



## “ACTO EN HOMENAJE A ENRIQUE GIMÉNEZ SÁNCHEZ”



Reunión 10-IV-75  
Juan Bona / M70V  
Diego Utrero  
Florentino Souto  
Santiago Jimeno  
Ramon Paredes  
GG La

Historia reciente de las presas en España a la luz de los trabajos de Enrique Giménez y Rafael López  
Las presas de EG y RL en el marco de las presas españolas

Francisco Bueno Hernández / Doctor Ingeniero de Caminos / Universidad de Burgos

## Índice.

- Una breve cronología.
- Las presas en la cuenca del Duero.
- Las presas de Enrique Giménez y de Rafael López.
- Las presas de EG y RL en el contexto de las presas españolas.
- Las presas de EG y RL en el contexto de las presas en el mundo.
- Epílogo.

## Una breve cronología

## Una breve cronología.

- Enrique Giménez entra en la Confederación Hidrográfica del Duero el año 1964.
- Rafael López ya llevaba para entonces varios años.
  - Firma el anteproyecto de la presa de La Remolina (después Riaño) en 1959.
- **Colaboración entre Rafael López y Enrique Giménez** en los proyectos de diversas presas bóveda.
  - *"Presas bóveda, proyectadas o en ejecución en la Confederación Hidrográfica del Duero"*. Rafael López y Enrique Giménez. Monográfico IX Congreso Grandes Presas. 1967.
    - Presas de Riaño, Casares, Torío, Beberino, Guijas Albas.
  - *"Encaje de presas bóveda en cerradas asimétricas"*. Rafael López y Enrique Giménez. R.O.P. nº 3061. Monográfico X Congreso Grandes Presas. 1970.
    - Anteriores y Los Ángeles de San Rafael.
  - Primer proyecto de Casares de Arba en 1968, firmado por ambos.
  - Proyecto modificado de Casares en 1998, firmado por Enrique Giménez.
  - Proyecto finalmente realizado por Aguas de la Cuenca del Duero (Pablo Giménez).
- En 1973 Enrique firma el proyecto de replanteo de la presa de Uzquiza y se hace cargo del proyecto, de forma conjunta con Juan Benet, y con activa participación de Ramón Pérez-Cecilia.
- **De 1994 a 1999 se hace cargo de la Dirección Técnica de la C. H. Duero.**

Presa de Santa Teresa.



Las presas en la cuenca del Duero

## Las presas en la cuenca del Duero.

A finales de los 50 y principio de los 60, cuando empieza la historia de Rafael López y de Enrique Giménez, ya hay en la cuenca del Duero bastantes presas construidas por la Confederación. Entre ellas pueden citarse:

- Presa de Cervera-Ruesga, de 1923.
- Presa de Camporredondo, de 1930.
- Presa del Águeda, de 1931.
- Presa de Arlanzón, de 1933.
- Presa de La Requejada, de 1940.
- Presa de La Cuerda del Pozo, de 1941.
- Presa de San José, de 1941.
- Presa de Villameca, de 1947.
- Presa de Linares del Arroyo, de 1951.
- Presa de Barrios de Luna, de 1956.

En esos años de cambio de la década se están construyendo además algunas otras:

- Presa de Compuerto, de 1960.
- Presa de Santa Teresa, de 1960.
- Presa de Aguilar de Campóo, de 1963.
- Presa del Porma (Juan Benet), de 1968.

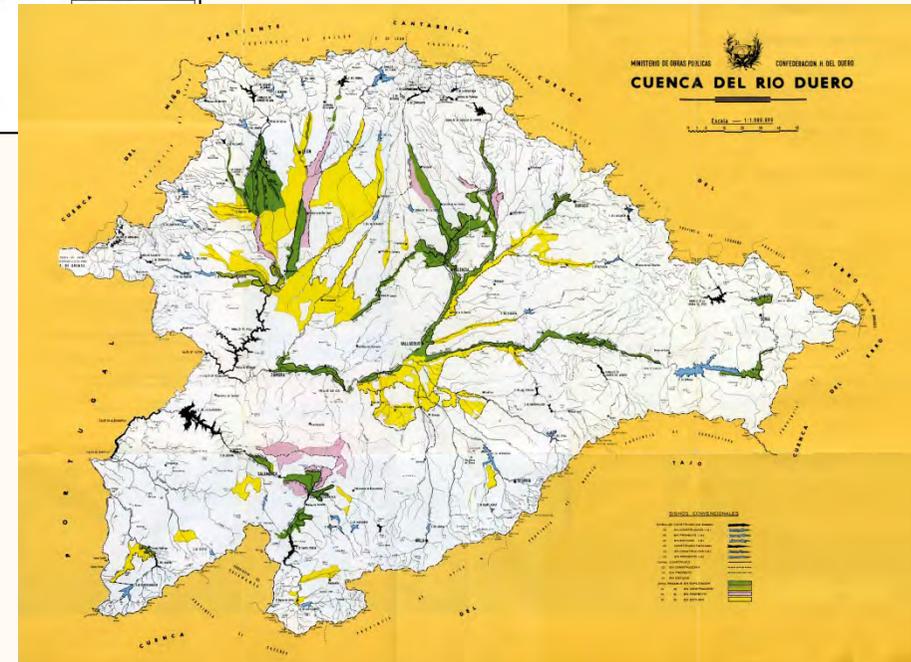
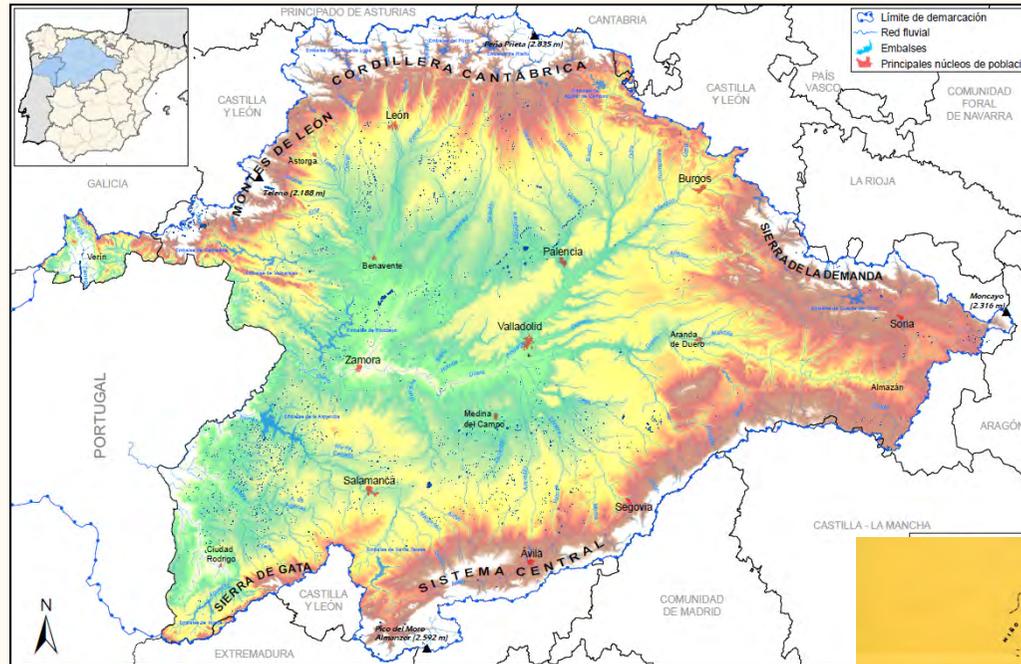
De las demás iremos hablando en esta presentación.

Presa del Águeda.



Presa de Cervera - Ruesga.

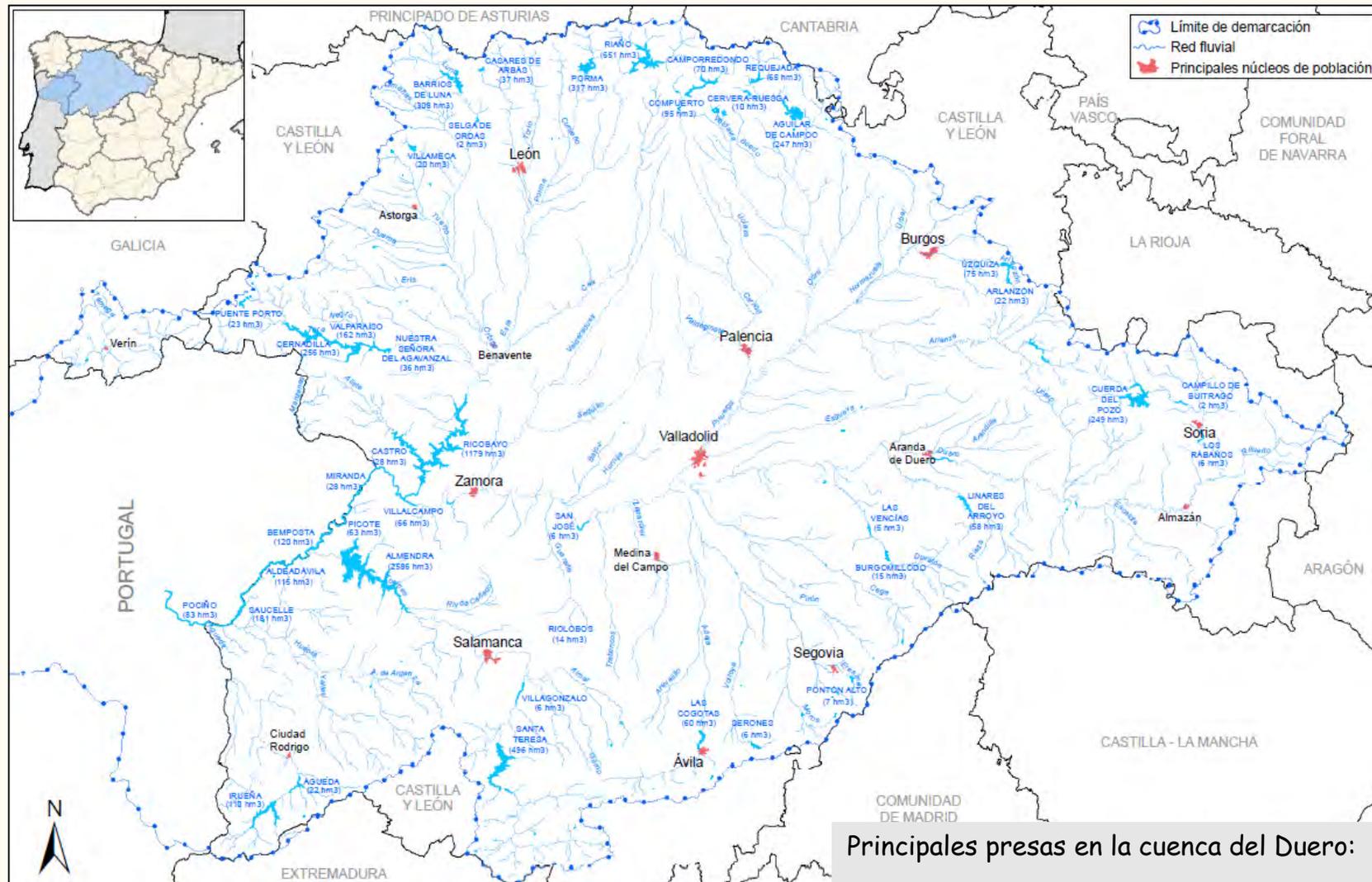
# Las presas en la cuenca del Duero.



## Cuenca del Duero:

- Orla montañosa en el norte, en el sur y en el este.
- Llanuras y páramos en la parte central.
- Brecha del Duero en el oeste.
- Presas hidroeléctricas en la brecha oeste.
- Presas en la orla y regadíos en el centro.
  - Presas de la cara sur de la cornisa cantábrica.
  - Presas de la cara norte del sistema central.

# Las presas en la cuenca del Duero.

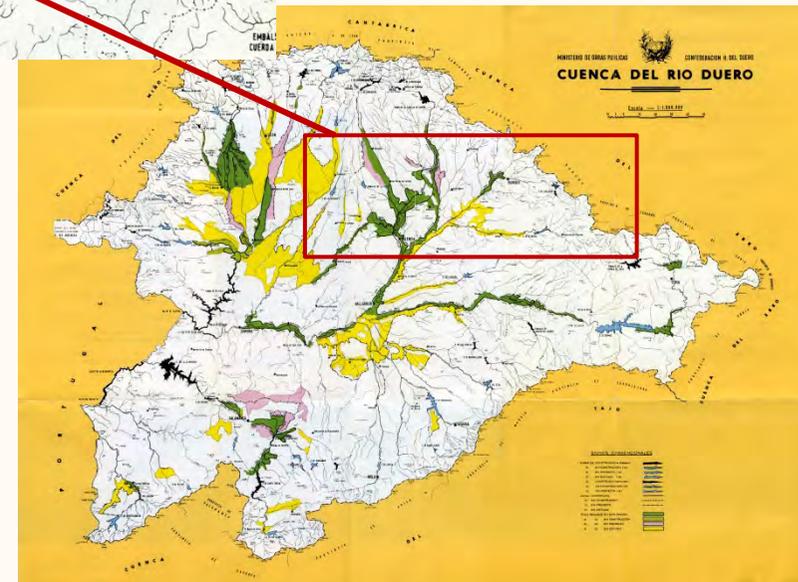
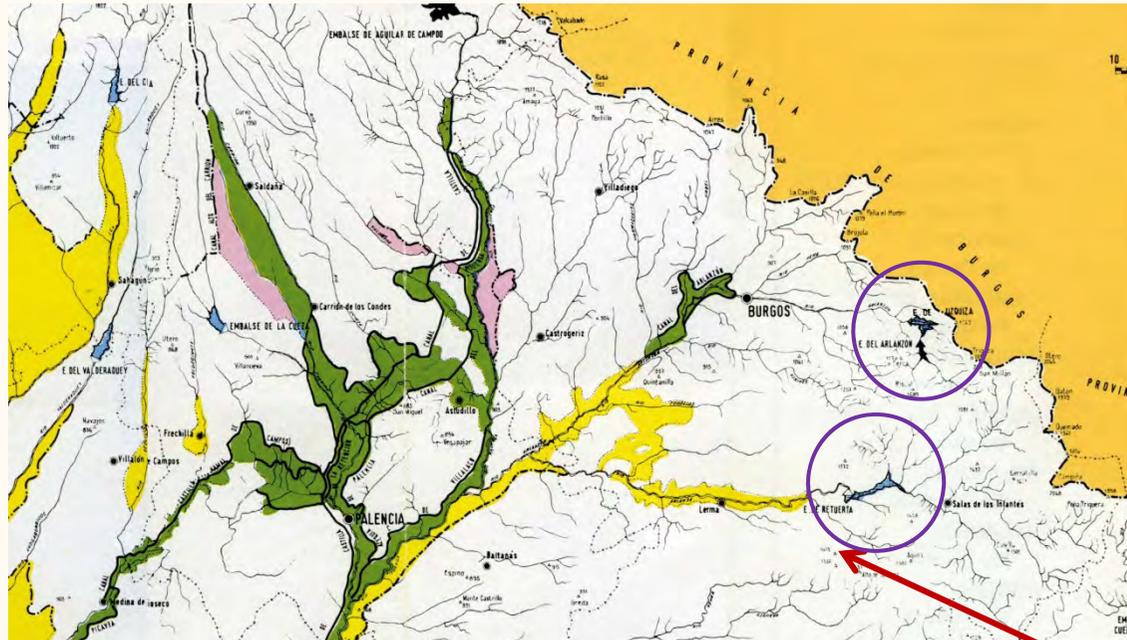


Principales presas en la cuenca del Duero:

- Presas de la C.H.D.
- Presas del Sistema Duero.
- Otras presas.



## Las presas en la cuenca del Duero.

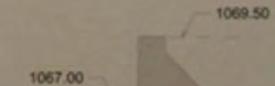
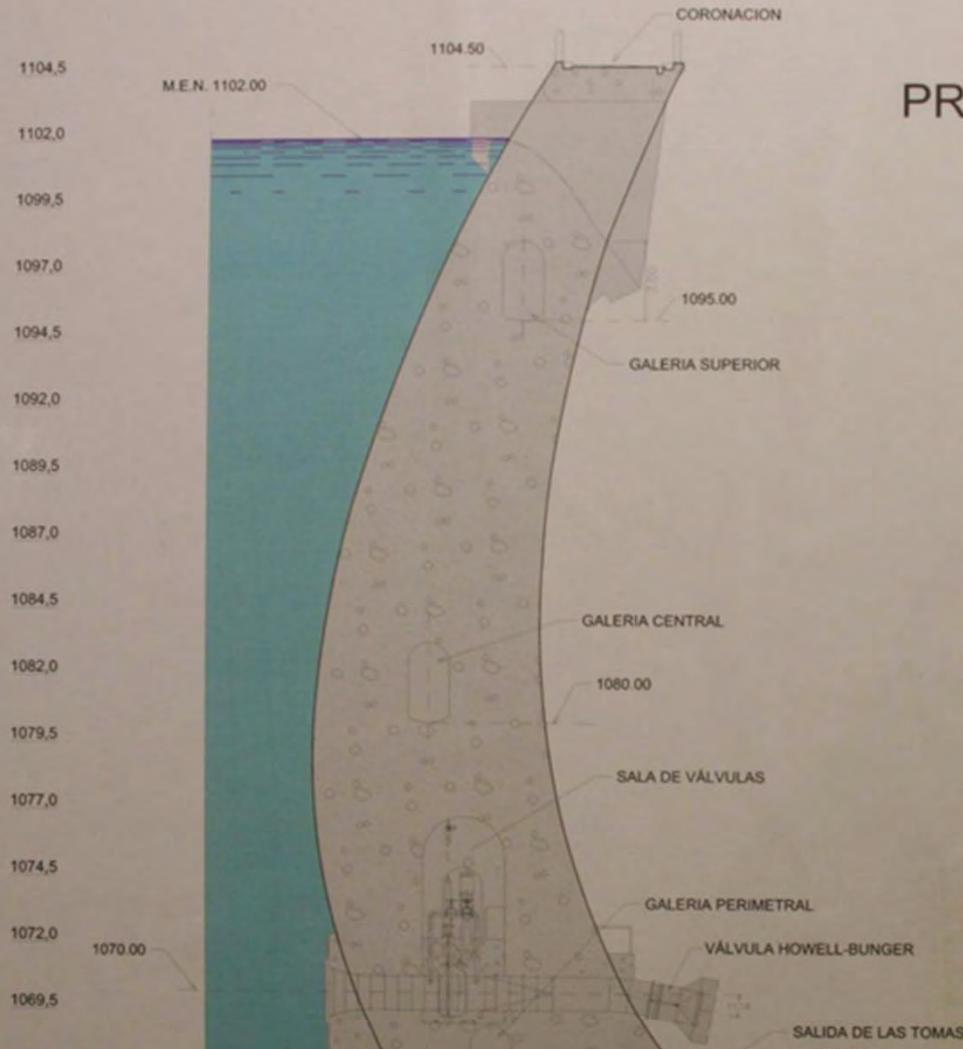
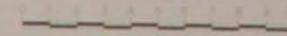


Ubicación de las presas de Rafael López y Enrique Giménez.

- Presa de Uzquiza.
- Presa de Retuerta (no construida) y posterior presa de Castrovido.

# PRESA DEL PONTÓN ALTO. SECCIÓN TIPO

Escala gráfica:

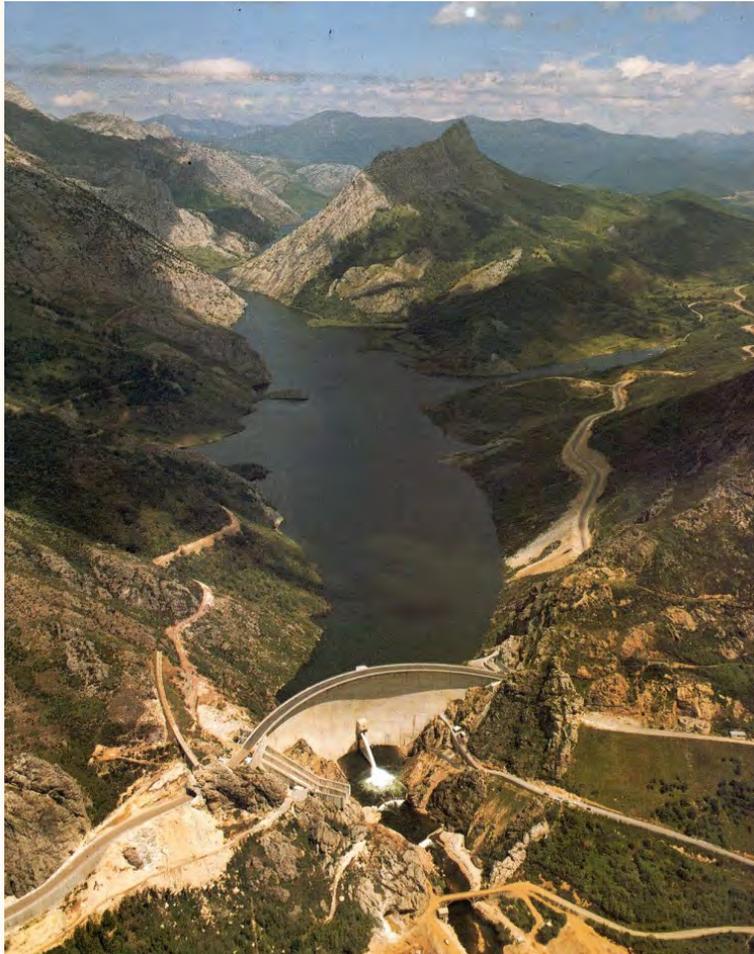


Las presas de Enrique Giménez y Rafael López

## Las presas de Enrique Giménez y de Rafael López.

- **Las presas bóveda construidas.**
  - Presa de Riaño (León).
  - Presa de Los Ángeles de San Rafael.
  - Presas de Las Cogotas y de Fuentes Claras.
  - Presa de Pontón Alto (Segovia).
  - Otras presas: presa del Aravalle (Ávila). Construida y después demolida.
- **Las presas bóveda no construidas.**
  - Presas de Casares, Torío y Beberino.
  - Presa de Guijas Albas.
- **Las presas de materiales sueltos.**
  - Presa de Uzquiza.
- **Otros tipos de presas.**
  - Dique lateral de bóvedas múltiples de Casares (no construido).
  - Otros tipos en anteproyectos y proyectos.

## Las presas de Enrique Giménez y de Rafael López.



Presa de Los Ángeles de San Rafael (Segovia).

Presa de Riaño (León).

## Las presas de Enrique Giménez y de Rafael López.



Presa del Castro de Las Cogotas (Ávila).



Azud de Fuentes Claras (Ávila).

