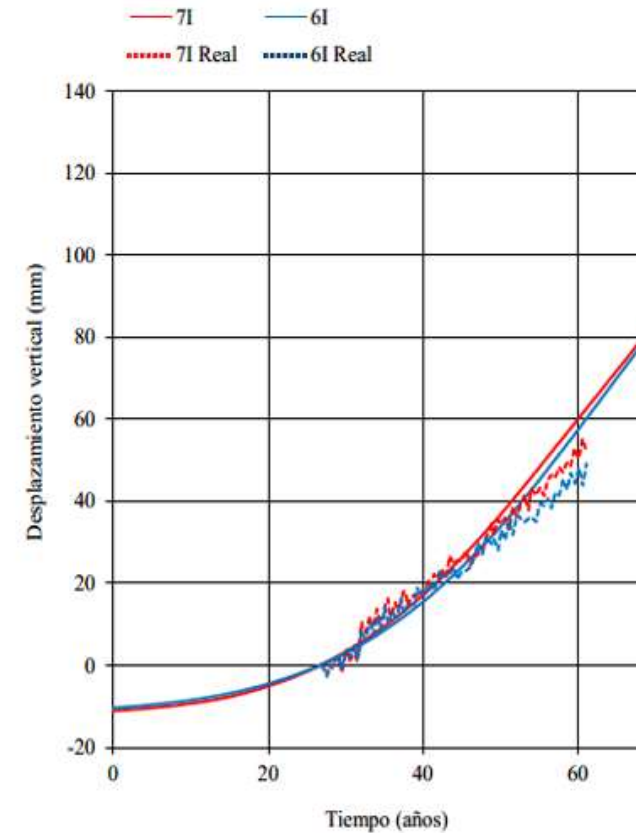
**HOREX
2010**



**PREXES
2017**



Ajuste a los desplazamientos
observados por nivelación



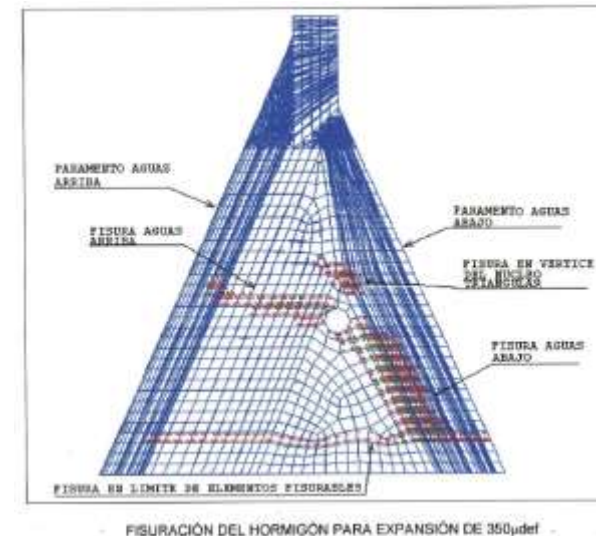
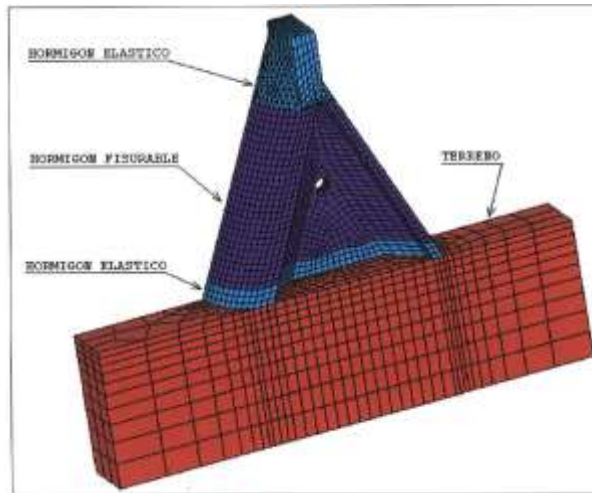
Presa de Urrúnaga