## Las presas de Enrique Giménez y de Rafael López.

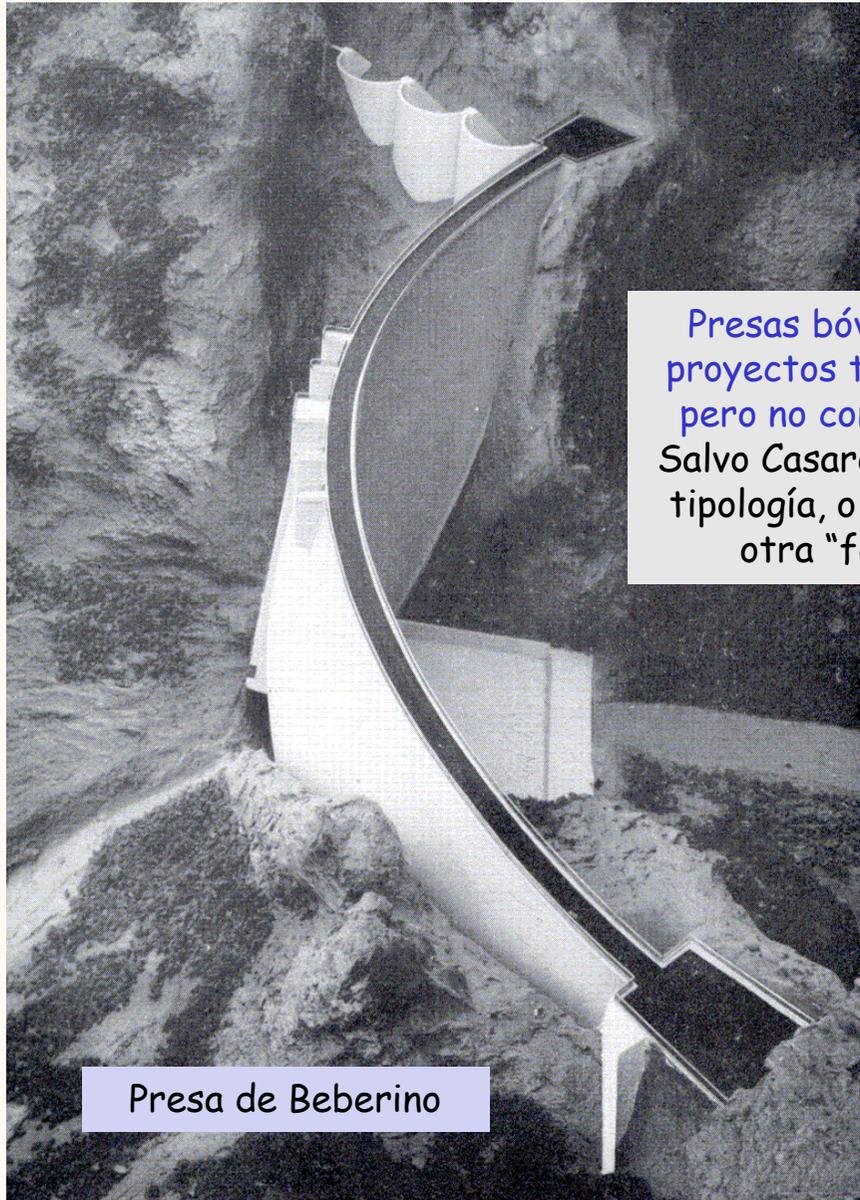


Presa de Pontón Alto (Segovia).

Presa de Pontón Alto (Segovia).



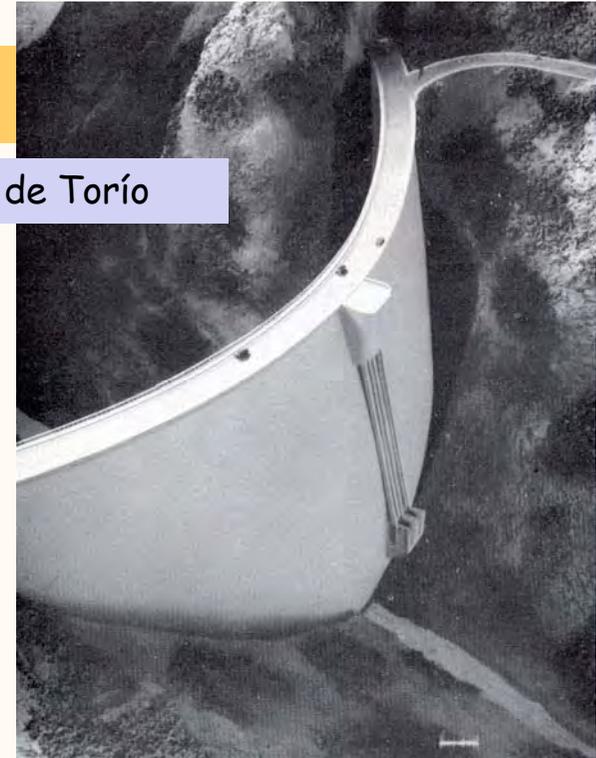
## Las presas de Enrique Giménez y de Rafael López.



Presas de Beberino

Presas bóvedas con proyectos terminados pero no construidas. Salvo Casares con otra tipología, o mejor con otra "forma".

Presas de Torío



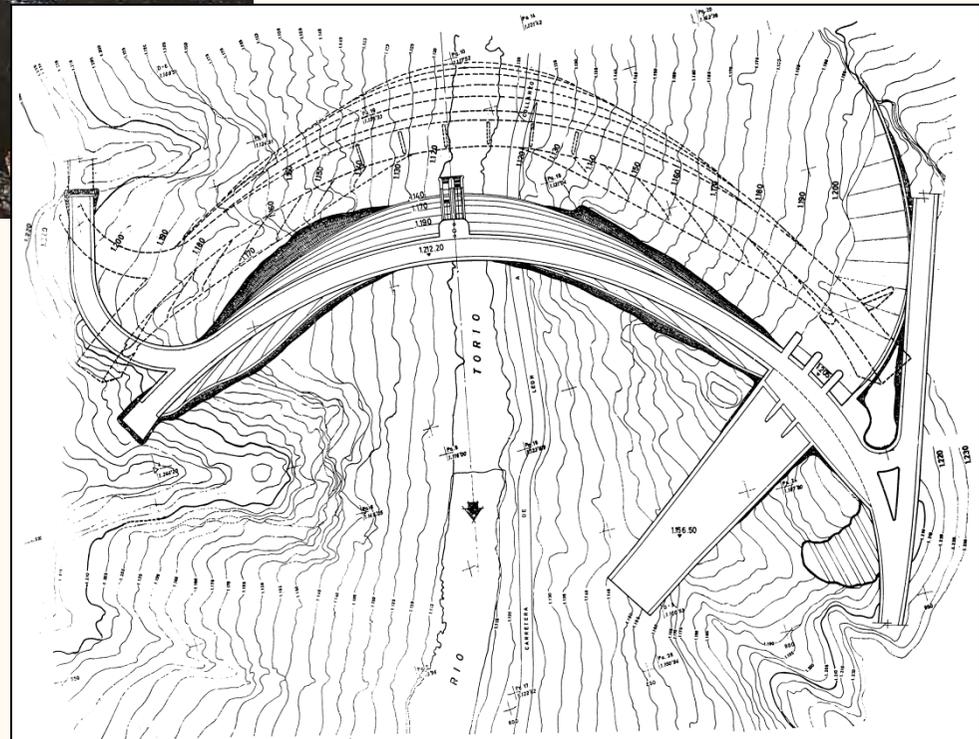
Presas de Casares



## Las presas de Enrique Giménez y de Rafael López.



Presas - azud del Aravalle.



Presas del Torío.

## Las presas de Enrique Giménez y de Rafael López.



Presa de Uzquiza (Burgos).

## Las presas de Enrique Giménez y de Rafael López.

- Aspectos importantes / novedosos en las presas bóveda de EG y RL:
  - Presas bóveda en cerradas anchas.
  - Presas bóveda en cerradas asimétricas.
  - Utilización de directrices elípticas en la definición de los arcos.
  - Utilización masiva de cenizas volantes en los hormigones (no compactados).
- Aspectos importantes / novedosos en la presa de Uzquiza:
  - Adopción de presa de materiales sueltos homogénea pionera en España.
  - En su momento segunda presa en altura de esta tipología en España.
  - En la actualidad tercera presa en altura de esta tipología en España.
  - Tapiz vegetal del paramento de aguas abajo.

## Las presas de Enrique Giménez y de Rafael López.

- Presas bóveda en cerradas anchas.
- En la presa del Castro de las Cogotas (cerrada ancha):
- *"El logro de haber podido conjugar satisfactoriamente unos grandes ángulos centrales de los arcos junto con una segura incidencia ...*
- *... El diseño ha perseguido acercarse, lo más posible al antifunicular de la carga hidrostática + peso propio, con una favorable incidencia y un seguro anclaje de los arcos, sin haber olvidado nunca una sencillez de formas constructivas. Las secciones horizontales son arcos de formas espirales logarítmicas y espesor variable, casi constante en la parte central, y ensanchándose notablemente en los arranques ..."*
- En la presa de Pontón Alto (cerrada muy ancha):
- *"La curvatura de las ménsulas es muy acusada, motivando así una fuerte precompresión en los sitios más traccionados por los empujes hidrostáticos ... la distribución de espesores en la ménsula central tiene un gradiente muy pequeño ..."*

## Las presas de Enrique Giménez y de Rafael López.

- Presas bóveda en cerradas asimétricas.
- *"Muy rara vez la asimetría topográfica impide el proyectar una presa bóveda delgada, cuando las características geomecánicas de la fundación son satisfactorias".*
  - Enrique Giménez y Rafael López. ROP, 1967.
- *"Hace tiempo la asimetría de la cerrada se consideraba, a veces, como un escollo considerable para proyectar un cierre con presa bóveda. Pensamos que la razón de esta repulsión radicaba en la complejidad operatoria -de cálculo tensional- que acarreaba la adopción de estructuras no perfectamente simétricas. Hoy en día, con los ordenadores electrónicos se ha superado este problema, y el proyectista puede en pocos días obtener el resultado tensional de formas más complicadas que las convencionales y confrontar los resultados de varias soluciones.*
- *La complejidad a que antes aludíamos era la causa, pensamos, de que de forma sistemática se proyectase un zócalo de hormigón para convertir, artificialmente, la cerrada en simétrica, y se desechase la solución de encajar una bóveda, cuando la excavación y hormigón necesario para adaptar la cerrada a una bóveda simétrica eran prohibitivos".*
  - Enrique Giménez y Rafael López. ROP, 1970.
- *"... conviene que en clave tengan ambas ramas el mismo radio de curvatura, porque la vista denuncia desagradablemente los cambios bruscos de ésta ..."*

## Las presas de Enrique Giménez y de Rafael López.

- Presas bóveda en cerradas asimétricas.
- Como resultado de sus estudios de diversos proyectos de bóvedas:
  - a) *"en el caso de cerradas con poco o no mucha asimetría bastaba en general con elegir una definición simétrica y continuar las alas de la presa hasta su intersección con el terreno, con o sin zócalo"*.
    - Es el caso de las **presas de Casares, Torío y Beberino**.
    - También se aplicó esta solución a la **presa de Riaño**, si bien la cerrada en este caso era más del tipo siguiente.
  - b) *"en las cerradas muy asimétricas pueden, en ciertos casos, encajarse satisfactoriamente una presa con de una definición geométrica conteniendo todas las claves de los arcos en un mismo plano vertical, es decir, en que las normales en clave a los arcos a los distintos niveles son coplanarias, pero los desarrollos de éstos son distintos a cada lado del plano vertical anterior en cuanto a sus leyes de curvaturas y de espesores"*.
  - c) *"en cerradas fuertemente asimétricas conviene a veces utilizar presas en que las claves de los arcos forman una superficie reglada de plano director horizontal"*.
    - Es el caso de la **presa de Los Angeles de San Rafael**.

## Las presas de Enrique Giménez y de Rafael López.

- Utilización de hormigones "fríos" mediante la utilización de cenizas volantes.
  - *"En nuestra opinión, la faceta más destacada e interesante de la presa de Riaño es, probablemente, el tipo de hormigón utilizado. Es por ello que le dedicamos un capítulo aparte ..."*
  - *"La práctica de sustituir en el hormigón de presas un cierto porcentaje del cemento por cenizas volantes es de todos conocida. Sin embargo creemos que se han fabricado hormigones industriales con algunas innovaciones cuyos resultados estimamos de interés"*.
  - *"Pero además en los hormigones puestos en obra con una sustitución del 30% del cemento por cenizas volantes se han podido comprobar las siguientes ventajas: ..."*
  - *"Los resultados obtenidos los consideramos, pues, de gran interés para una concepción de hormigón de presas, dirigida a disminuir el calor de fraguado -y por tanto la retracción-, pudiendo como consecuencia, suprimir la refrigeración ... y también para obtener hormigones notablemente más manejables y algo más económico, peculiaridades las tres de capital importancia en hormigones de presa"*.
- Enrique Giménez y Rafael López. ROP, 1970.



Las presas de EG y RL en el marco de las presas españolas



## Las presas de Enrique Giménez y de Rafael López.

Periodo / años.	Denominación.	Presas representativas.	Presas EG y RL.
1901 - 1940	Primeras presas bóveda modernas.	Montejaque (1924) y Alloz (1930).	
1940 - 1960	Periodo de transición.	La Cohilla (1950) / Canelles (1960). Eume (1960) / Belesar (1963).	
1960 - 1975	Auge y esplendor presas bóveda.	Valdecañas (1964) / Santa Eulalia (1966). Susqueda (1968) / Almendra (1970). Atazar (1969) / Albarellos (1972). Las Portas (1974) / Quentar (1975).	Ángeles San Rafael (1969). Riaño (1975).
1975 - 1990	Época de declive en construcción.	Béznar (1986) / Baserca-Llauset (1986).	
1990 - 2000	Últimas presas bóveda.	José Torán (1992) / La Tajera (1993). Guara (1995) / Llosa Cavall (1998).	Las Cogotas (1994). Pontón Alto (1994).
2000 - actualidad.	Cómo lo definimos??.	Ninguna. Sólo arco-gravedad.	

**PRINCIPALES PRESAS BOVEDA EN ESPAÑA (no se incluyen las arco-gravedad)**

## Las presas de Enrique Giménez y Rafael López.

- En la época en la que se construyen las **presas de Los Angeles de San Rafael y de Riaño** (finales de los 60 y principios de los 70), en comparación con otras tipologías de fábrica, señalar:
  - Las presas de contrafuertes estaban en clara decadencia y se estaban construyendo las últimas de este tipo en España.
    - En las décadas de los 50 y 60 se habían construido las presas de Chandreja, Prada, San Sebastián o Cavallers, con alturas de entre 60 y 85 metros.
    - En la segunda mitad de los años 60 se construyen las presas de Aracena (60 metros) y de Alcántara (135 metros). Y se terminan las dos últimas recién estrenada la década de los 70.
  - En la C.H.D. se estudiaron para las presas que nos ocupan soluciones de contrafuertes (como veremos luego), pero se desechaban ya por su mayor coste total, reflejo de lo que estaba pasando en toda España. Las soluciones pasaban ya de forma definitiva por:
    - La utilización de métodos más rápidos de construcción en las presas de gravedad, al amparo de la disposición de tecnología "más moderna" y de la fabricación de hormigones de "bajo calor de hidratación", con la sustitución de parte del cemento portland por cenizas volantes (puzolanas en general).
    - El desarrollo de las presas arco en general y bóveda en particular, favorecido por la utilización de métodos computacionales que permitían mayor facilidad en el encaje en las cerradas y en su cálculo.

## Las presas de Enrique Giménez y Rafael López.

- En la época en la que se construyen las **presas de Las Cogotas y de Pontón Alto** (comienzo de la década de los 90), pocas presas bóvedas están ya en construcción.
  - Estas dos presas pueden considerarse en cierto modo como el último estado evolutivo de las presas bóveda españolas, sobre todo en lo relativo a su utilización en cerradas anchas.
  - Poco tiempo después (en los últimos veinte años) en estos tipos de cerradas se empiezan a utilizar otras tipologías de presas:
    - Presas de materiales sueltos (ver más adelante).
    - Presas de gravedad de hormigón convencional, con utilización intensiva de los métodos clásicos de construcción de presas.
    - Presas de hormigón compactado, con utilización de hormigones de muy bajo calor de hidratación y construcción más rápidas (al menos teóricamente).

## Las presas de Enrique Giménez y de Rafael López.

Periodo / años.	Denominación.	Presas representativas.	Presas EG y RL.
1901 - 1940	Presas pioneras.	Utchesa (1915) / Valbornedo (1931). La Sotonera	
1940 - 1960	Primeras presas tanteos.	Torre del Aguila (1947) / Lasarra (1952). El Molinar (1951) / Cubillas (1956)	
1960 - 1980	Auge y esplendor presas tierras.	Sotonera (1963) / Castrejón (1967). El Pardo (1970) / El Carrascal (1971). Celemín (1972) / Taibilla (1973). Finisterre (1977) / Gossan (1977). La Pedrera (1978) / Aliseda (1978) Mayés (1980)	Uzquiza (1978 - 1988)
1980 - 2000	Declive en la construcción.	Valhondo (1985) / Horno Tejero (1987) Charco Redondo (1983) / Casavieja (1988) Arceniega (1990) / Barbate (1991)	
2000 - actualidad	Presas "secundarias".	Arrázua (2006) / Valcomuna (2006) Villaveta (2006) / Valdemurra (2010) Villalba Barros (2010)	
<b>PRESAS HOMOGENEAS EN ESPAÑA MAYORES DE 25 METROS</b>			

## Las presas de Enrique Giménez y de Rafael López.

Periodo / años.	Presas de núcleo (huzquiza).	Presas de pantalla.	Presas EG y RL.
1960 - 1970	Guadarranque (1965) / Arbón (1967) Portodemouros (1967) / Renegado (1969)	Aiguamoix (1969) / Santillana (1969) Odiel (1970) / Aboño (1970)	
1970 - 1980	Guadalhorce y Guadalteba (1973) Gayá (1978) / Alcorlo (1978) Canales (1980)	Guajaraz (1971) / Valmayor (1975) Agrido (1977) / El Siberio (1978)	Uzquiza (1978 - 1988)
1980 - 1990	El Limonero (1983) / Benínar (1983) Cuevas de Almanzora (1986) La Viñuela (1986) / Zufre (1986) Yeguas (1989) / San Clemente (1990)	Béjar (1989) / Alfilorios (1990) Ibai-Eder (1991) Sallente (1985) / Negratín (1984) Martín Gonzalo (1987) / Huesna (1989)	
1990 - 2000	Zahara Gastor (1993) / Pajares (1993) Guadalcacín (1994) / Tous (1994) Abellán (1994) / Giribaile (1997) Albagés (1999) / Aguzadera (1998) Vadomojón (1998)	Yalde	
2000 - actualidad	Andévalo / Arenoso / Lechago	Yalde (2004) / Yesa (E.C)	

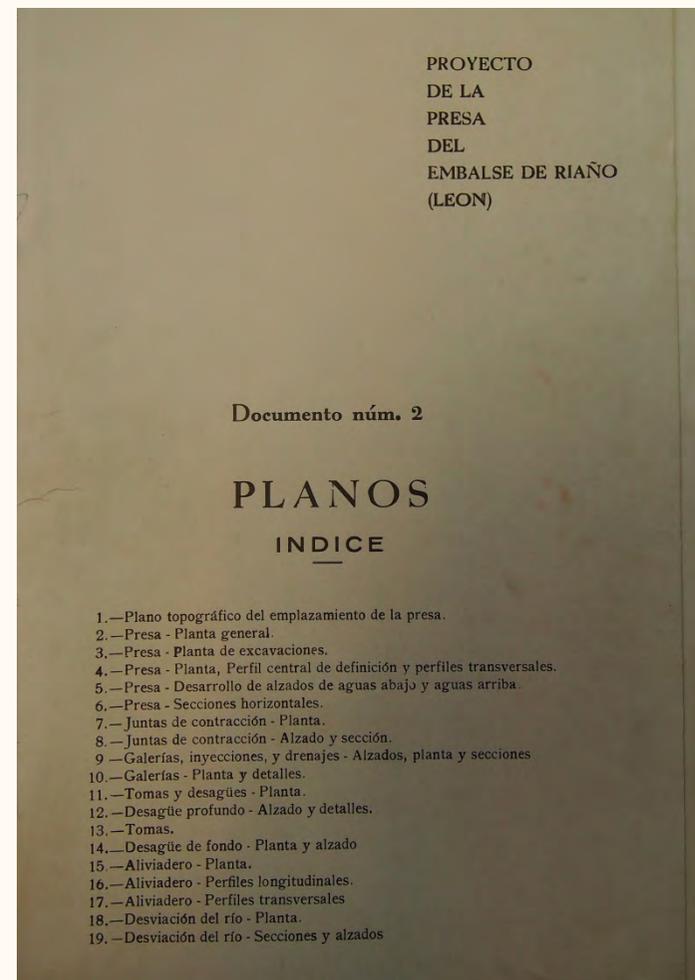
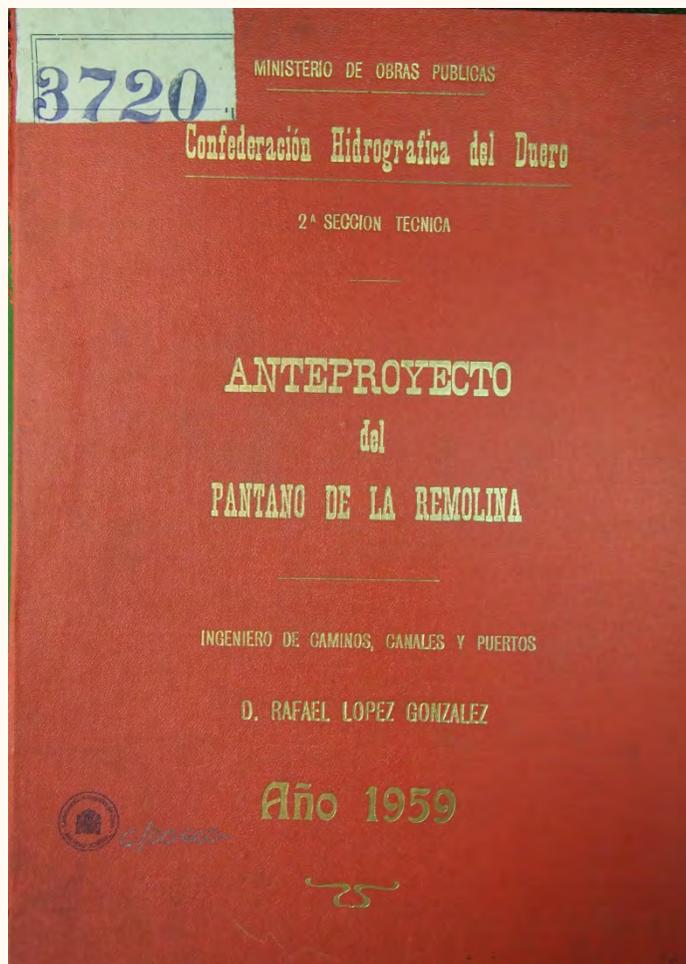
**PRESAS DE MATERIALES SUELTOS EN ESPAÑA**

## Las presas de materiales sueltos en España s/Jimenez Salas y Escario.

- Jimenez Salas y Escario -en el número monográfico de la ROP con ocasión del VIII Congreso ICOLD- se preguntaban en 1964 por la razón del poco desarrollo de las presas de materiales sueltos en España y establecían varias causas, entre las que citaban:
  - En primer lugar la geología: alturas moderadas, falta de grandes glaciares y predominio de la erosión fluvial, más tranquila y continua y por lo tanto más limpiadora de las tierras del paisaje y más formadora de cerradas aptas para presas de fábrica (comparativa con otros países).
    - Sin embargo ya adelantaba que las cerradas aptas para las presas de fábrica perdían importancia porcentual frente a las de materiales sueltos.
  - Razones históricas: la impronta de las realizaciones romanas que dejaron su impronta.
  - Razones tecnológicas: la disponibilidad de maquinaria y equipos de movimientos de tierra y de roca.
- A la vista de lo anterior predecían un importante desarrollo de las presas de materiales sueltos en general y de escollera en particular, en base al hecho de que "la roca está presente en España con gran abundancia".
- Para las presas de tierra afirmaban:
  - *"Las presas de tierra habrán de ser homogéneas, de materiales muy arcillosos, con zonas de drenaje y espaldones granulares muy escatimados, lo cual obliga a taludes muy tendidos. La excavación y puesta en obra de estos mismos materiales arcillosos resulta delicada y difícil debido a su sequedad y dureza, que obliga a una humectación medida y cuidadosa. Todo ello sumado a lo antedicho hace que el periodo de máxima rapidez en la expansión de las presas de tierras en otros países no alcance aquí más que una tibia respuesta".*

## Las presas de materiales sueltos en España s/Jimenez Salas y Escario.

- Los antecedentes principales de la presa de Uzquiza, como presa de tierras homogénea, fueron en orden cronológico:
  - La presa de La Sotonera, de 39 metros de altura en proyecto, que se empieza a construir en 1917 y que hubo que paralizar a media altura por problemas, fundamentalmente, de anisotropía. Posteriormente se terminaría en 1962 con una altura algo menor.
  - La presa de Cubillas, cuyo proyecto reformado de 1950 eliminaba el núcleo rígido de hormigón que se continuaba en cimentación con un rastrillo. El cuerpo de presa se siguió haciendo con tierras suficientemente impermeables.
  - En palabras de Jiménez Salas y Escario: *"el proyecto reformado de la presa de Cubillas marcó la iniciación en España de las presas de tierra, y todas las que se han ejecutado desde entonces han respondido en su proyecto y construcción a criterios completamente modernos, como por ejemplo, la presa de La Granda en Avilés y el anteproyecto de la presa de Esponella, concebido como presa homogénea con drenaje de chimenea, solución actualmente muy en boga en los casos en los que el material adecuado para zonas permeables es escaso"*.
  - Esta presa y la de Torre del Águila, de la misma época, tenían 42 metros de altura las dos. La diferencia entre ambas está en el modelo seguido. Mientras en esta segunda se siguió con un núcleo rígido en el interior de las tierras, en la primera se cambió al "modelo moderno", en el que se confiaba toda la impermeabilidad a la correcta selección del material.



## Presas de Riaño

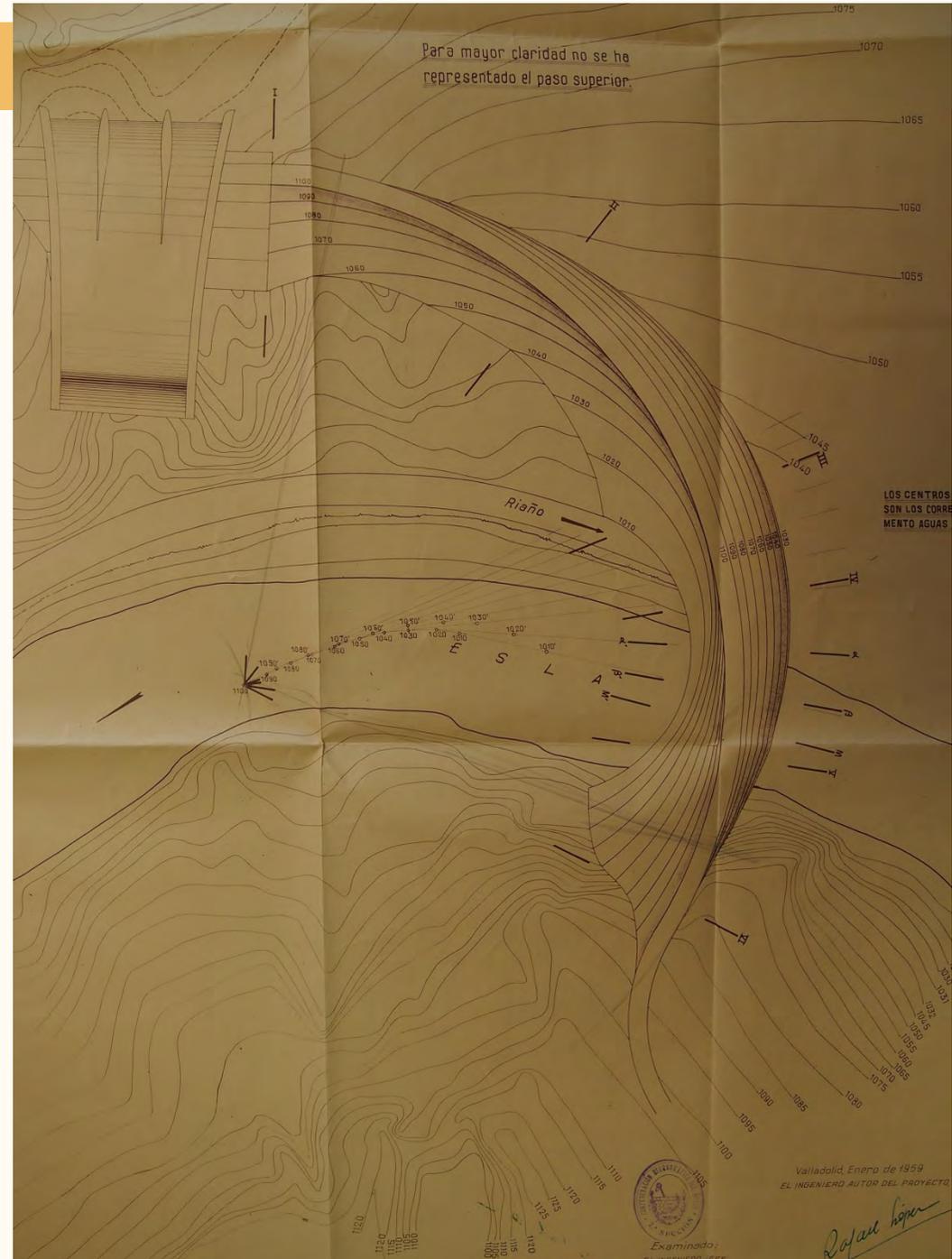
# Presas de Riaño (I).



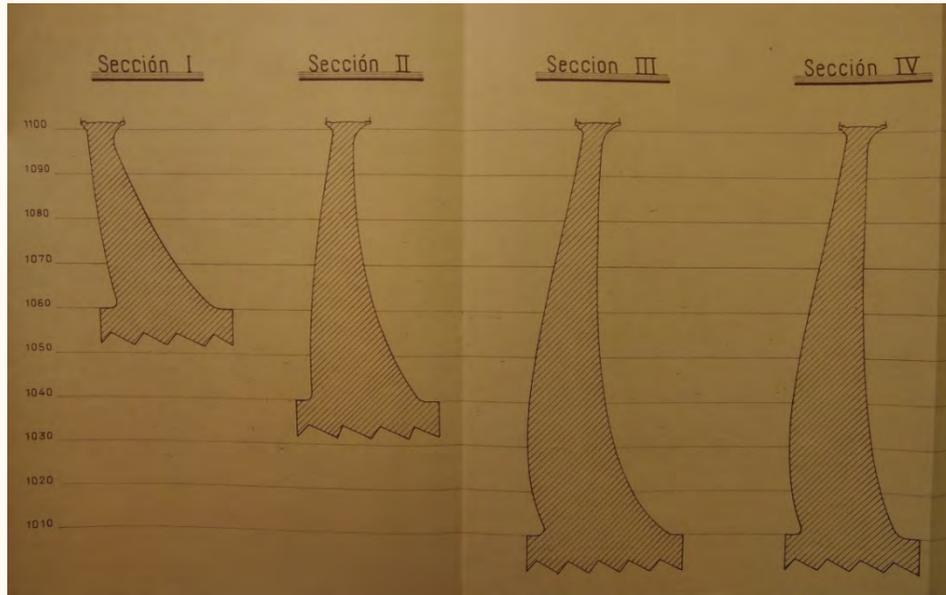
Anteproyecto de presa de La Remolina (1959).

Solución definitiva (izquierda).

Solución no adoptada arco-gravedad (arriba).



# Presas de Riaño (II).



Anteproyecto de presa de La Remolina (1959).

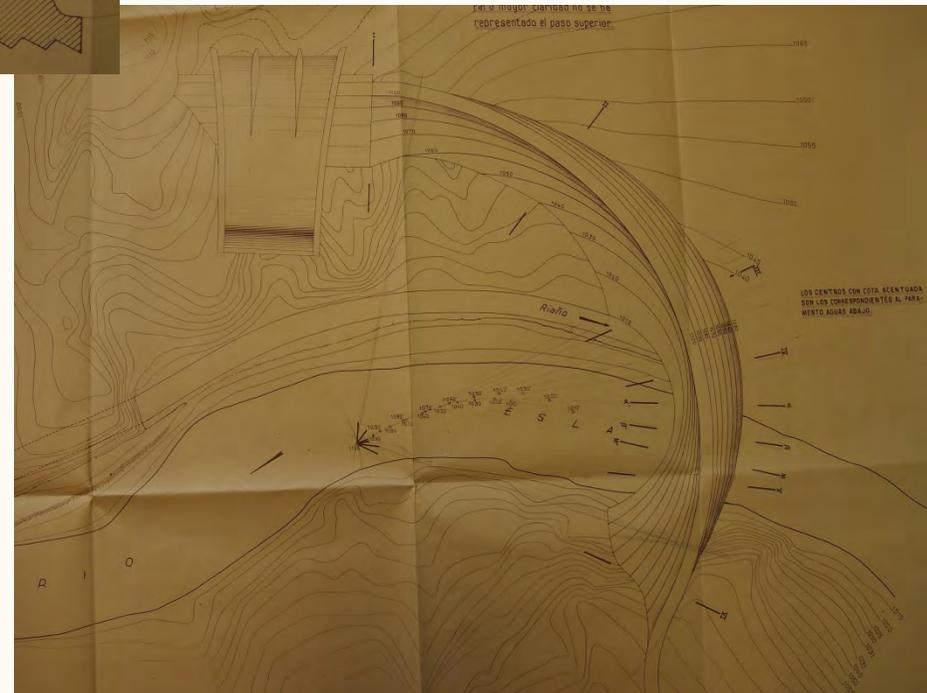
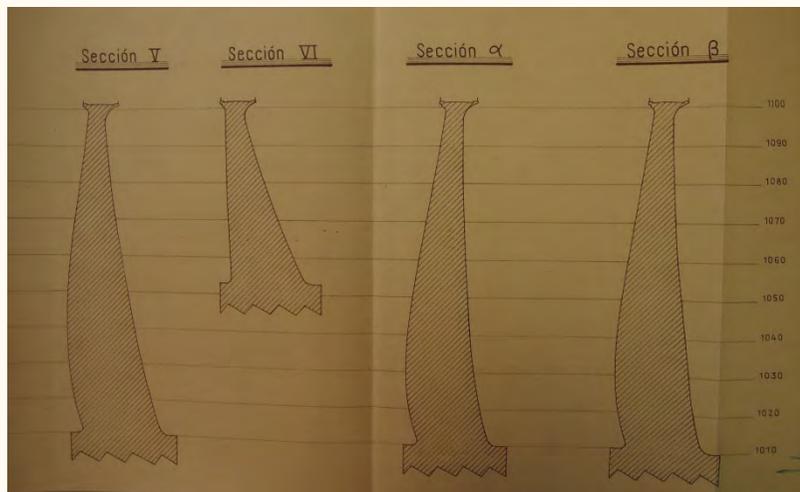
Solución definitiva. Planta y secciones transversales.

Altura s/cauce: 91 metros.

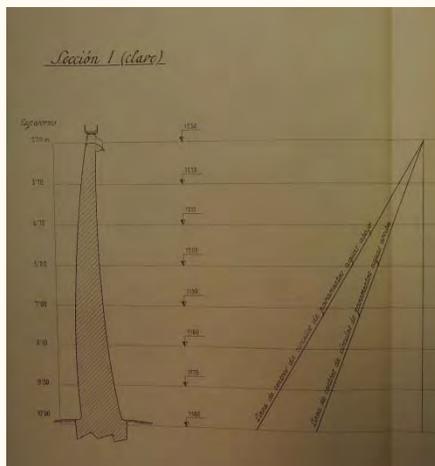
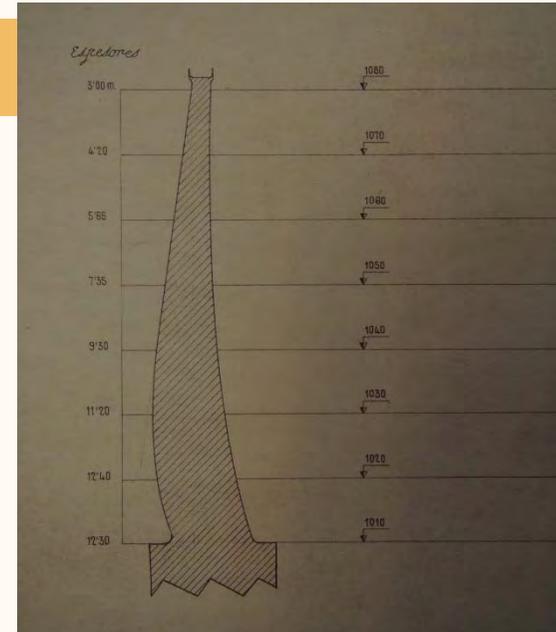
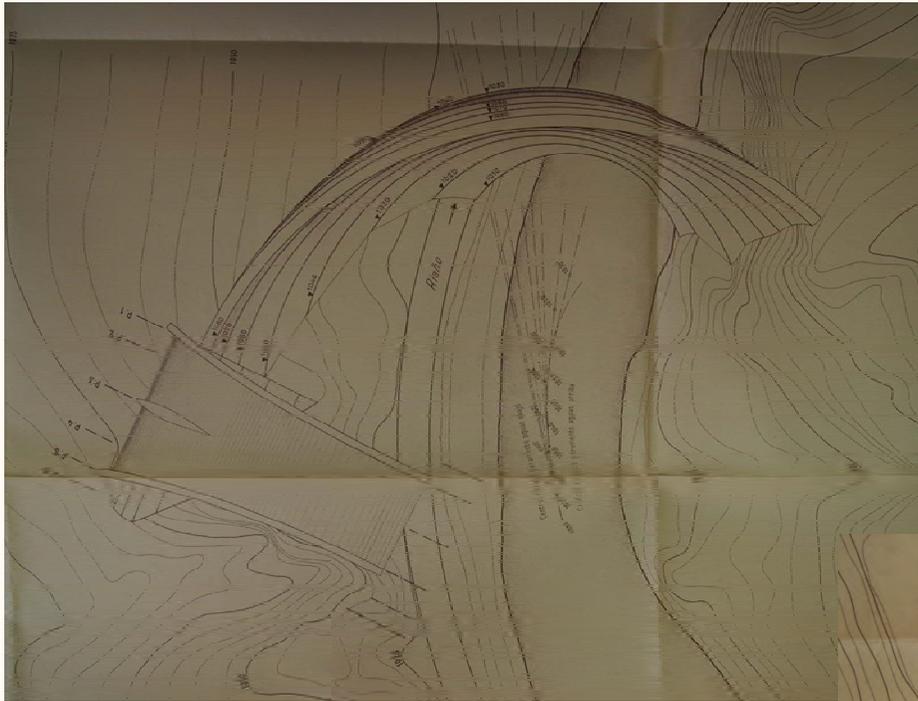
Espesor en base: 19,00 metros.

Espesor en cauce: 4,50 metros.

Relación de espesores arranque/clave: de 1,00 a 1,50.



# Presas de Riaño (III).

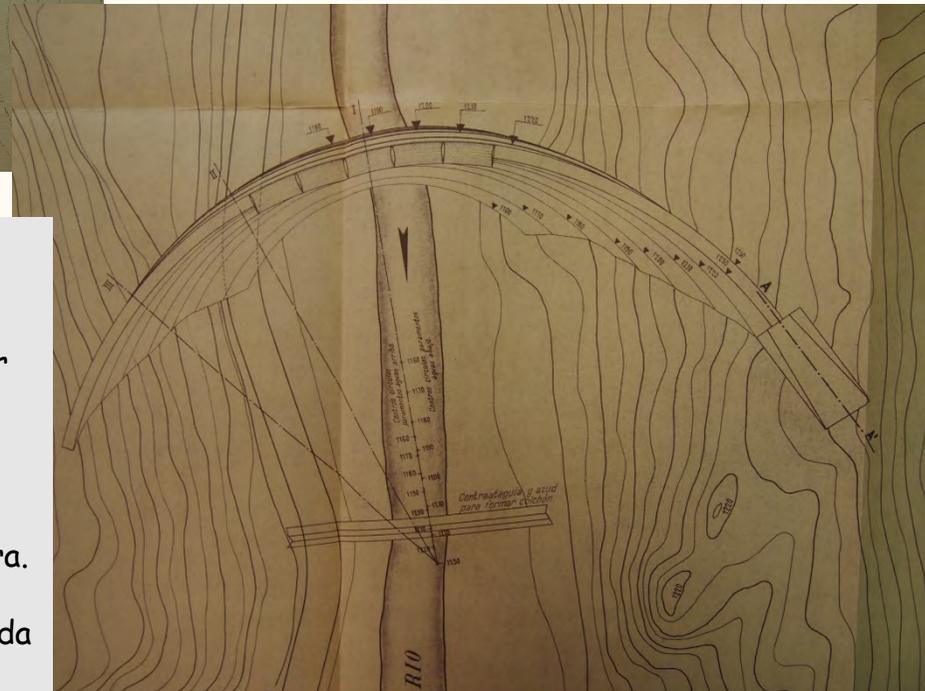


Anteproyecto de presa de La Remolina (1959).

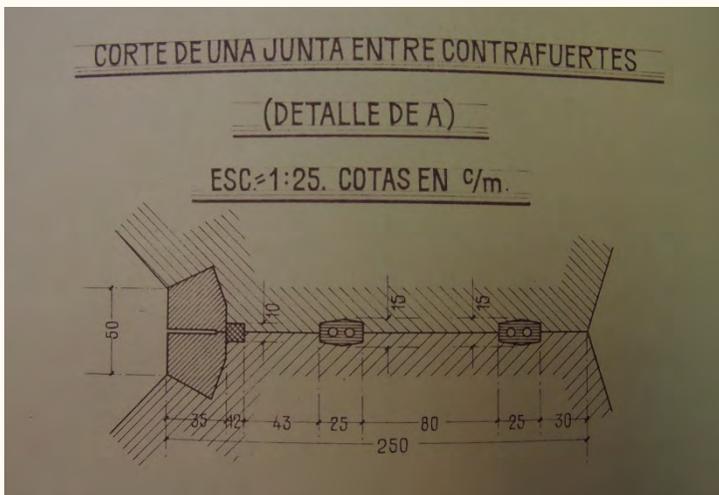
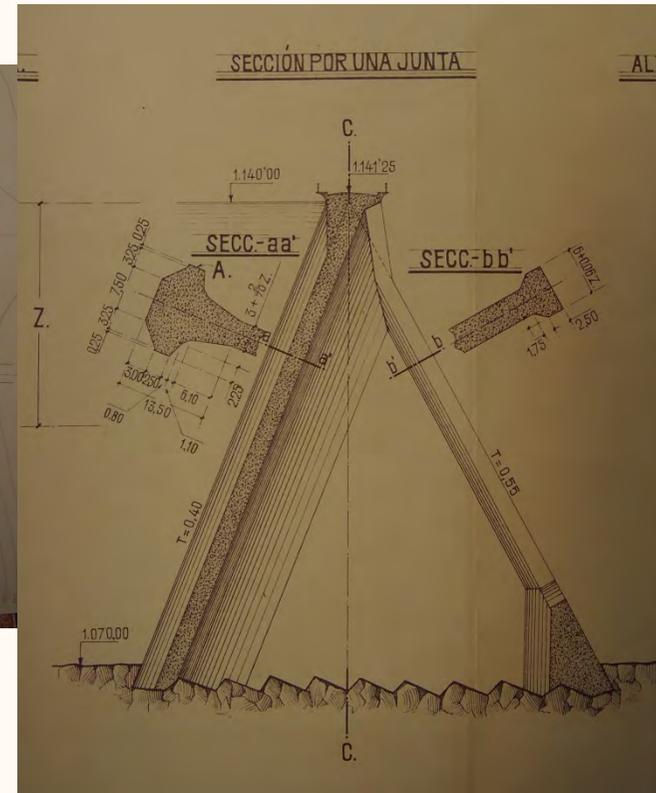
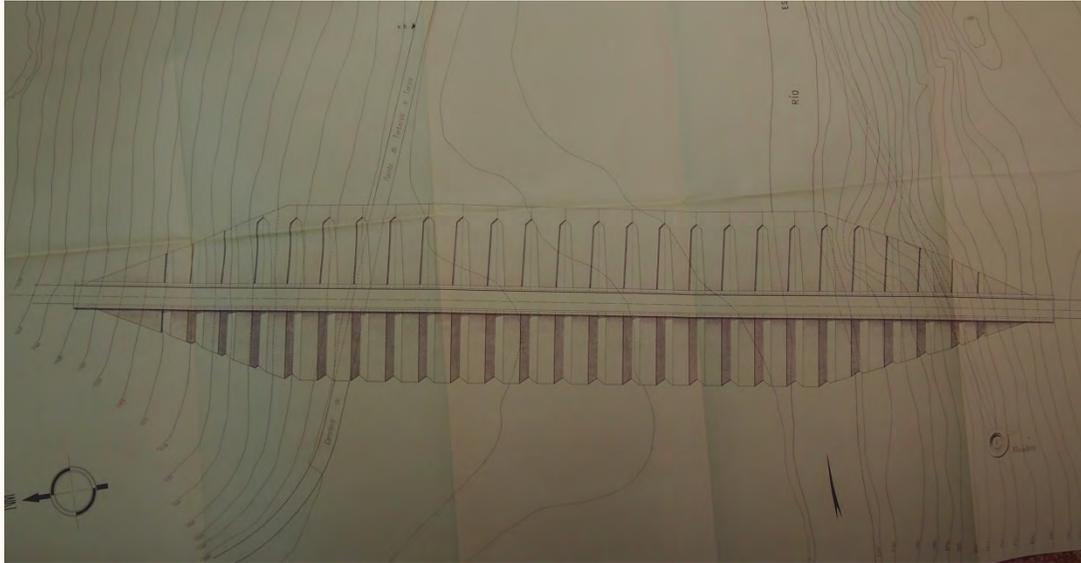
Solución para no inundar Burón ni Vegacervera, a base de dos presas:

Presas de La Remolina, bóveda de 71 m de altura.

Presas de La Reina, bóveda de 70 metros de altura.



# Presas de Riaño (IV).



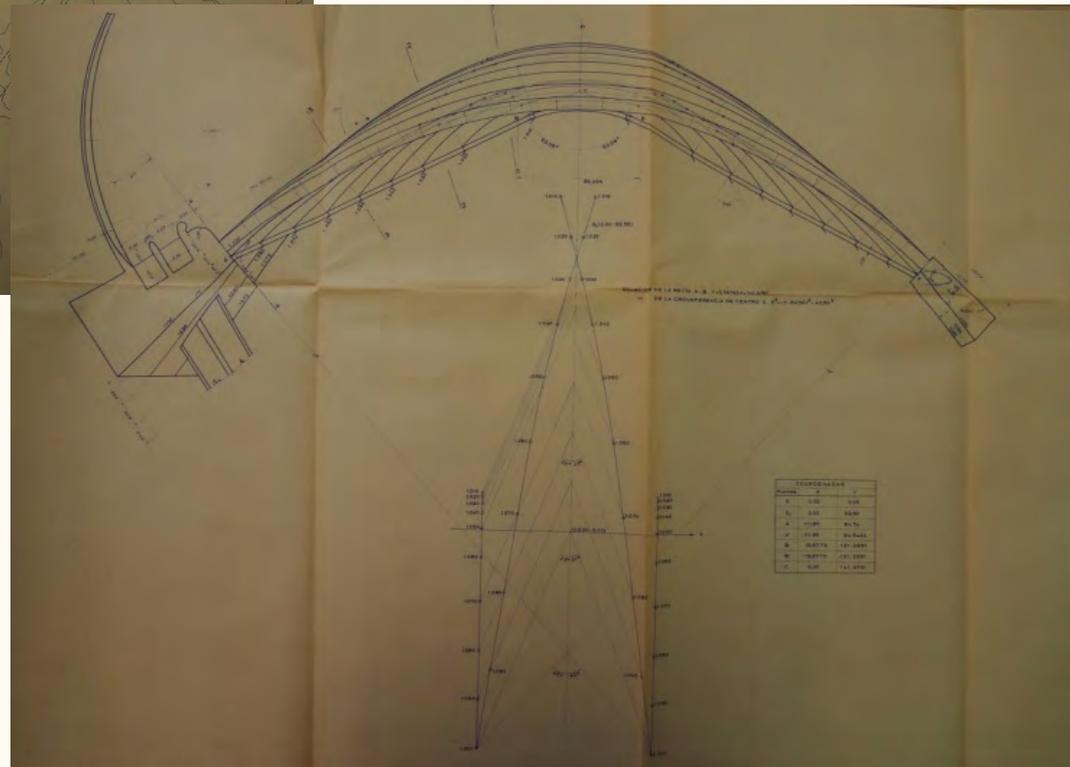
Anteproyecto de presa de La Remolina (1959).

Solución para no inundar Riaño, pero inundando otros pueblos:

Presas de La Reina, bóveda de 70 metros de altura (anterior).

Presas de Burón, contrafuertes de 70 metros sobre el cauce y de taludes 0,40 aguas arriba y 0,55 aguas abajo.