PRESA

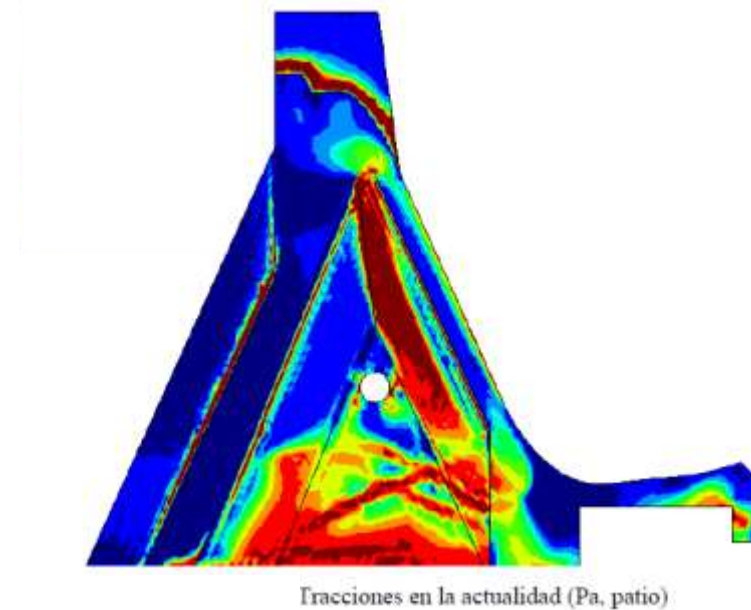
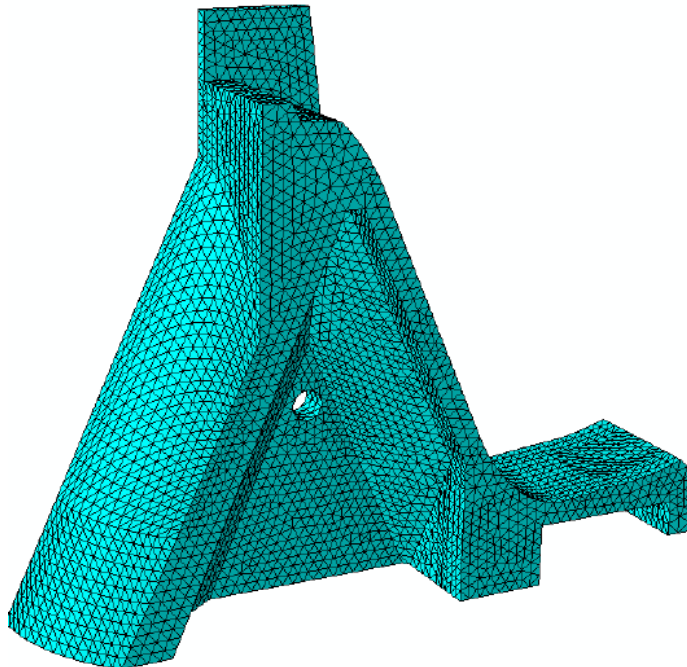
Tipo	Contrafuertes
Altura máxima desde cimientos	31 m
Longitud de la coronación	487,40 m
Cota de coronación	548,00
Volumen de la fábrica	82.000 m ³



- Después de campaña de inyecciones y para determinar la profundidad de fisuras en nervio de contrafuerte.
- Cálculos realizados con ANSYS v6.1.
- Simulación de la expansión mediante equivalencia de deformación debida a incremento térmico.
- Se determinó un estado tensional con amplio margen de seguridad.



- Elaborado por PRINCIPIA Ingenieros Consultores.
- Software de cálculo: Abaqus v6.10 (SIMULIA).
- Modelo de expansión con crecimiento interanual constante.
- La calibración de curva logística no fue posible debido a no disponer de datos de auscultación desde el comienzo.
- Modelo razonable que reproduce las fisuras existentes.



Presa de Valdecañas

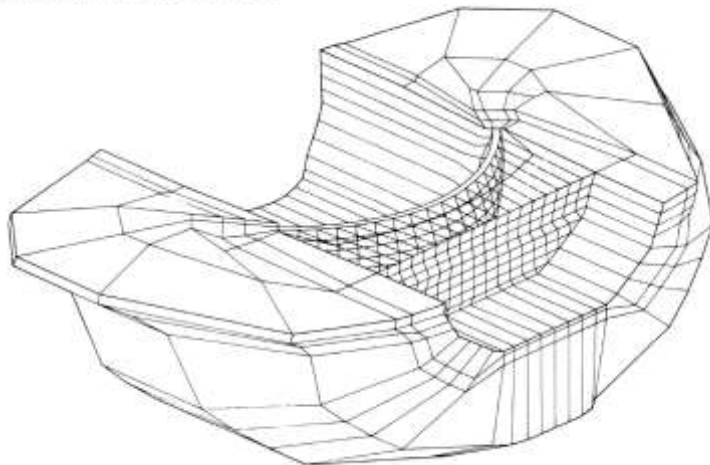
PRESA

Tipo	Bóveda
Altura máxima desde cimientos	98 m
Longitud de la coronación	290 m
Cota de coronación	317,00
Volumen de la fábrica	262.500 m ³