# Presas de Riaño (V).



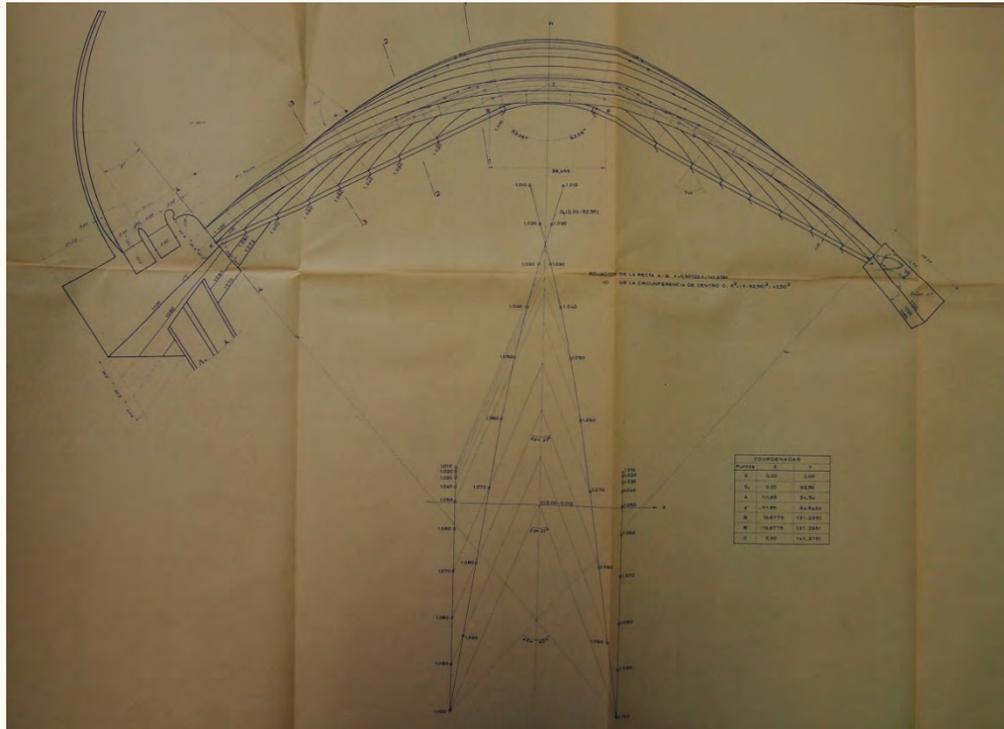
Proyecto de la presa de Riaño (1965).

Fuerte asimetría de la cerrada.

Primera definición a base de arcos de tres centros, habitual en España en las presas de la época.

Colaboración de Consulpresa primero y de Coyne y Bellier después.

# Presas de Riaño (VI).

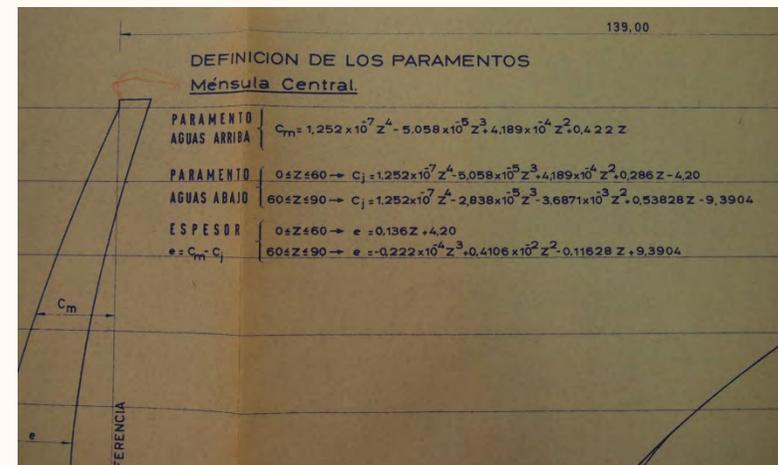
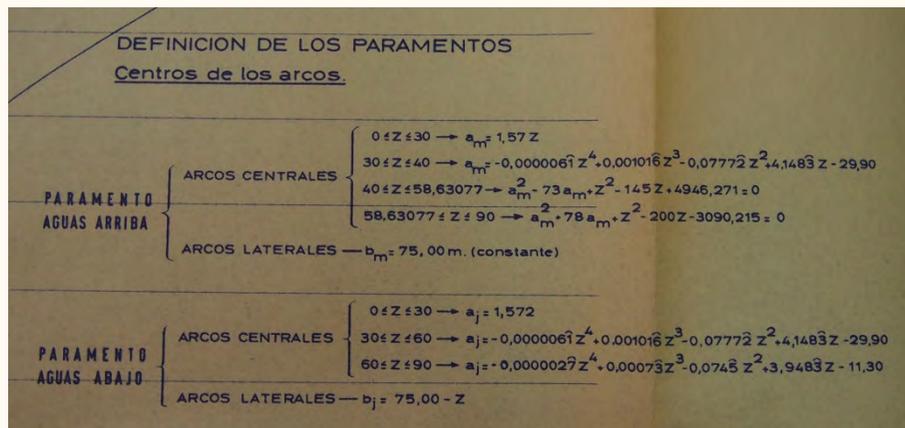


Proyecto de la presa de Riaño (1965).

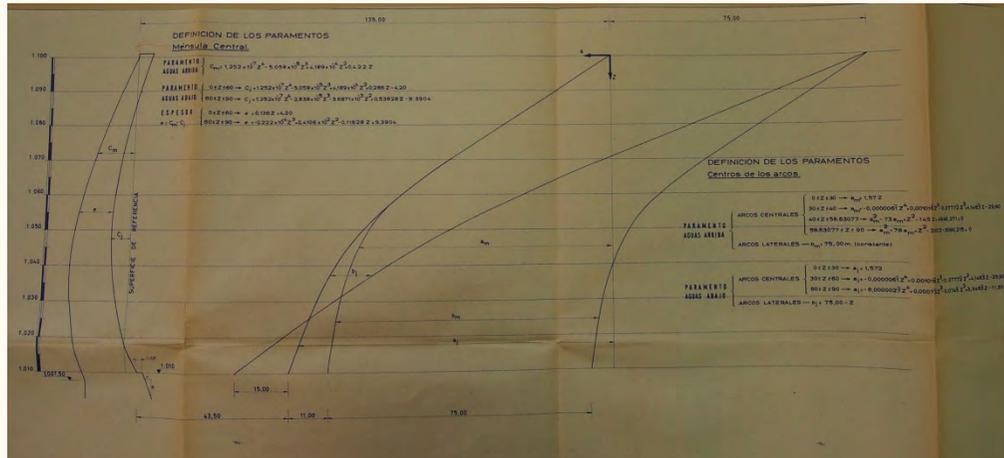
Fuerte asimetría de la cerrada.

Primera definición a base de arcos de tres centros, habitual en España en las presas de la época.

Colaboración de Consulpresa primero y de Coyne y Bellier después.



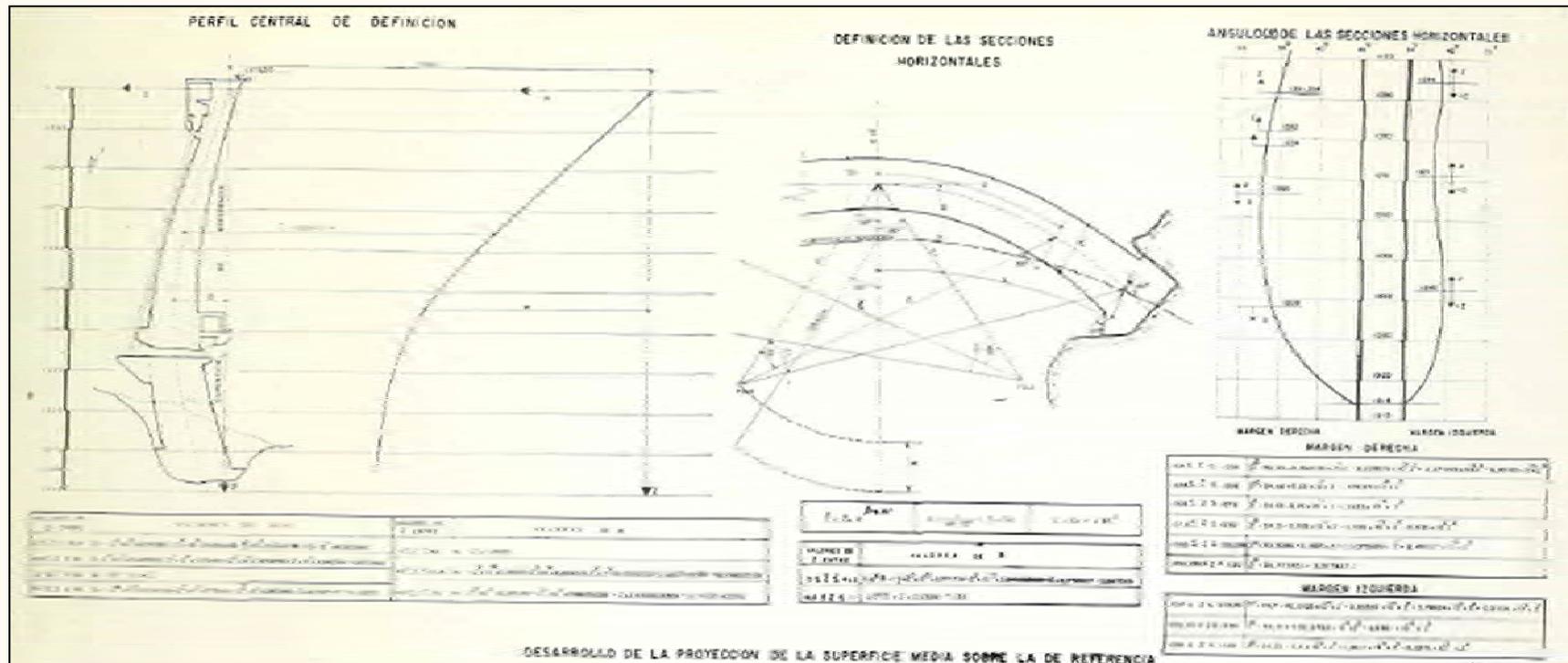
# Presas de Riaño (VII).



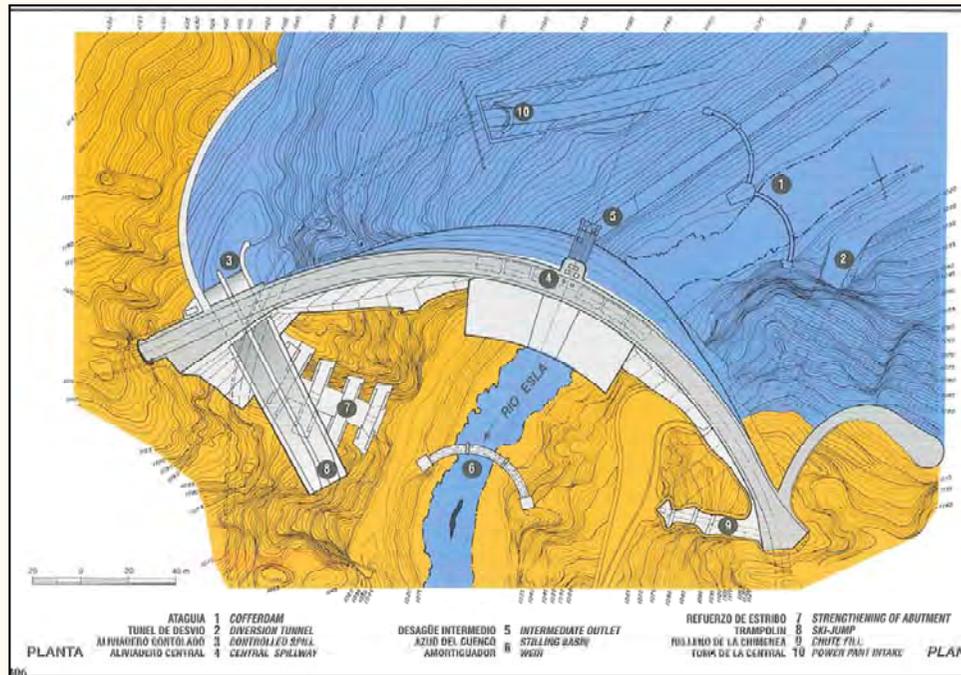
Definición geométrica de los arcos.

Arriba: arcos de tres centros en el proyecto de 1965.

Abajo: **definición definitiva mediante espirales logarítmicas (1966).**

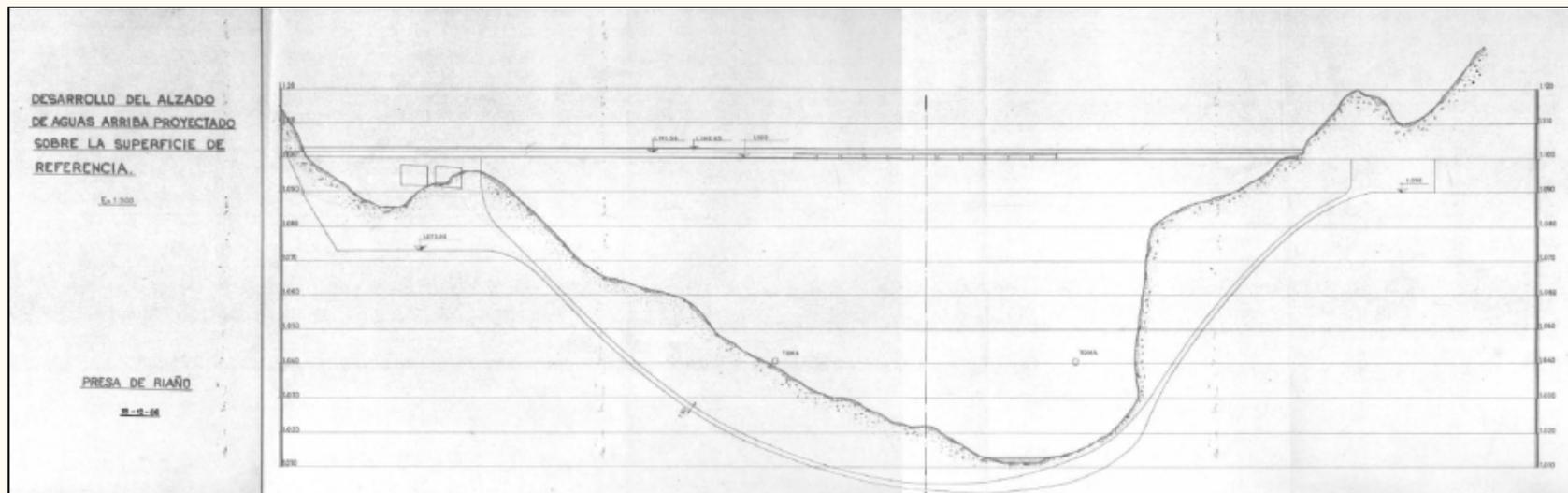


# Presas de Riaño (VIII).

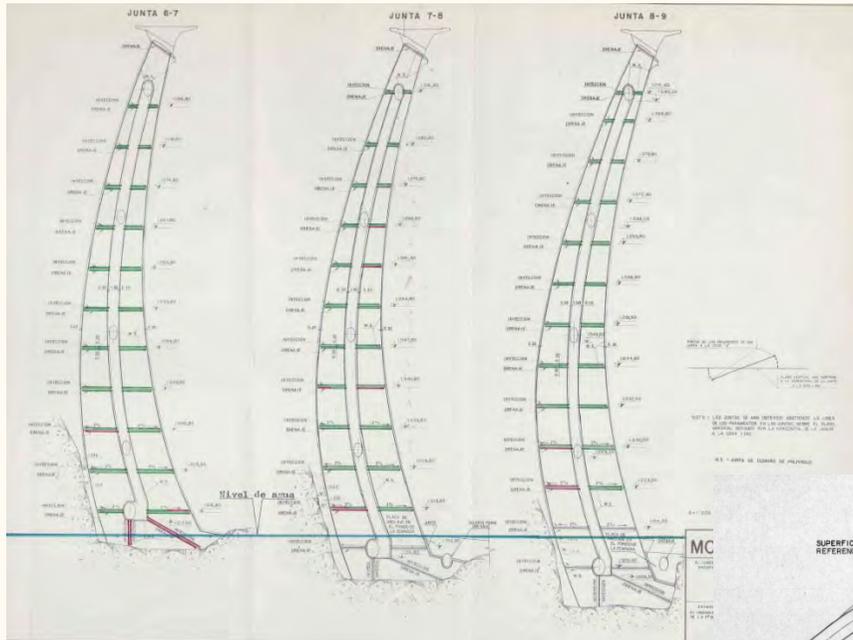


"La fuerte disimetría y la atormentada topografía de la cerrada plantearon problemas de cierta consideración para el encaje de una presa bóveda. Aunque en principio se proyectó una presa con zócalo simétrico, después vimos que era más apropiado -si bien complicaba el diseño- el tantear el encaje de una presa disimétrica ... Esto fue suficiente para evitar el crear una cerrada artificialmente simétrica mediante excavaciones y hormigones suplementarios".

"... las secciones horizontales son de curvatura variable. El incremento de los radios de curvatura de las fibras medias de los arcos, desde clave a arranques, se hace de una forma gradual y habida cuenta de la moderada relación desarrollo/altura de la bóveda".



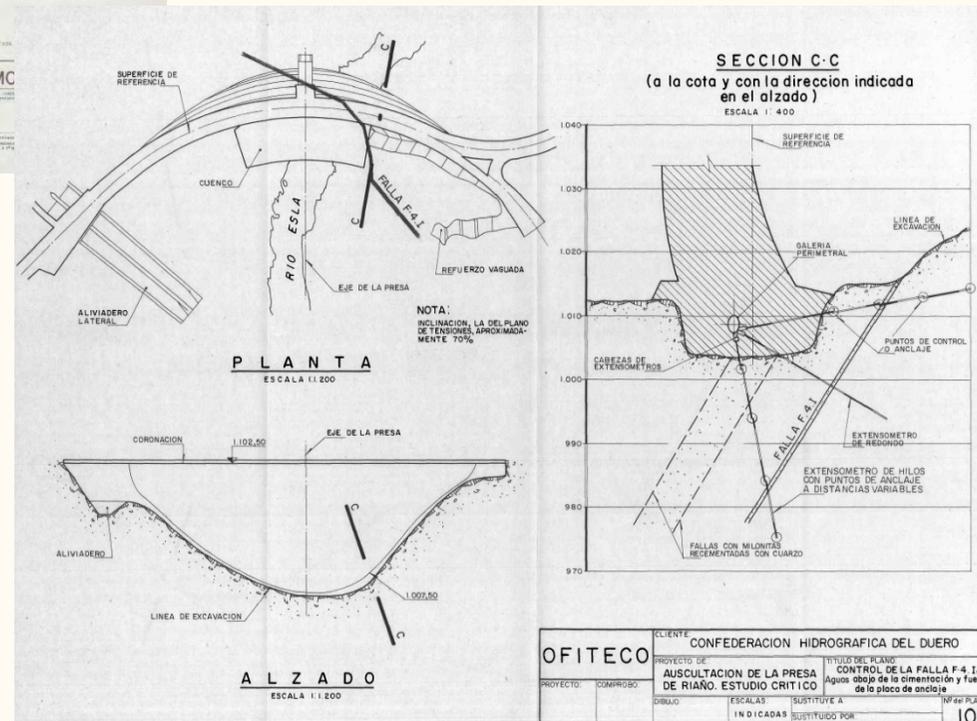
# Presa de Riaño (IX).



Recintos de inyección.

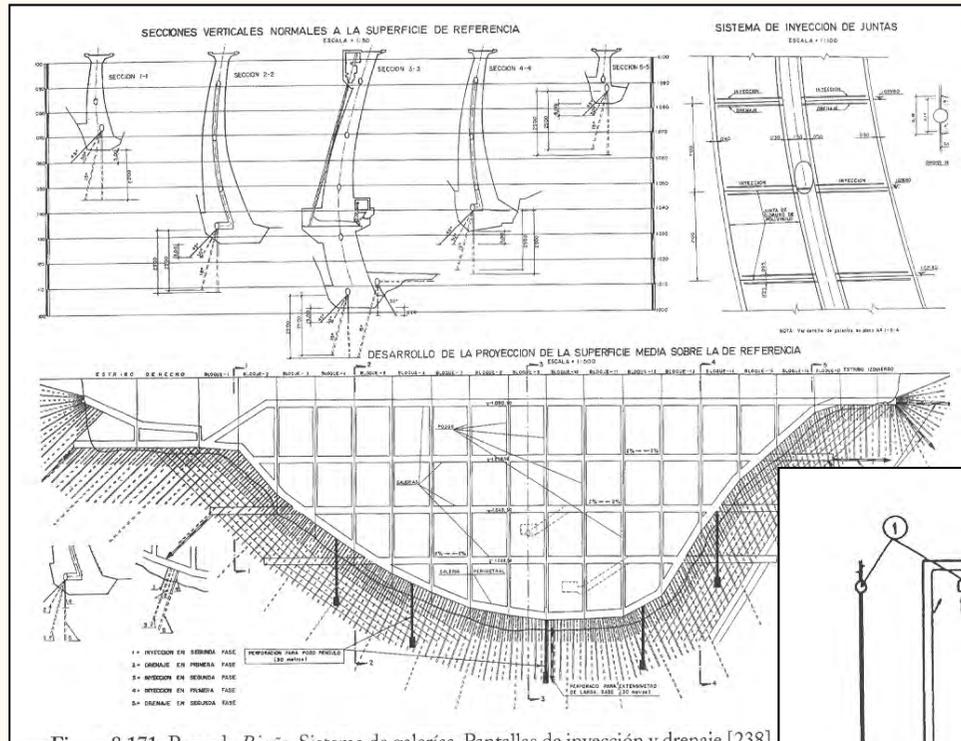
Estudios realizados para la inyección y drenaje.

Estaba no muy lejano el accidente de Malpasset.



OFITECO		CLIENTE	CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL DUERO
PROYECTO:	COMPROBADO:	TITULO DEL PLANO	CONTROL DE LA FALLA F-4.1.
DEBILDO		ESCALAS	Aguas abajo de la cimentación y fuera de la placa de anclaje
INDICADAS		SUSTITUYE A	
		SUSTITUIDO POR	10

# Presas de Riaño (X).



Recintos de inyección y sistema de doble circulación en la presa de Riaño.