- Análisis del comportamiento dinámico de la presa para un sismo de diseño de 0,1g.
- Uso del programa EAC-3D (Universidad de California en Berkeley), con un modelo del conjunto presa – cimentación – embalse.
- Asesoramiento del profesor A. K. Chopra.
- Se demostró que la presa resistía sobradamente la acción sísmica y el regulador nuclear aceptó los resultados presentados.

PRESA DE VALDECAÑAS. CÁLCULO DINAMICO
MODELO DE ELEMENTOS FINITOS

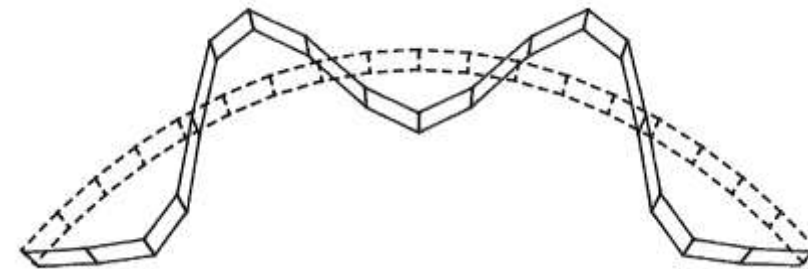


Vista del conjunto

PRESA DE VALDECAÑAS. CÁLCULO DINAMICO
MODOS DE VIBRACIÓN. AUTOVECTORES

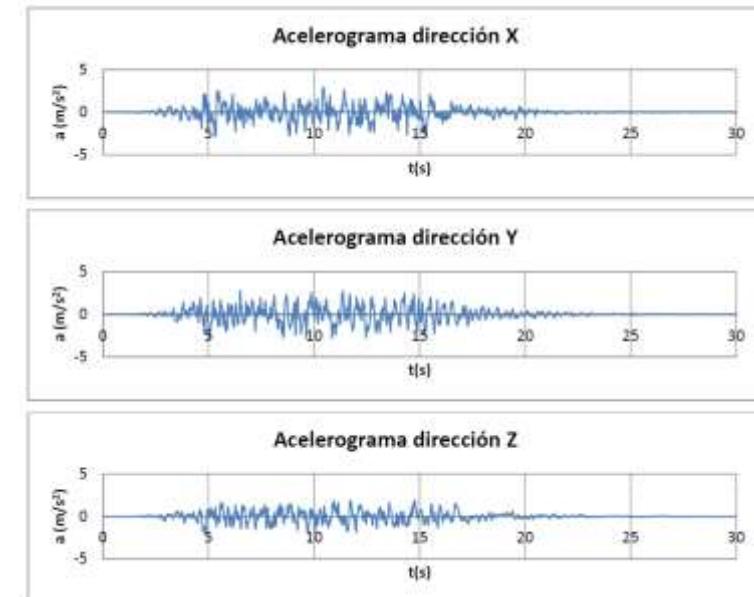
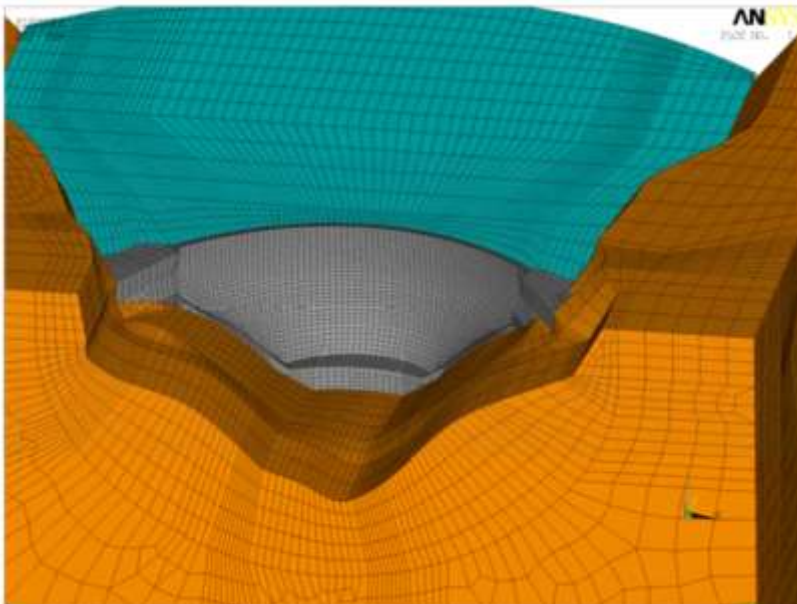
modo 7