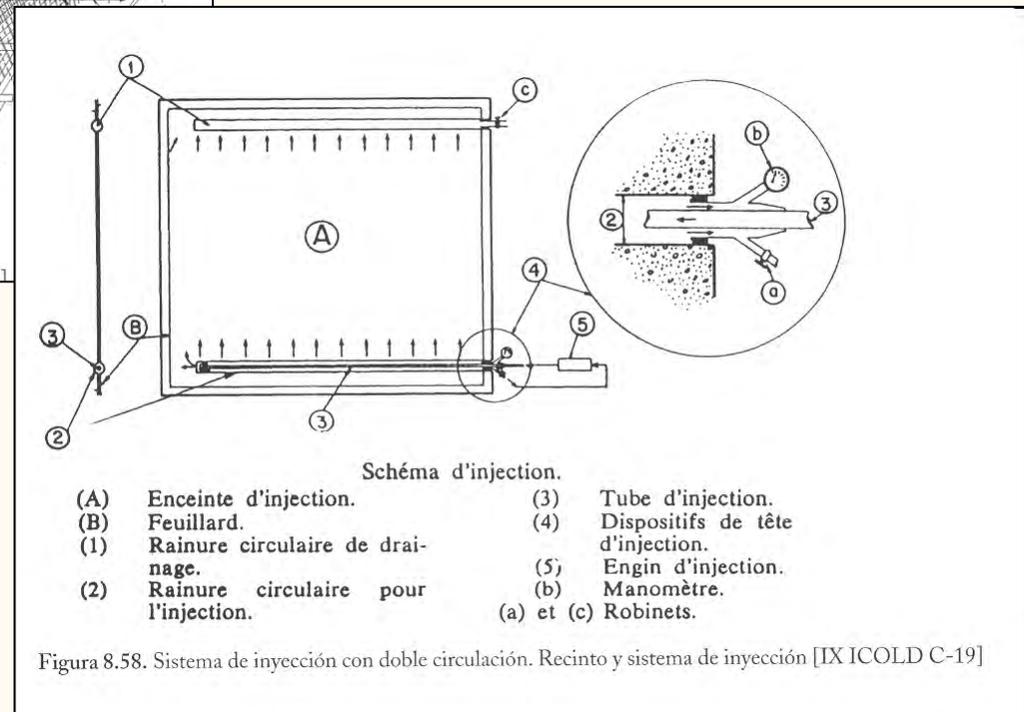
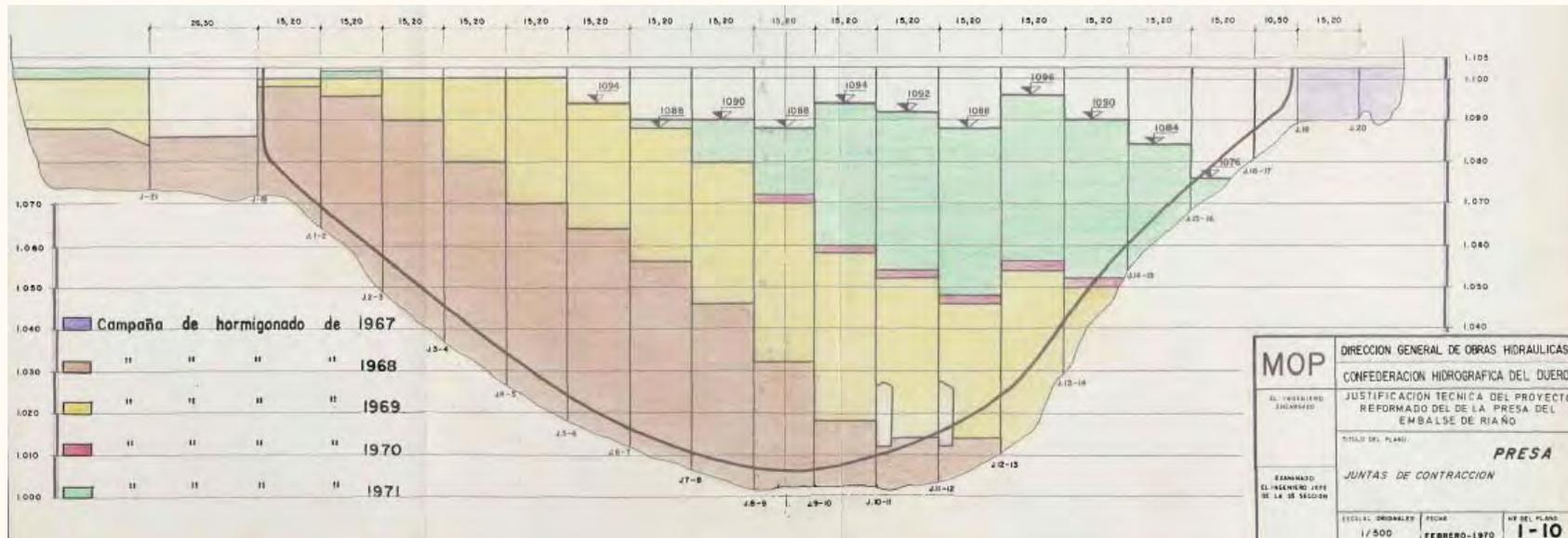


Figura 8.58. Sistema de inyección con doble circulación. Recinto y sistema de inyección [IX ICOLD C-19]

# Presas de Riaño (XI).



Se utilizaron tres tipos de hormigón:

**Hormigón tipo 1: con cemento portland normal.**

- Porcentaje de cenizas volantes algo más elevada que de costumbre.
- 190 kg de cemento y 80 kg de cenizas volantes (30% del total).

**Hormigón tipo 2: con cemento portland con un contenido en escorias del 20%.**

- 190 kg de cemento, con 20% escorias y 80 kg de cenizas volantes.
- Por lo tanto: 150 kg de clinker y 120 kg de contenido puzolánico (el 45% del total).

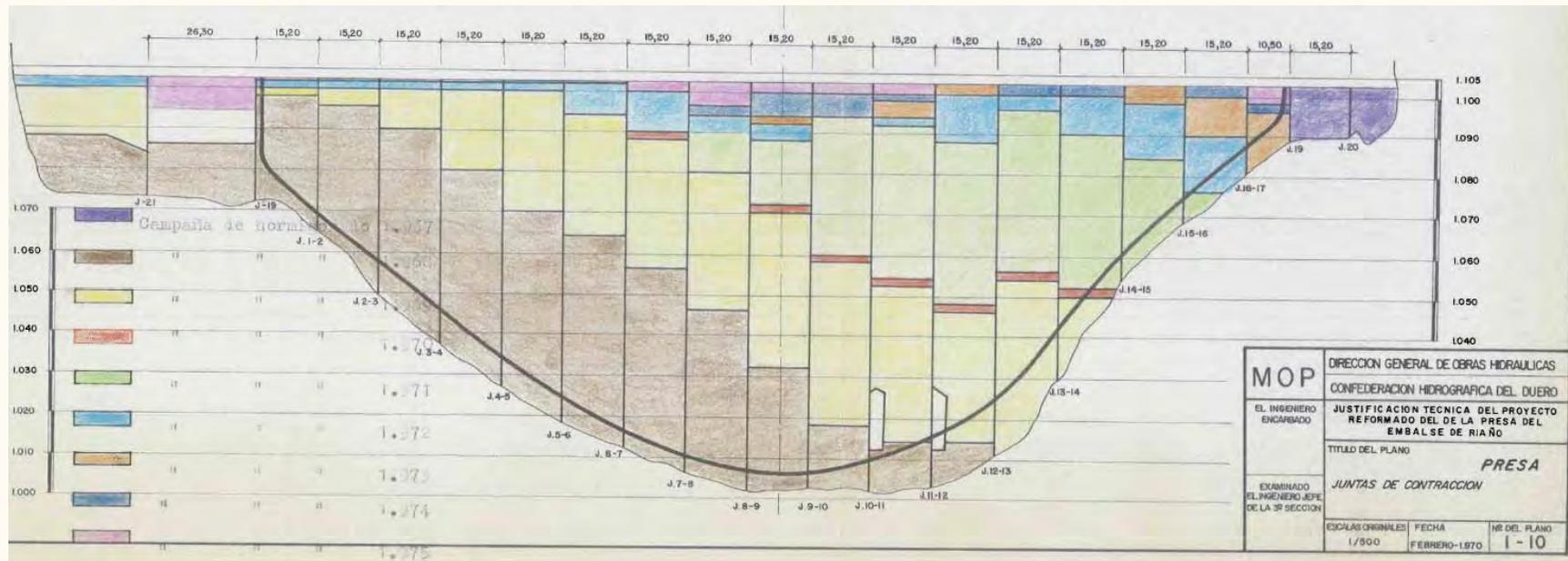
**Hormigón tipo 3: dosificaciones pobres.**

- 120 kg de cemento, conteniendo o no escorias y 80 kg de cenizas volantes.
- Hormigones de hasta 96 kg de clinker y 104 kg de material puzolánico (52% del total)

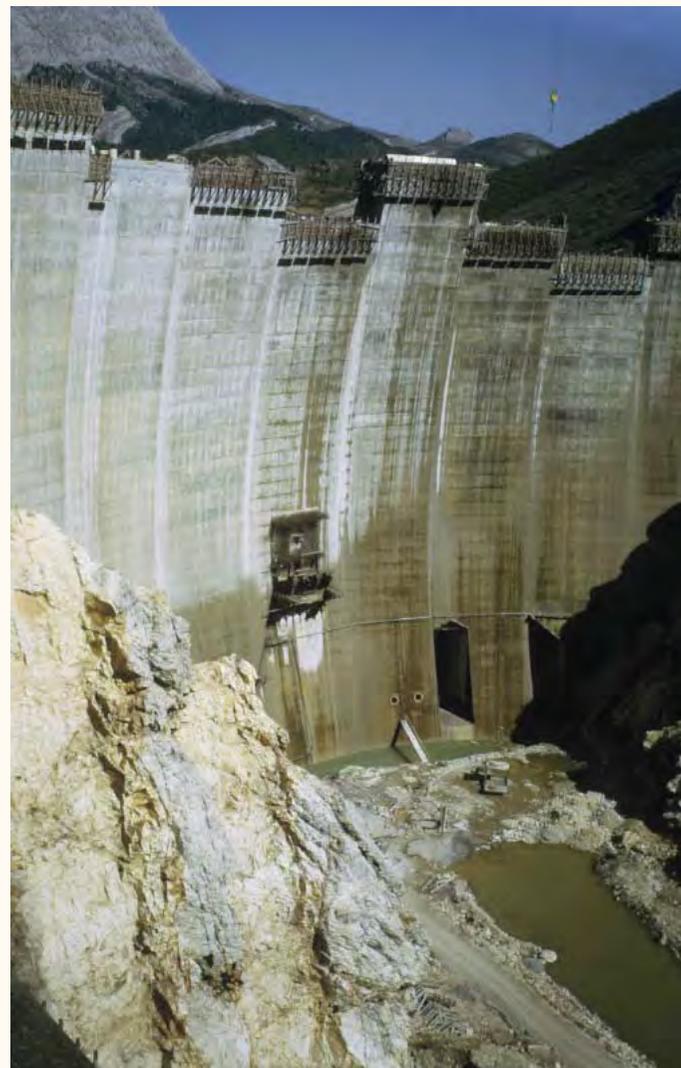
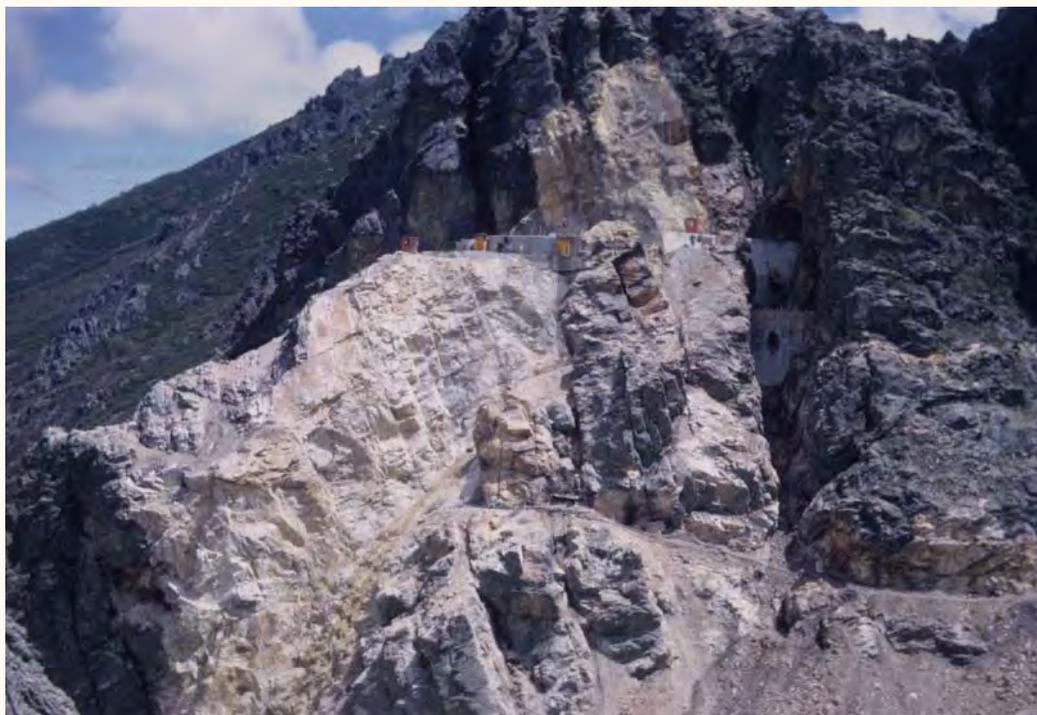
## Presas de Riaño (XII).

*"Una sustitución de este porcentaje tan elevado del cemento por material puzolánico, a nuestro conocimiento, ha constituido una novedad, y sorprendentemente se han conseguido resistencias características medias que han a los noventa días oscilan entre 270 y 300 kg/cm<sup>2</sup>, valor suficiente para la mayor parte de las presas de hormigón".*

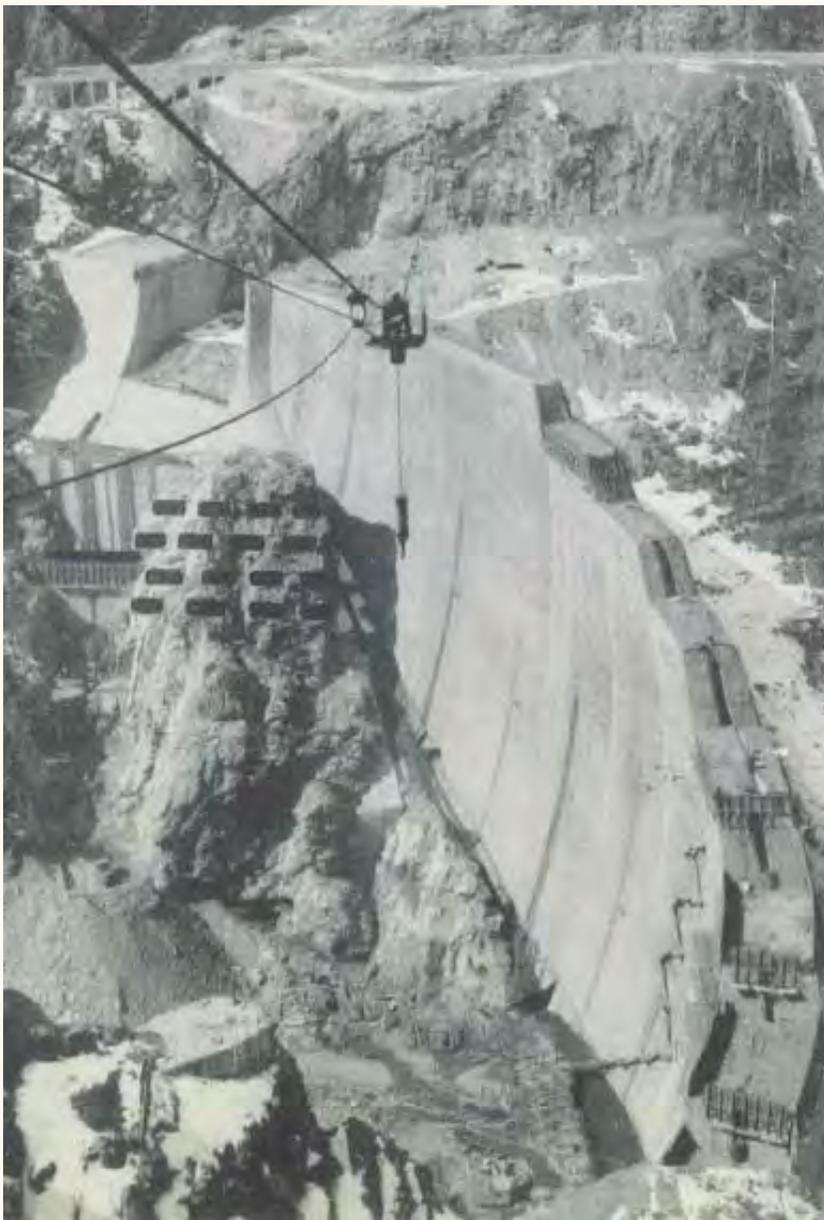
*"Pensamos pues que deben proseguirse estas investigaciones, haciéndolo nosotros también por nuestra parte ...".*



# Presas de Riaño (XIII).



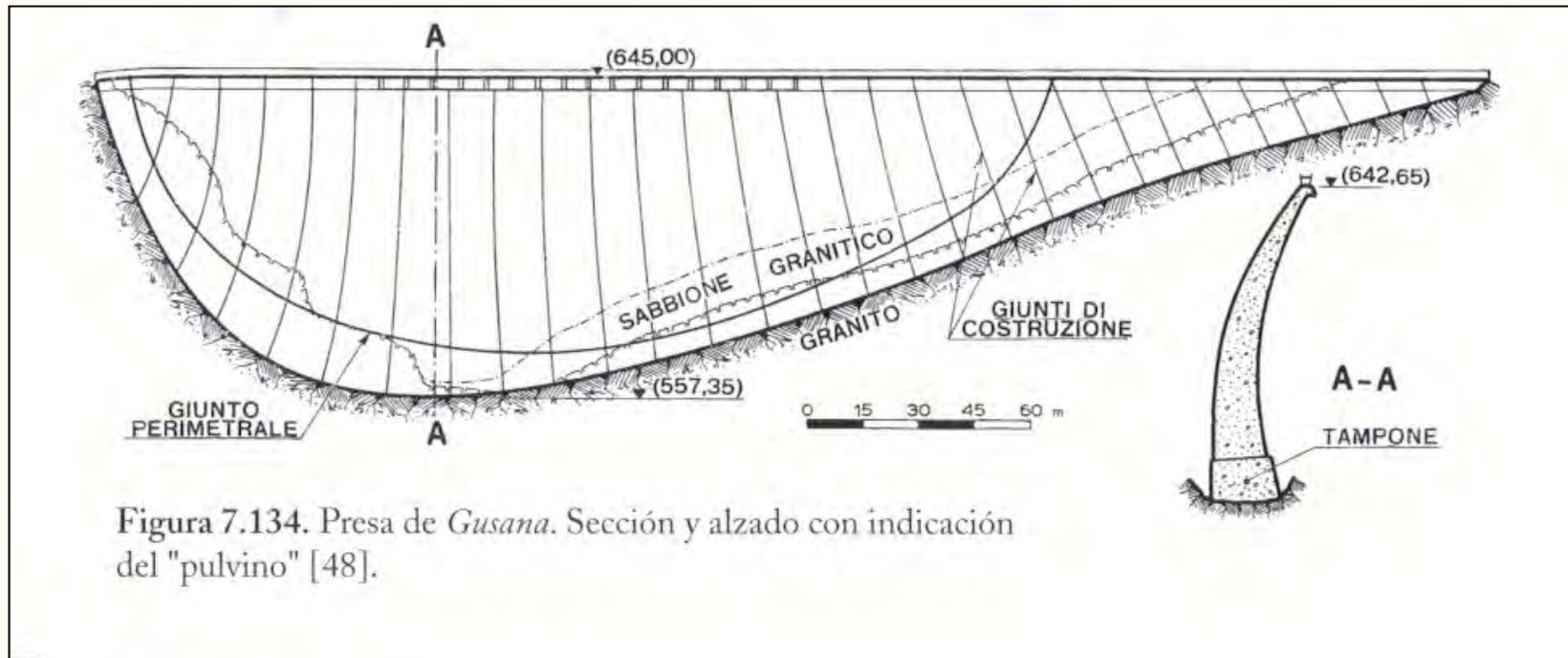
## Presas de Riaño (XIV).





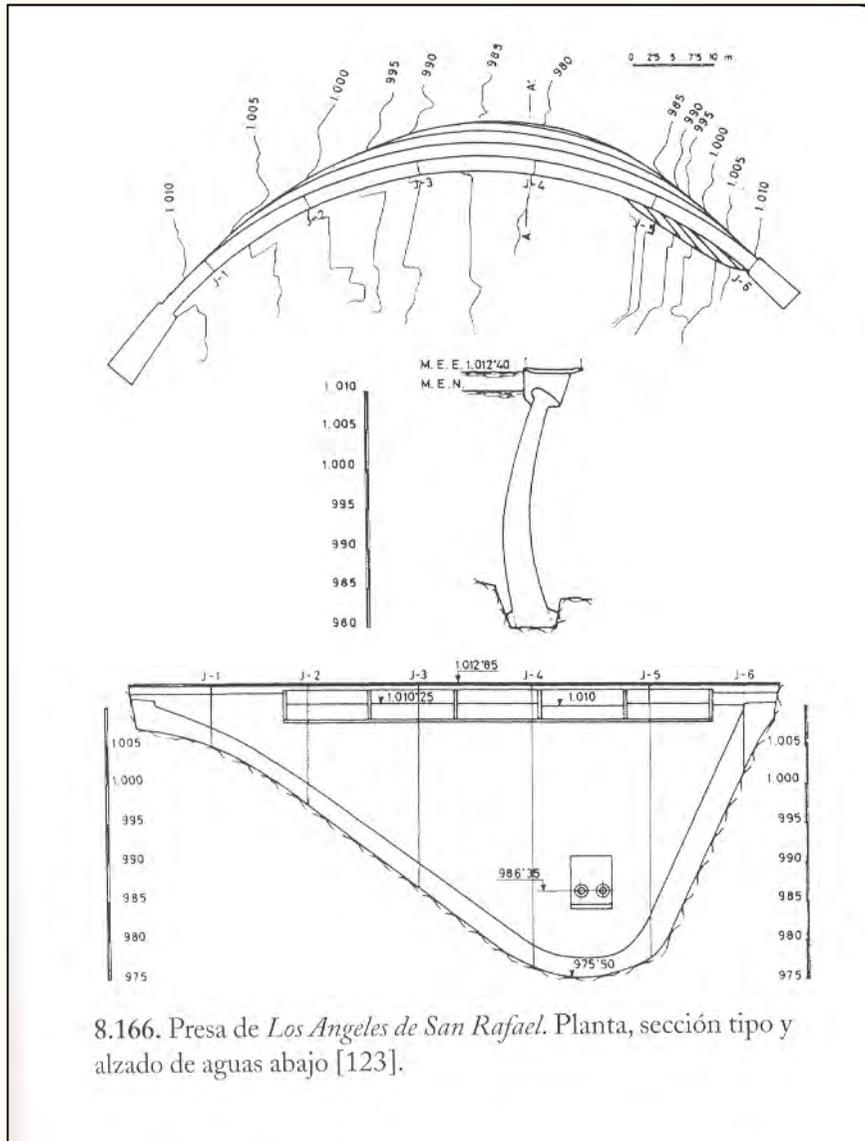
La asimetría en las presas de RL y EG.  
La presa de Los Ángeles de San Rafael

## La presa de Los Ángeles de San Rafael (I).



- **Asimetría de cerrada y asimetría de bóvedas:**
- Lo habitual es que las cerradas sean asimétricas, en mayor o menor medida. En ellas caben varias soluciones. Lo habitual ha sido hacer bóvedas simétricas en estas cerradas:
  - Regularizando las cerradas mediante macizos de gravedad, zócalos o pulvinos.
  - Haciendo bóvedas con definición simétrica y formas asimétricas por distinto encuentro con el terreno.
- **Rafael López y Enrique Giménez no se lo plantearon de esa forma.**

## La presa de Los Ángeles de San Rafael (II).



8.166. Presa de *Los Angeles de San Rafael*. Planta, sección tipo y alzado de aguas abajo [123].

- Asimetría de cerradas y bóvedas:
- Presa de Los Ángeles de San Rafael.
- Como criterio básico de proyecto: la clave de los arcos debía estar más o menos centrada, y la ley de variación de orientación de las claves debía ser uniforme.
- Se desechó la definición simétrica con contorno asimétrico por:
- Con el plano de claves de arcos centrado con el río los arcos superiores incidían mal con el terreno en la margen derecha.
- Con el plano de simetría centrado con los arcos superiores los inferiores incidían mal en la margen izquierda y la ley de espesores era absurda.
- Las posiciones intermedias tenían los defectos de ambas.

## La presa de Los Ángeles de San Rafael (III).

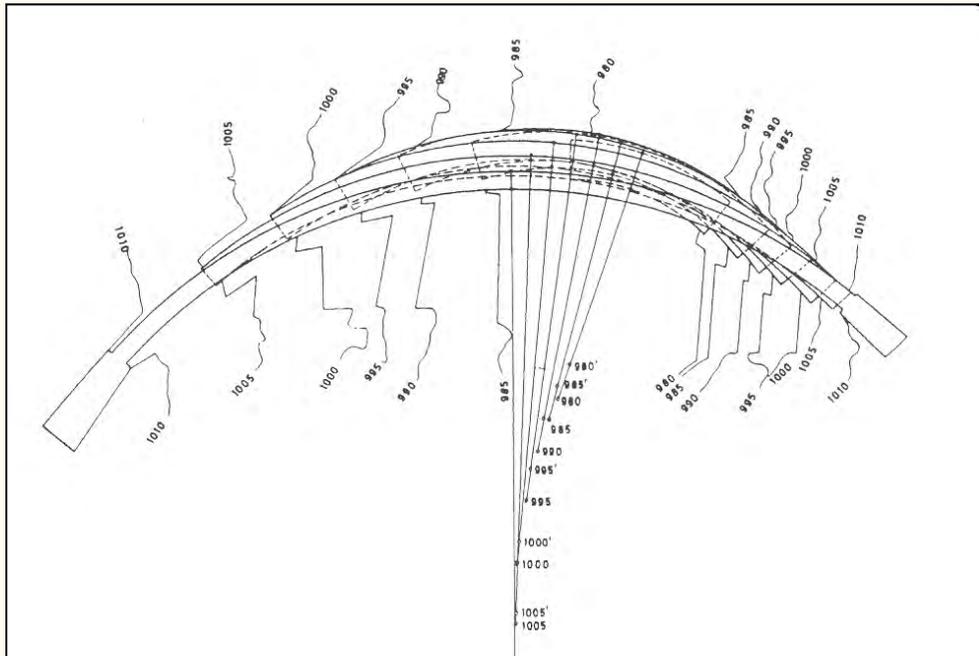


Figura 8.167. Presa de



- Asimetría de cerradas y bóvedas:
- Presa de Los Ángeles de San Rafael.
- Solución:
- Arcos circulares por la estrechez de la cerrada.
- Las claves de arcos circulares formaban un helicoide de plano director:
  - Las claves de los arcos cortaban al paramento de aguas abajo del arco superior a distancias proporcionales a la diferencia de cotas de los arcos.

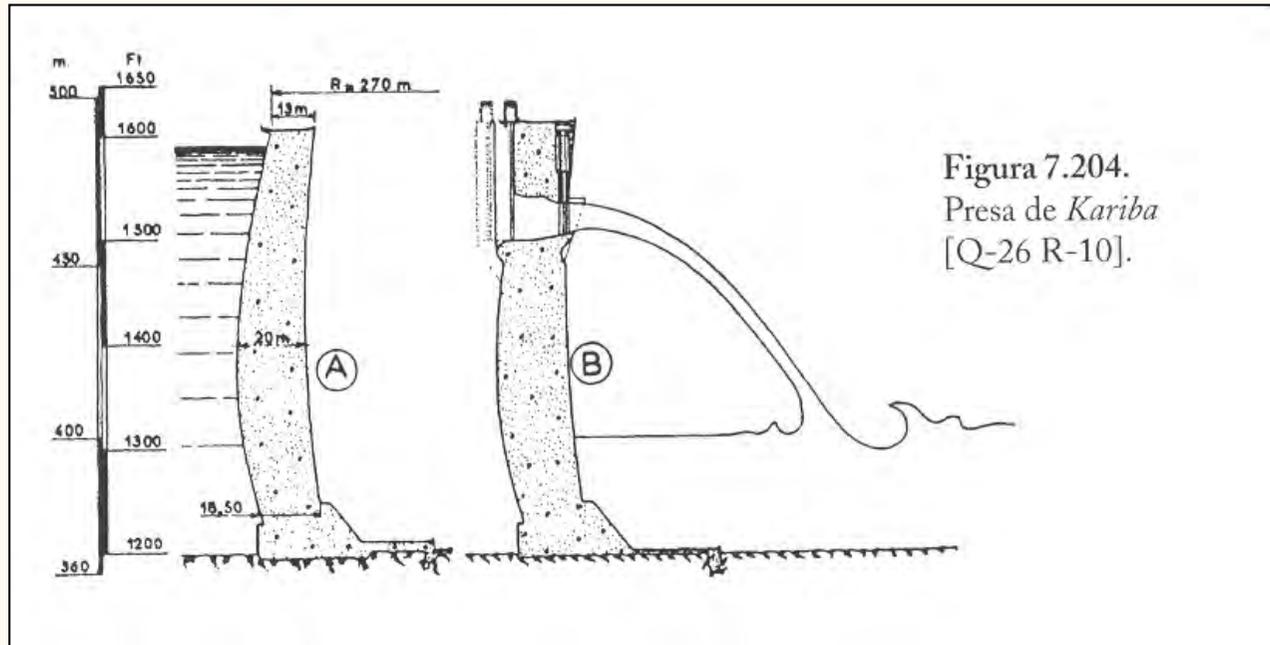


Las presas bóvedas en cerradas anchas.  
Las presas de las Cogotas y de Pontón Alto

## Las presas arco y bóveda en cerradas anchas (I).

- Cerradas anchas:
- Se entiende por cerradas anchas aquellas en las que la relación entre la cuerda y la altura es alta.
- Hasta mediados del siglo XX las presas bóveda ni siquiera se planteaban en cerradas anchas. Con posterioridad con algunos recelos en algunos casos.
- Como ejemplo: el Bureau of Reclamation hasta los años ochenta recomendaba que para relaciones de cuerda a altura superiores a 4 y para relaciones de desarrollo en coronación a altura superiores a 5 no se construyesen presas arco o bóveda.
- A partir de los años 50 y 60, sobre todo con y gracias a Coyne, estos valores se superan y con mucho.
- En España algunas presas de las que aquí nos interesan son "más que dignas de mención" en este aspecto: Las Cogotas y Pontón Alto o el azud de Fuentes Claras.
- La construcción de presas arco en estas cerradas exige hacer correcciones estructurales que van en tres líneas:
  - Secciones casi constantes: arcos superiores más rígidos, arcos inferiores más elásticos (Presa de Kariba). Espesores de sección "antinatural".
  - Juntas en la base.
  - Un mejor encaje y definición de la bóveda en la cerrada.

## Las presas arco y bóveda en cerradas anchas (II).



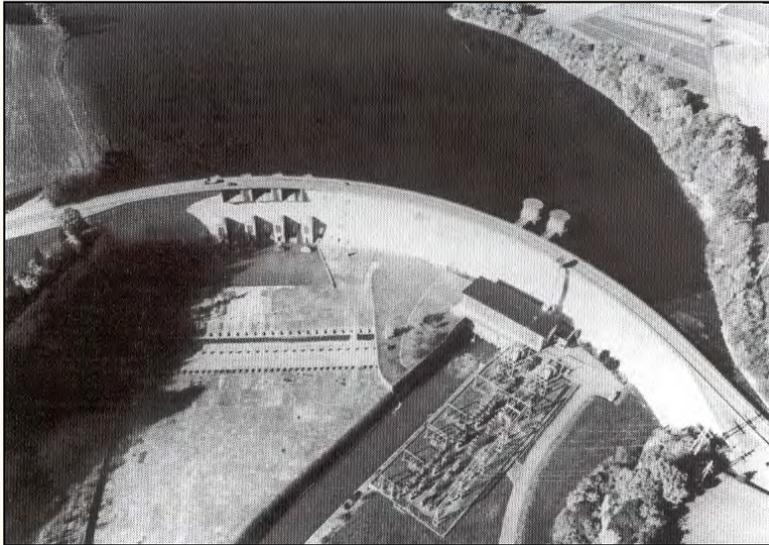
En las cerradas anchas, el efecto arco disminuye.

Las ménsulas toman mayor carga y para evitar tracciones en el pie de aguas abajo haría falta espesores grandes.

Se llegaría a tener presas arco-gravedad.

- Cerradas anchas:
- Para recuperar el funcionamiento de la bóveda, una solución es:
  - Arcos superiores más gruesos, más rígidos y que "toman" mayor carga.
  - Hacer arcos inferiores más finos, con el fin de tener menor rigidez.
  - Espesor en secciones verticales casi constantes (consecuencia de lo anterior).
- Es el caso de la presa de Kariba (André Coyne), pionera en este sentido.

## Las presas arco y bóveda en cerradas anchas (III).

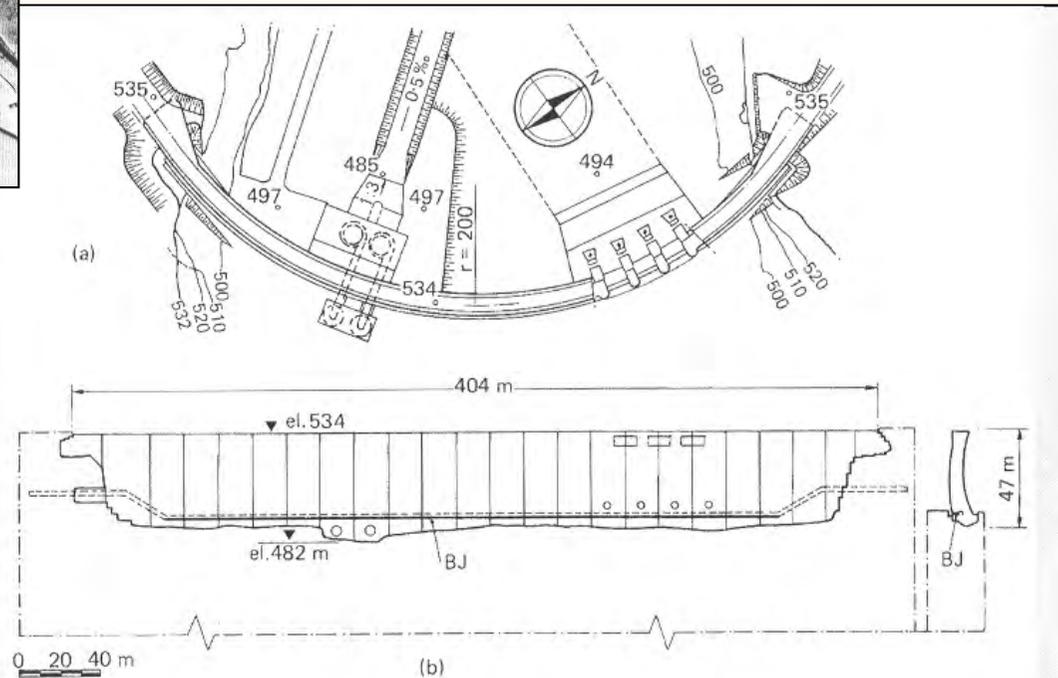


En **cerradas anchas**, una segunda solución es la de poner una junta abierta en el pie de aguas arriba en las ménsulas más altas.

Esto equivale a aceptar la tendencia a la tracción en esas zonas y actuar en consecuencia.

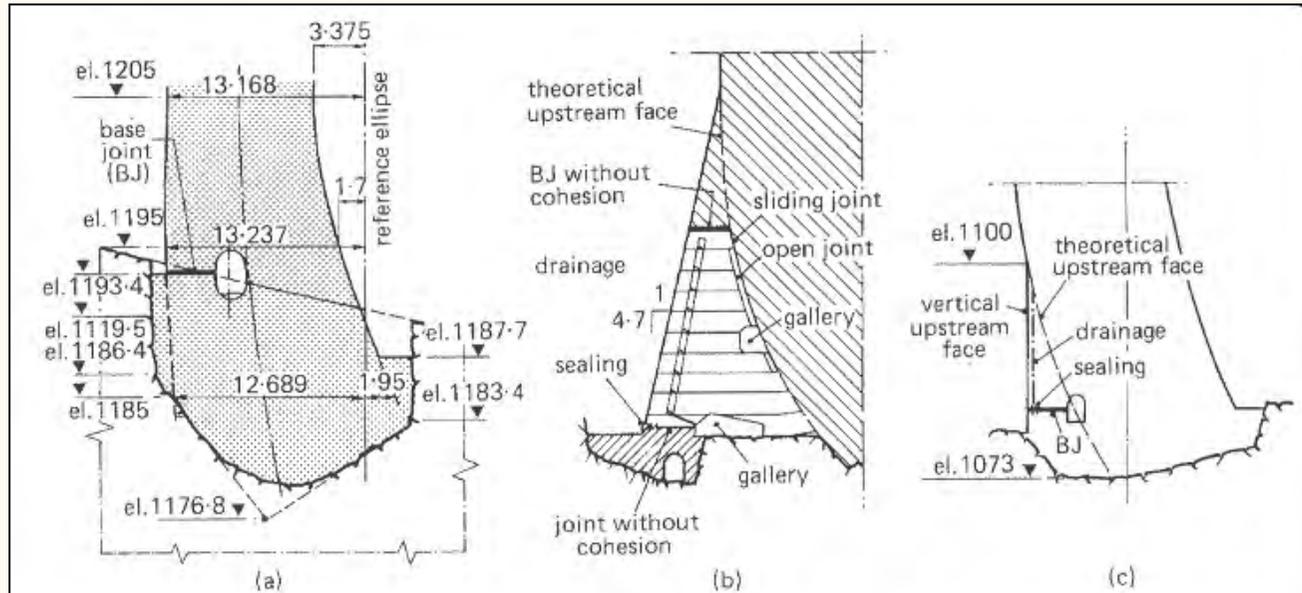
Exige mayor control y revisiones.

Juntas en la base en la presa de Schiffenen.



*Schiffenen arch dam in Switzerland with an upstream base joint (1963): (a) plan; (b) longitudinal section; and, (c) cross section.*

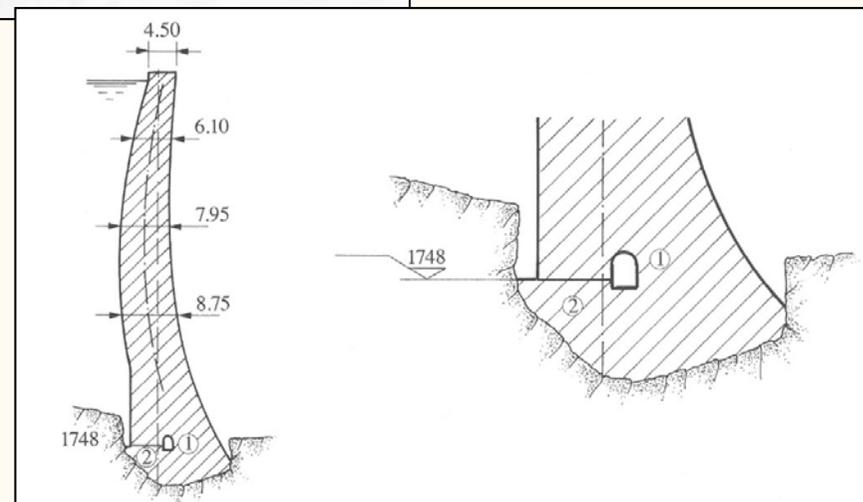
# Las presas arco y bóveda en cerradas anchas (IV).



Some layouts of base joints: (a) Hongrin arch dam (Switzerland, 1968); (b) Verwoerd arch dam (South Africa, 1972); and, (c) Le Roux arch dam (South Africa, 1977).

## Cerradas anchas:

Juntas en el pie de aguas arriba en diversas presas: Hongrin, Heindrich Verwoerd, P.K. Le Roux y Toules (abajo).



# Las presas arco y bóveda en cerradas anchas (V).

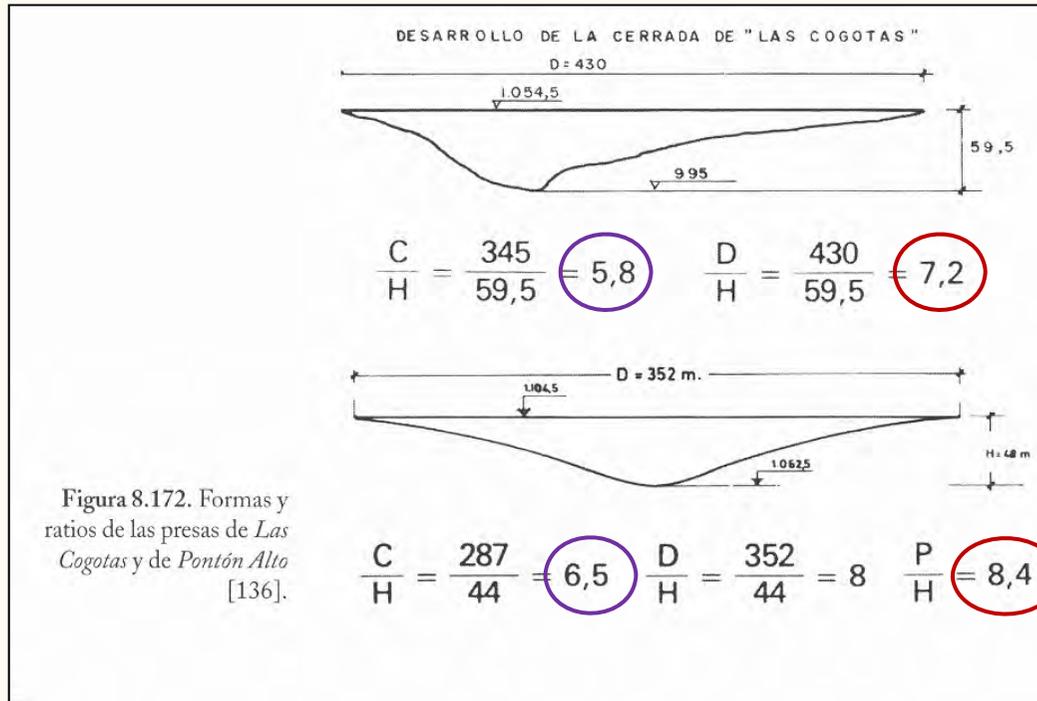


Figura 8.172. Formas y ratios de las presas de Las Cogotas y de Pontón Alto [136].

## Presas de Las Cogotas y Pontón Alto.

Tabla 8.37. Características geométricas de las presas de Las Cogotas y Pontón Alto.

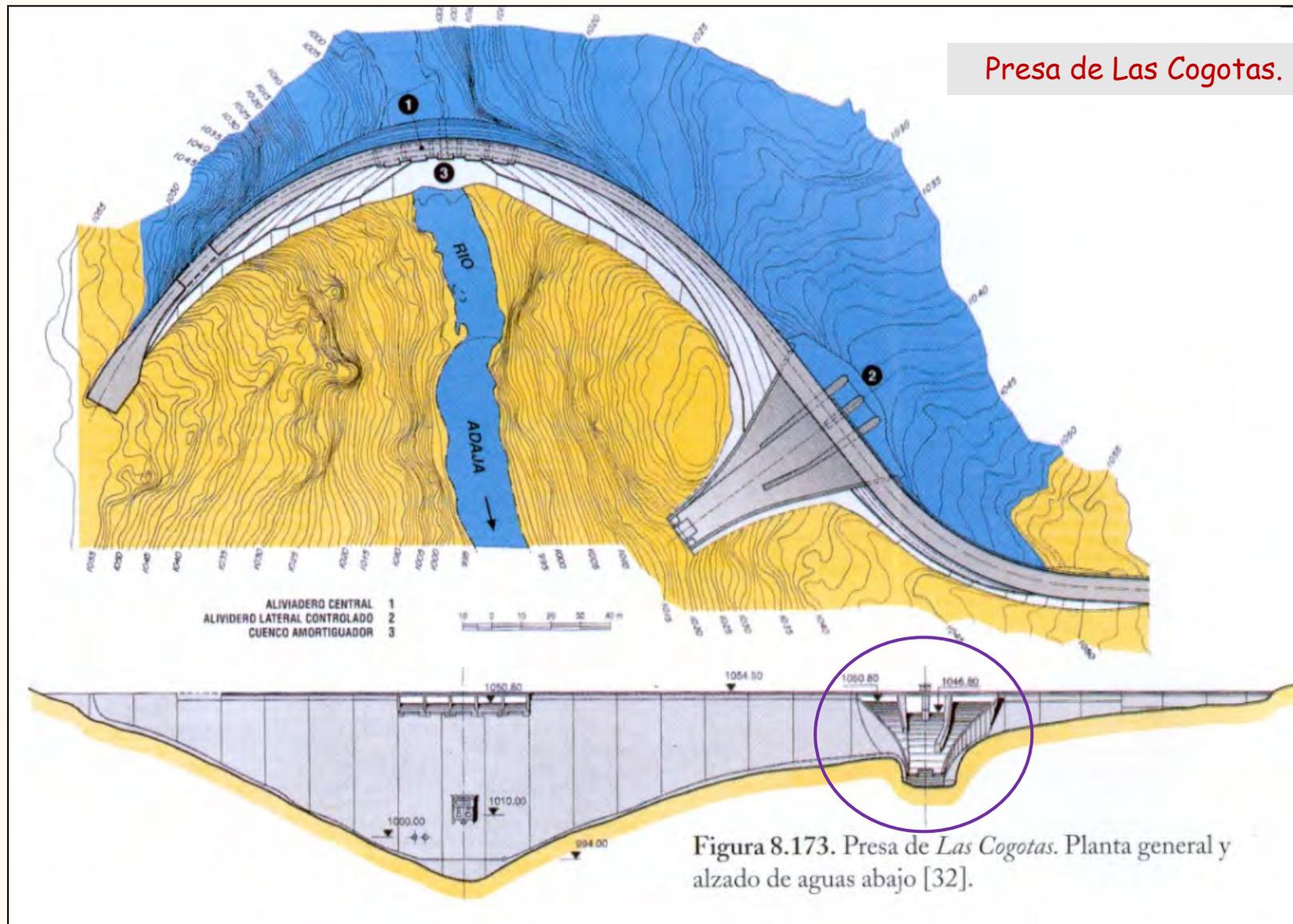
Concepto	Las Cogotas	Pontón Alto
<b>Relaciones en las bóvedas</b>		
Cuerda/altura c/h	3.80	5.20
Desarrollo/altura d/h	5.50	6.30
Perímetro/altura p/h	6.00	7.00
<b>Relaciones en las cerradas</b>		
Cuerda/altura c/h	5.80	6.50
Desarrollo/altura d/h	7.20	8.00
Perímetro/altura p/h	7.80	8.40

### Cerradas anchas:

Una tercera solución es forzar la geometría de la presa, lo que obliga a definiciones más complejas y a "aceptar" en algunas situaciones la aparición de pequeñas tracciones.

En España: ejemplos de Las Cogotas o Pontón Alto (bóvedas) o Fuentes Claras (arco).

## Las presas de las Cogotas y de Pontón Alto (I).



## Las presas de Las Cogotas y Pontón Alto (II).



Presa de Las Cogotas.

Maqueta de esquema geológico.

## Las presas de las Cogotas y de Pontón Alto (III).

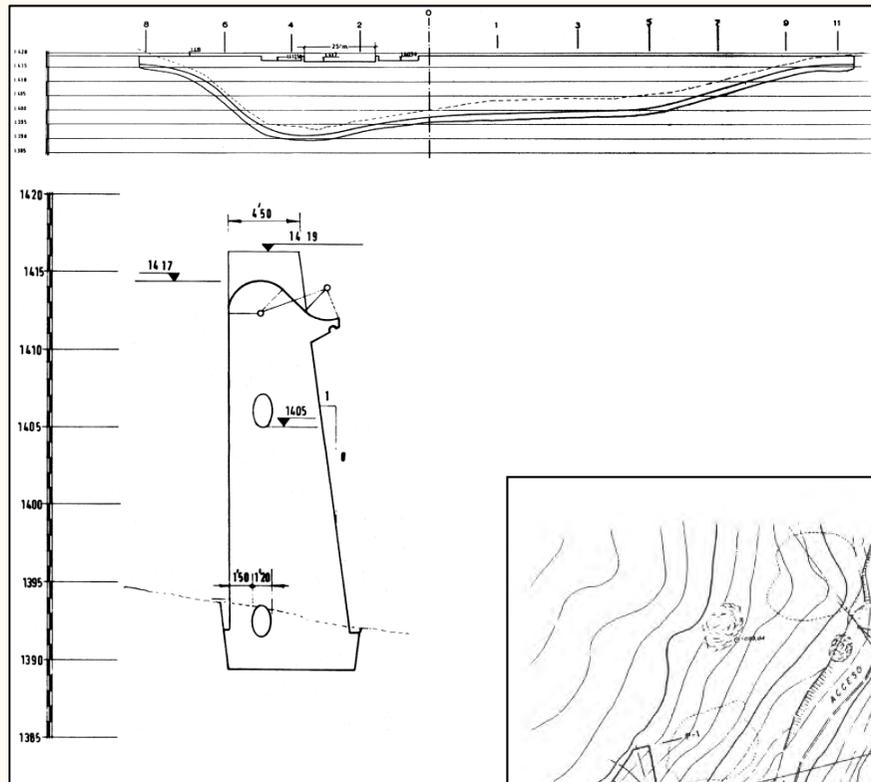


## Las presas de las Cogotas y de Pontón Alto (IV).



Presas arco de Fuentes Claras, en Ávila, en la cola del embalse de Las Cogotas.