Arco de Coronación



Presa de Valdecañas – Modelo Pruebas de Resistencia (2011)

- Análisis del comportamiento dinámico de la presa para un sismo de diseño de 0,3g.
- Uso del programa ANSYS 12.1.
- No se identifica ningún mecanismo de colapso para las solicitaciones analizadas.
- Se confirmó la reserva de resistencia de las presas bóvedas basada en su elevado hiperestatismo.



Presa de Valdecañas – Modelo Pruebas de Resistencia (2011)

- Determinación en presa de módulos elásticos dinámicos.



Presa de Valdecañas – Modelo Pruebas de Resistencia (2011)

- Extracción de testigos en presa para determinación de características mecánicas del hormigón.

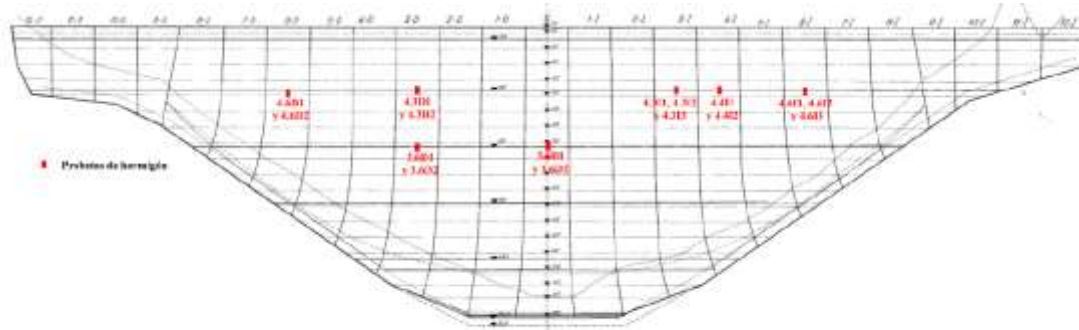
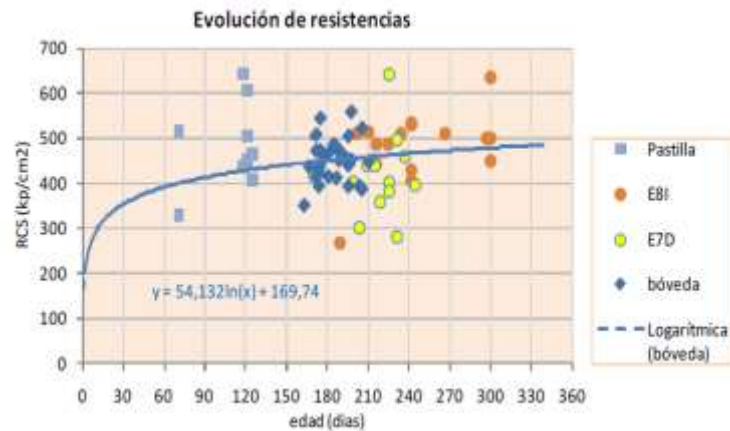


Figura 20. Posición de las probetas ensayadas.



03- EXTRACCIÓN TESTIGO 1.1



04- EXTRACCIÓN TESTIGO 1.2

- Recálculos tensionales en futuras Revisiones de Seguridad (NTSP).
 - Determinación de umbrales de auscultación de Planes de Emergencia de Presas.
 - Situaciones extraordinarias: vaciados atípicos de embalse, ...
 - Reinyección de juntas en presas arco.
 - Análisis de “patologías” (comportamientos imprevisto): reacciones expansivas, fluencia, entumecimiento,...
 - Modelos de comportamiento para seguimiento continuo de la auscultación.
 -
-
- La aportación del titular por su conocimiento de la estructura, junto con un archivo técnico suficientemente completo, es fundamental para el “éxito” del modelo estructural.
 - El titular es recomendable que tenga unas nociones básicas de los modelos numéricos.