# Las presas del Castro de las Cogotas y de Pontón Alto (V).



Presas de Fuentecaballeros (no ejecutado).

Azud de Fuentes Claras (Avila).

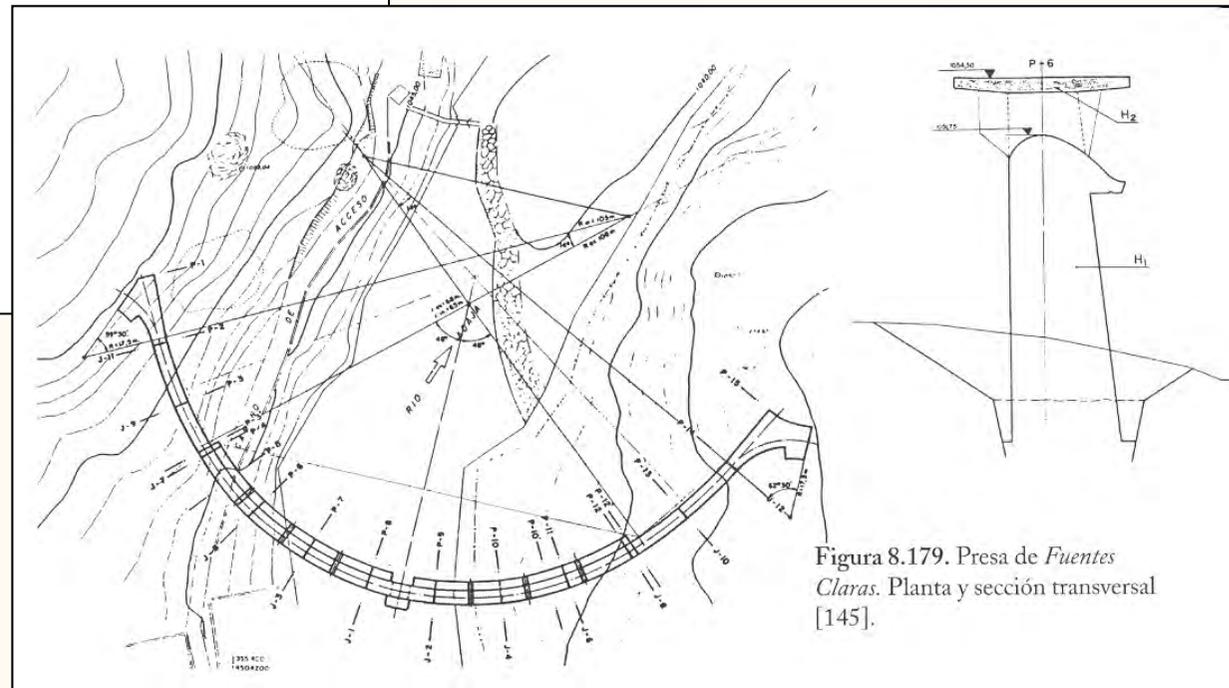
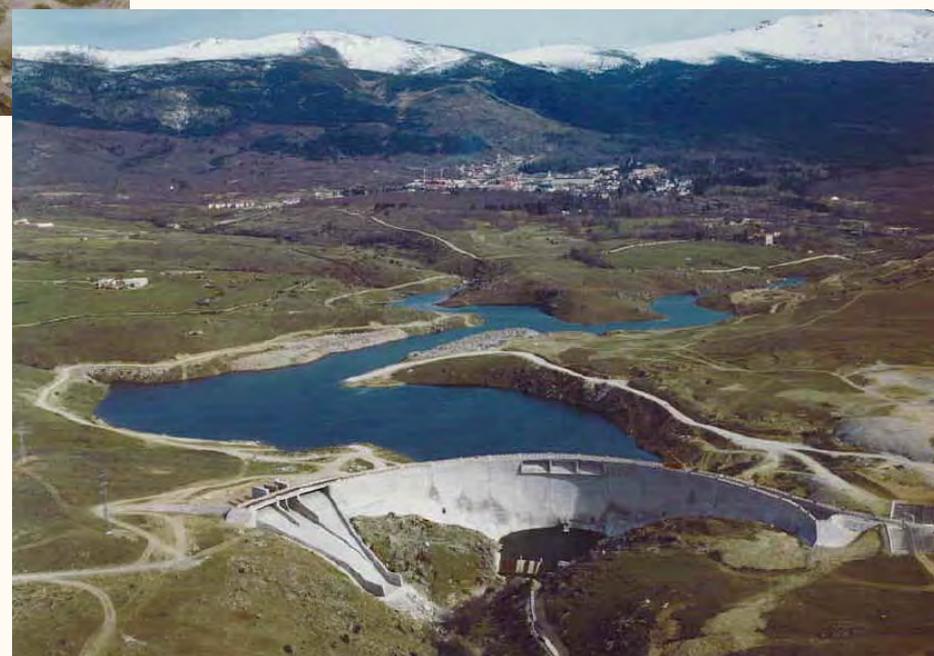
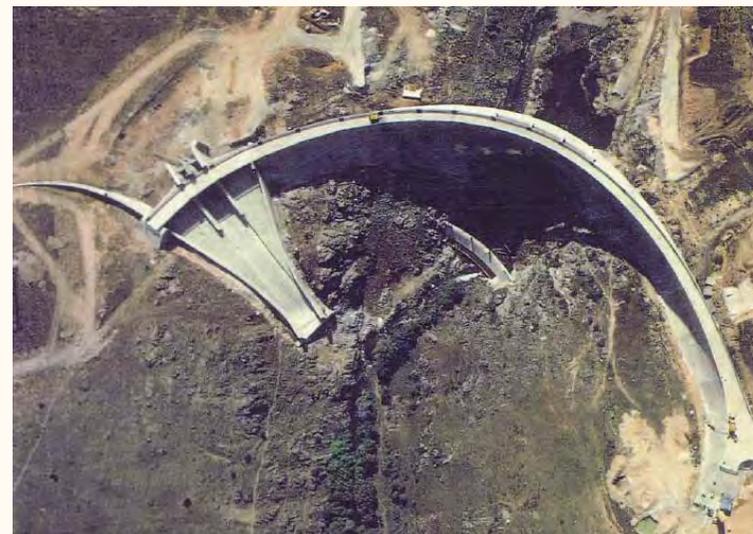


Figura 8.179. Presa de Fuentes Claras. Planta y sección transversal [145].

## Las presas de Las Cogotas y Pontón Alto (VI).



Vistas aéreas de la presa de Pontón Alto (Segovia).

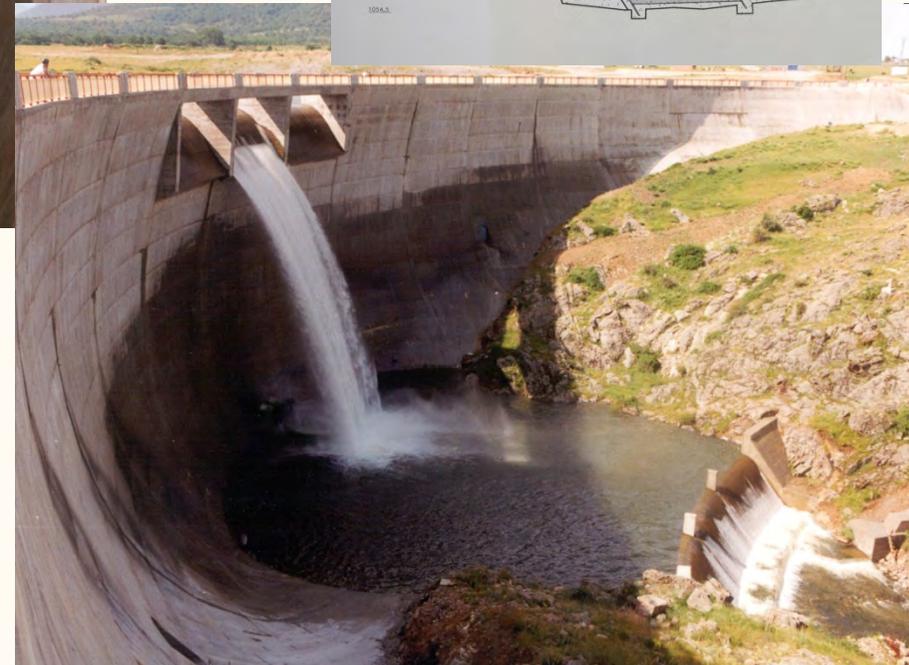
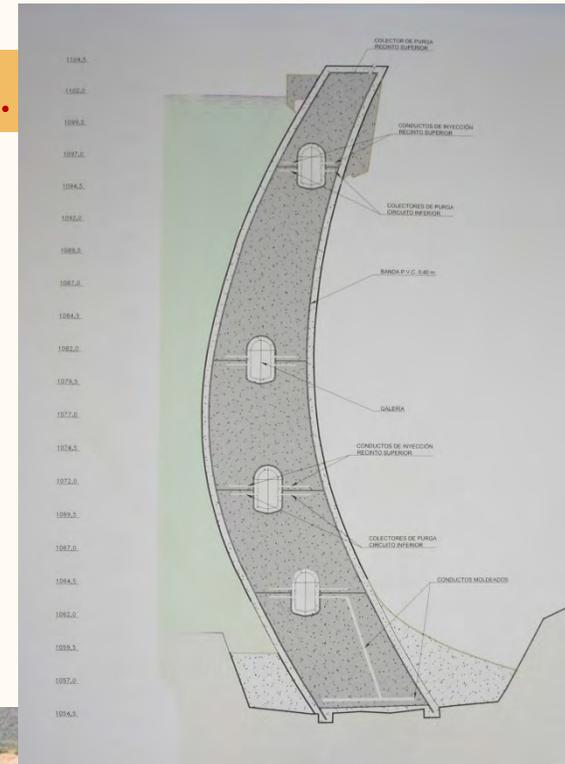
## Las presas de las Cogotas y de Pontón Alto (VII).



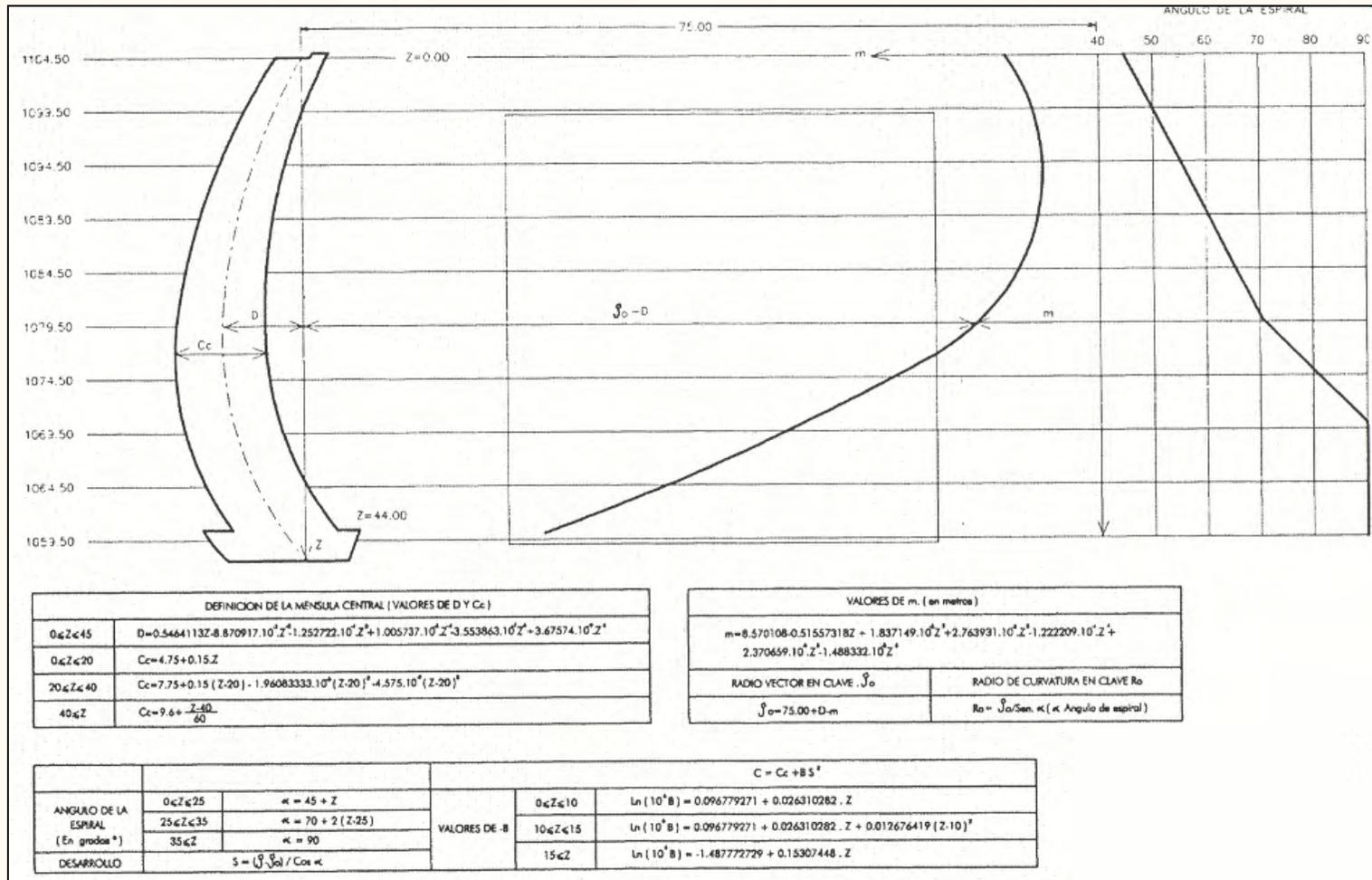
Cerradas anchas.

Presas bóveda de Pontón Alto.

Observar la fuerte curvatura de las ménsulas en el entronque con el terreno de apoyo, sobre todo en los estribos.



# Las presas del Castro de las Cogotas y de Pontón Alto (VIII).



Presa de Pontón Alto.

Definición de arcos mediante espiral logarítmica.



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO

DIRECCION GENERAL DE  
OBRAS HIDRAULICAS

Madrid a 13/1/88

24

A LA ATENCION DE: D. Enrique Giménez Sánchez

REFERENCIA: Presa de UZQUIZA

Querido Enrique:

Adjunto nuestro último informe sobre el llenado de  
UZQUIZA, que supongo será de tu conformidad. Un abrazo:

Guillermo Gómez Laa



CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL DUERO  
INGENIERO

Valladolid, 22 de Julio de 1.975

Sr.D.Guillermo Gómez Laa  
Servicio de Vigilancia de Presas de  
la Dirección General de Obras Hidráulicas  
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS  
M A D R I D  
=====

Querido Guillermo:

Adjunto te envío un resumen de los puntos más importantes  
tratados en la reunión celebrada el pasado día 16 en Madrid.

Un abrazo,

Fdo.-Enrique Giménez.-

22

Presa de Uzquiza

## Presa de Uzquiza (I).



La presa de Uzquiza (1978) es la tercera presa más alta de España de las de tierras homogénea, con 65 metros de altura.

Se construyó de forma bastante simultánea con la presa de La Pedrera (1978), que con 75 metros fue la más alta de España hasta la construcción de la presa de Charco Redondo (1983).

Las demás presas de este tipo no sobrepasan los 45 metros de altura, incluso las más recientes.

Dentro de las tres citadas es la que tiene taludes más verticales con 2,90 y 2,20 (suma 5,10), frente a los 3,00 y 2,70 (suma 5,70) y 3,50 y 3,00 (suma 6,50) de las otras dos.

## Presa de Uzquiza (II).



Proyecto de construcción: 1967.

Autor: Pedro Rodríguez del Palacio.

Se adopta solución de presa de gravedad, tras estudiar y desechar las soluciones de escollera y de contrafuertes.

Vigilancia de Presas recomienda se estudie mejor la posibilidad de una presa de escollera.

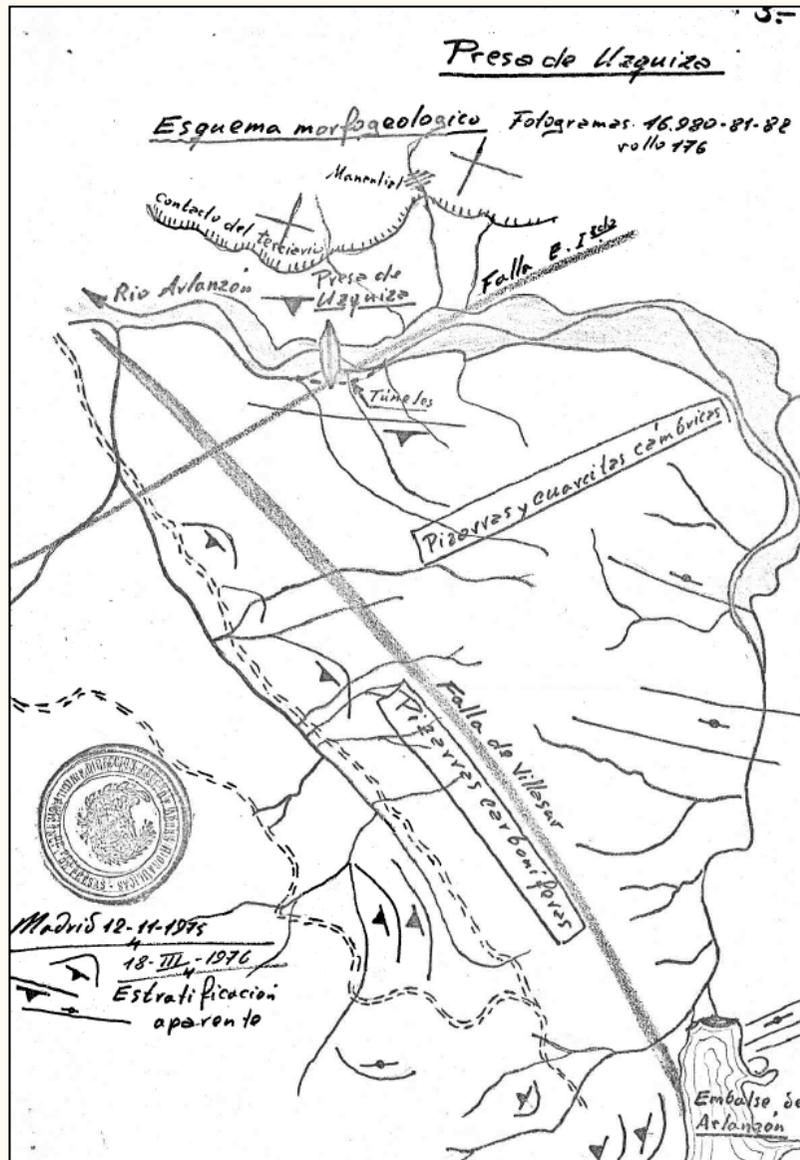
En 1973 Enrique Giménez realiza el proyecto de replanteo, con modificación de precios.

En 1974 se hace un concurso restringido con posibilidad de desarrollar variantes con presas de materiales sueltos, tanto de tierras como de escollera.





## Presas de Uzquiza (IV).



Mientras tanto en 1973 y 1974 se realizan ensayos de materiales estudiando los correspondientes a la plana aluvial y a unos limos, arenas y gravas terciarios.

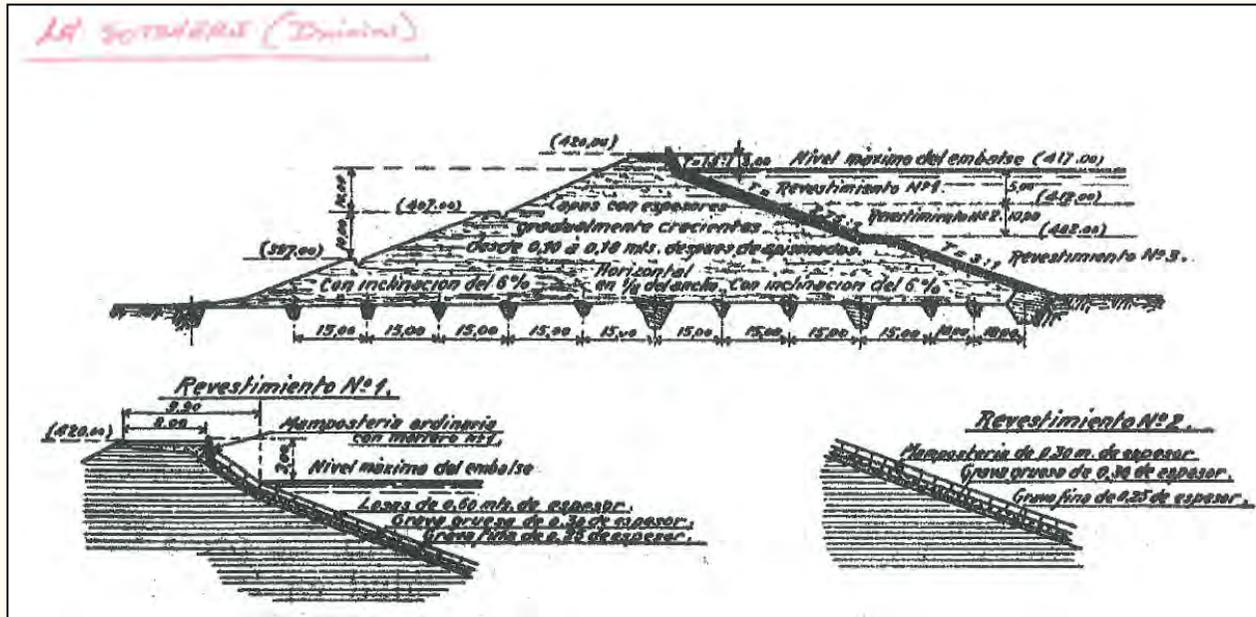
1974: concurso restringido al que se presentan 22 variantes (de cinco empresas), de las que sólo 5 corresponden a soluciones de gravedad y 17 a soluciones de materiales sueltos.

1974: Se elige a MZOV como adjudicatario.

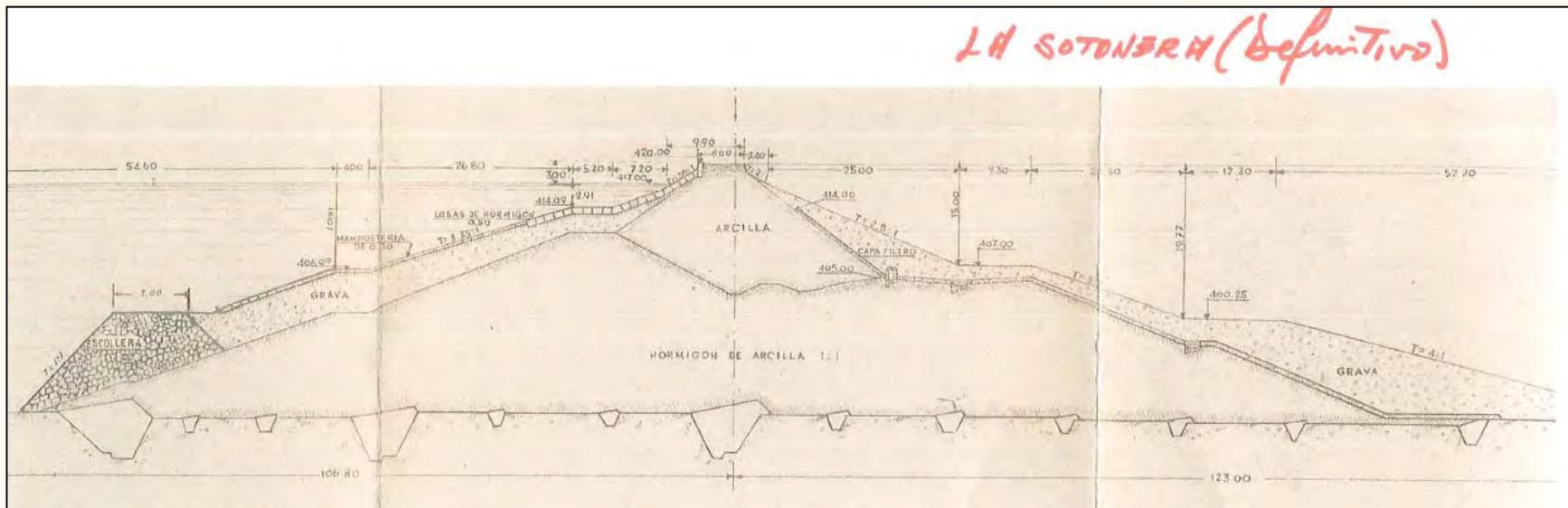
1975: Se presenta el proyecto de MZOV en el que se desarrollan dos soluciones de las anteriores: presa heterógena y presa homogénea. Por materiales se decide ésta y se desarrolla. Proyecto firmado por Juan Benet.

Esquema geológico en croquis y con anotaciones de Guillermo Gómez Laa.

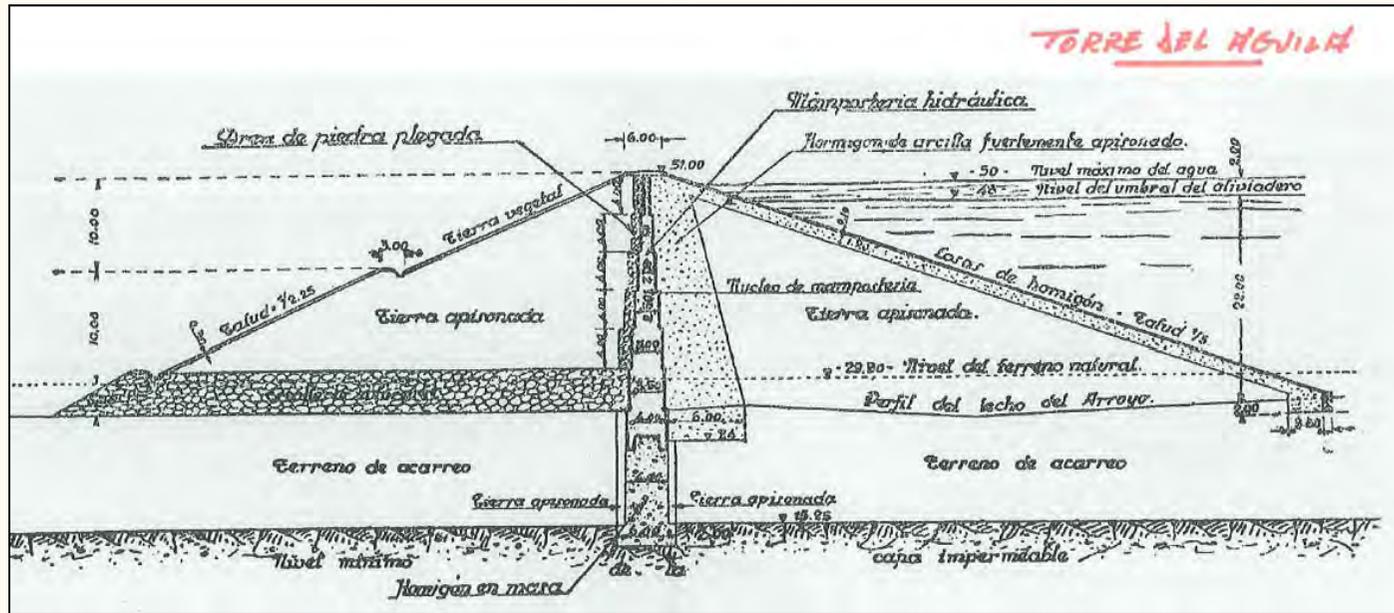
# Presas de Uzquiza (V). Antecedentes.



Presas de La Sotonera.  
Presas "adelantada a su época".



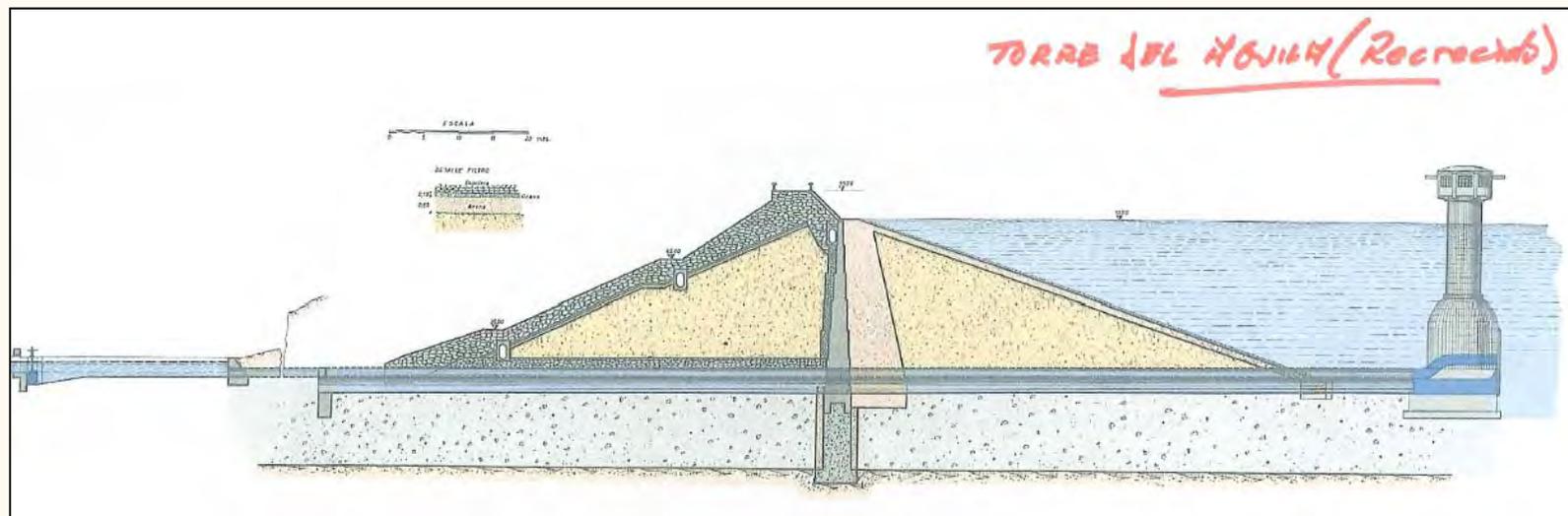
# Presa de Uzquiza (VI). Antecedentes.



Presa de Torre del Águila.

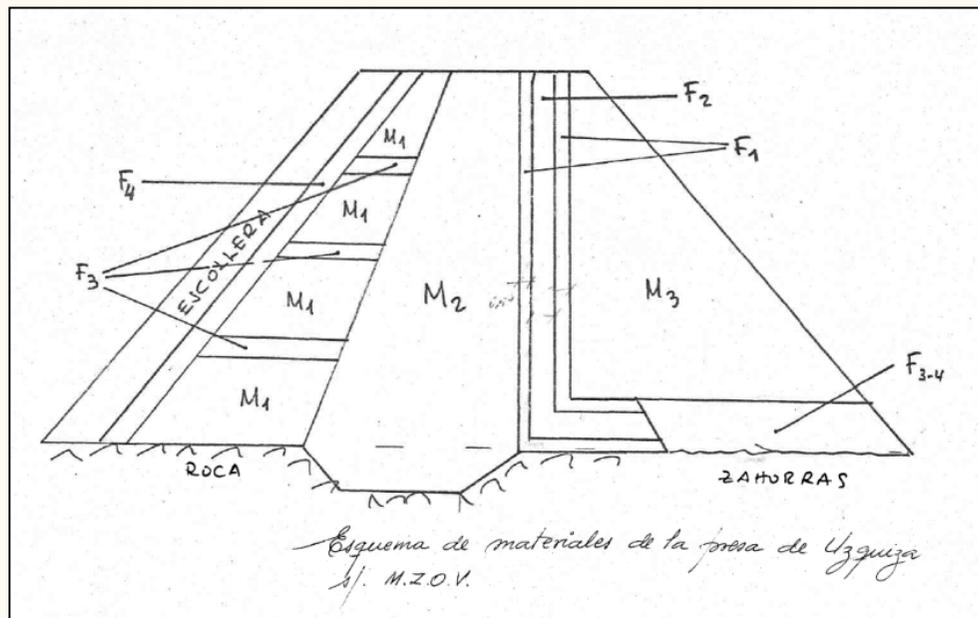
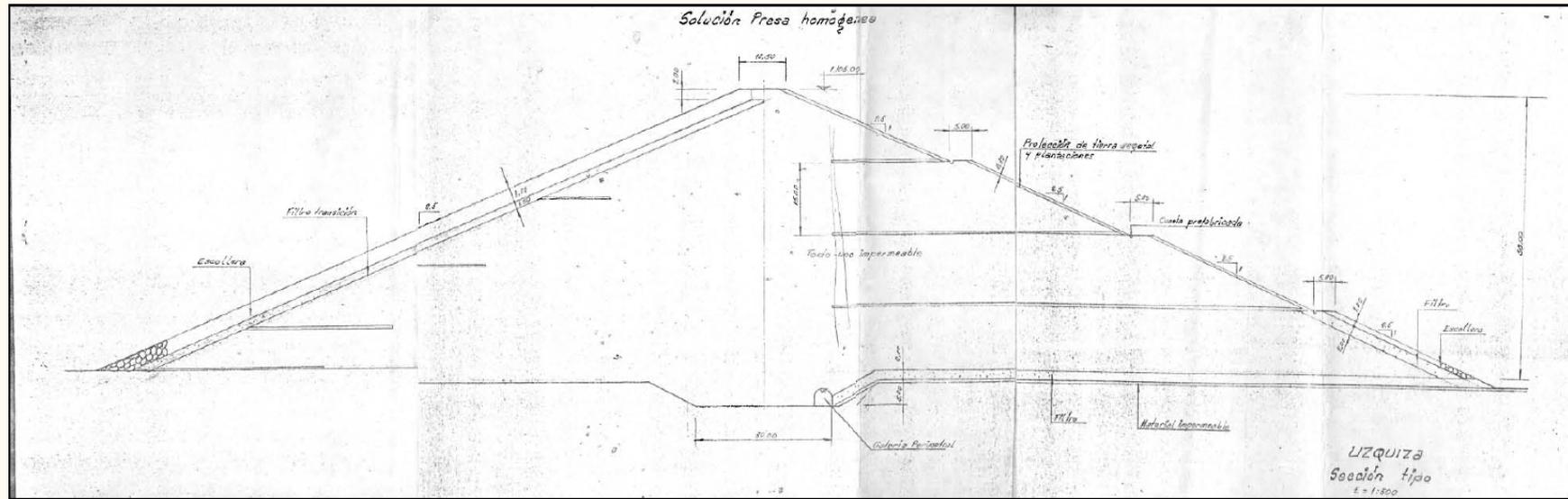
Diseño premoderno no adoptado posteriormente.

Presa de tierras con núcleo y rastrillo de mampostería hidráulica, posiblemente fracturado.





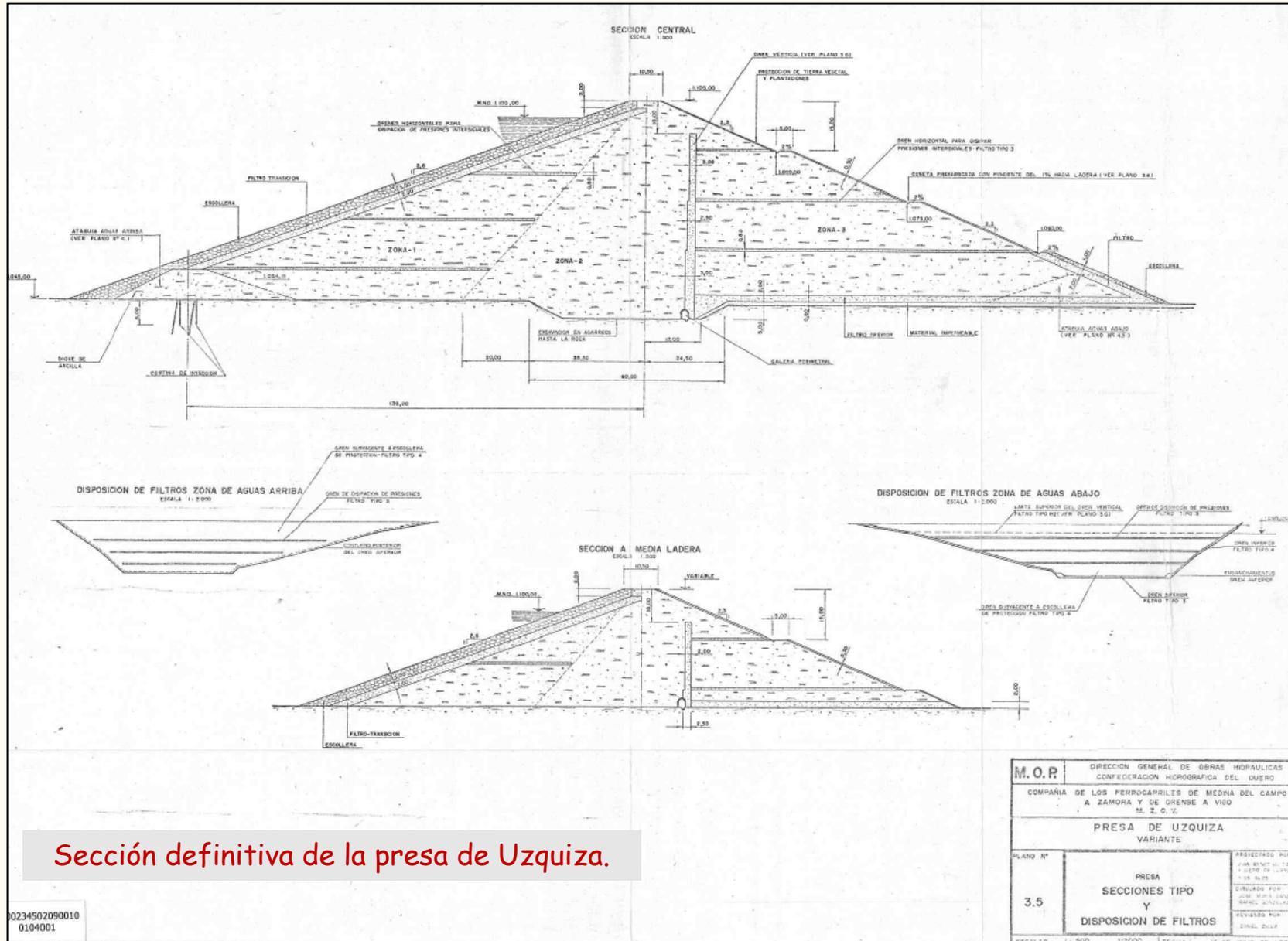
# Presas de Uzquiza (VIII).



Primer diseño de la presa de Uzquiza (arriba).

Croquis previo a la solución definitiva del proyecto, con la disposición de la ubicación de los tres tipos de materiales a ubicar en las distintas partes de la presa (selección somera).

# Presas de Uzquiza (IX).



Sección definitiva de la presa de Uzquiza.

0234502090010  
0104001

## Presa de Uzquiza (X).



Presa de La Pedrera (arriba) y Uzquiza (abajo).

Presas coétaneas (1978), de diseño similar.

La Pedrera: 75 metros altura.  
Uzquiza: 65 metros altura.

Presa de La Pedrera.

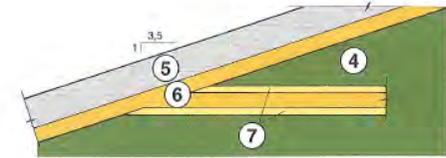
Margas en cerrada.  
Arcillas cuaternarias en el vaso.



# Presas de Uzquiza (XI).

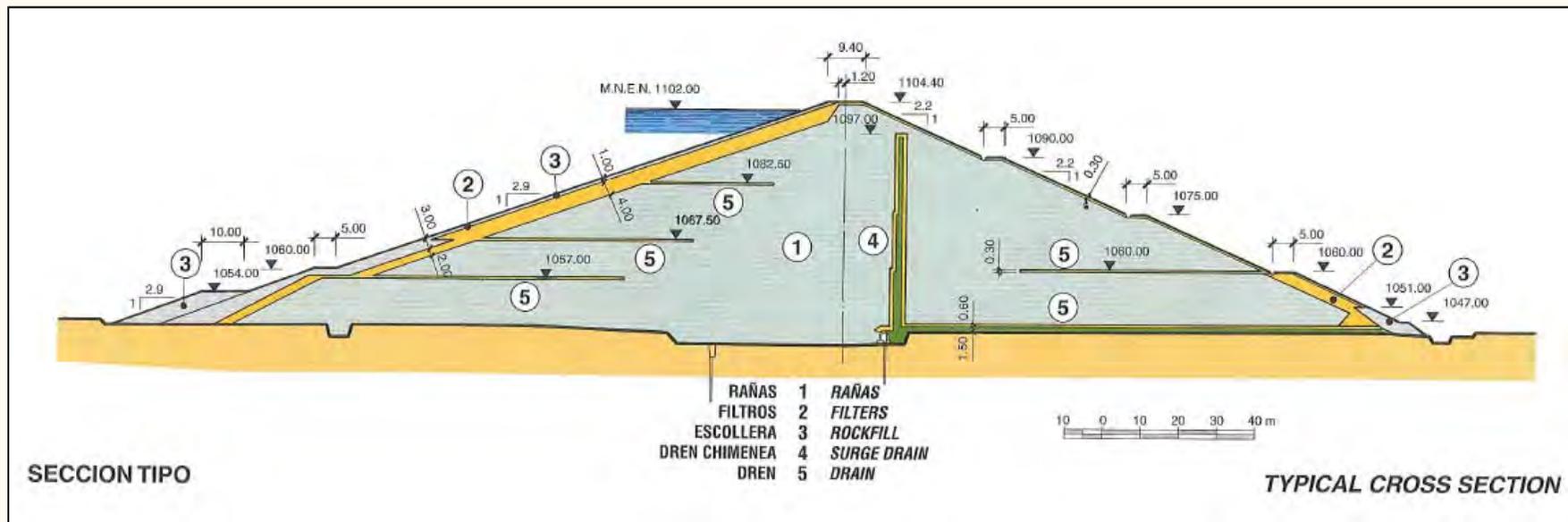
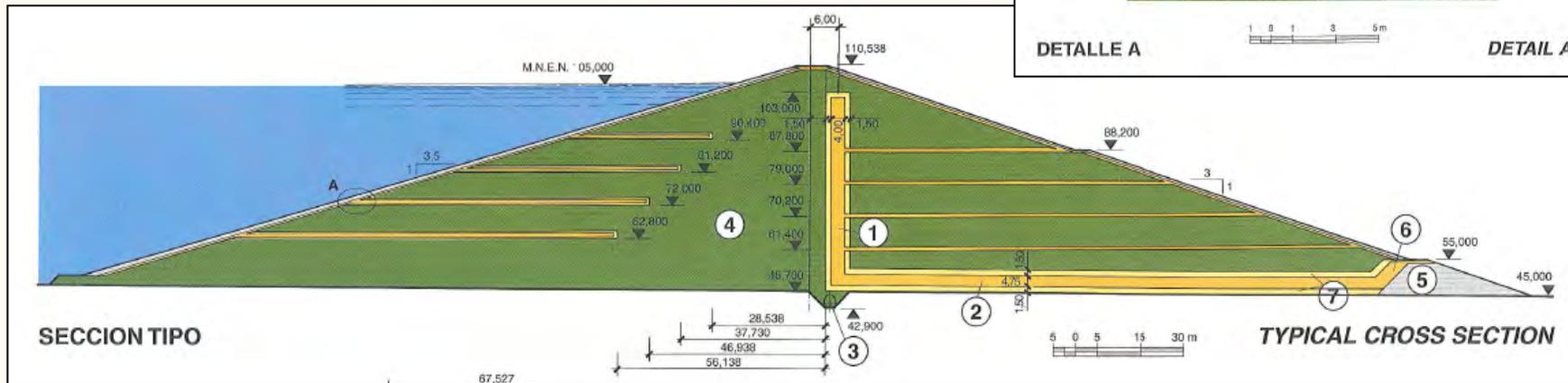
Secciones transversales de La Pedrera (arriba) y Uzquiza (abajo).

- |                      |   |                     |
|----------------------|---|---------------------|
| DREN CHIMENEA        | 1 | CHIMNEY DRAIN       |
| FILTRO DE PIE        | 2 | TOE FILTER          |
| GALERIA PERIMETRAL   | 3 | PERIMETRIC GALLERY  |
| MATERIAL IMPERMEABLE | 4 | IMPERVIOUS MATERIAL |
| ESCOLLERA            | 5 | ROCKFILL            |
| FILTRO GRUESO        | 6 | COARSE FILTER       |
| FILTRO FINO          | 7 | THIN FILTER         |



DETALLE A

DETAIL A

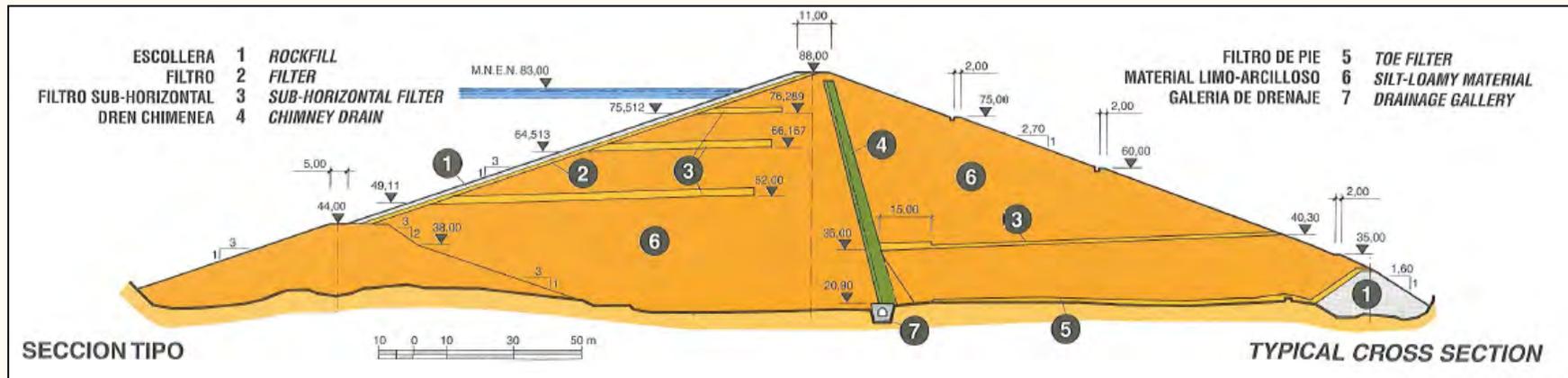


# Presas de Uzquiza (XII).

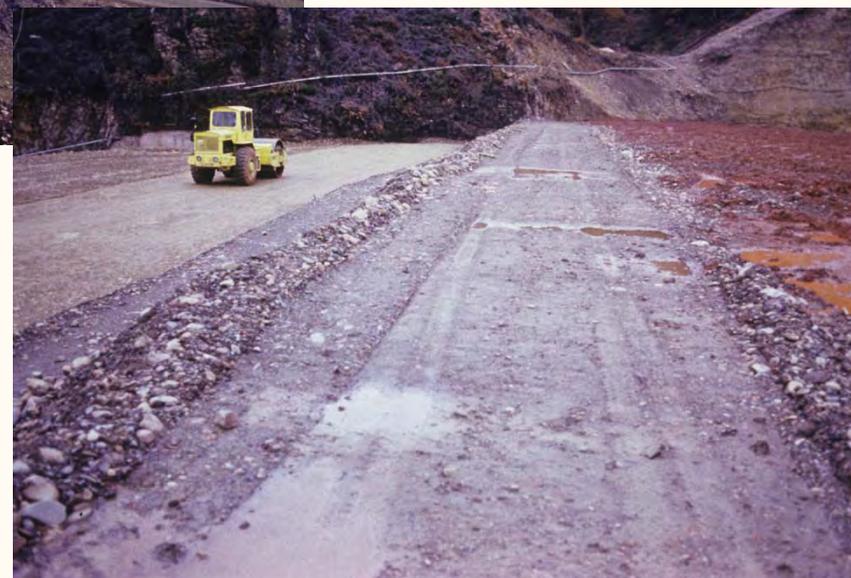


Presas de Charco Redondo, algo posterior (1983) y con diseño similar a La Pedrera y Uzquiza.

Altura: 75 metros.  
 Taludes: 3.00 y 2.70 (suma 5,70).

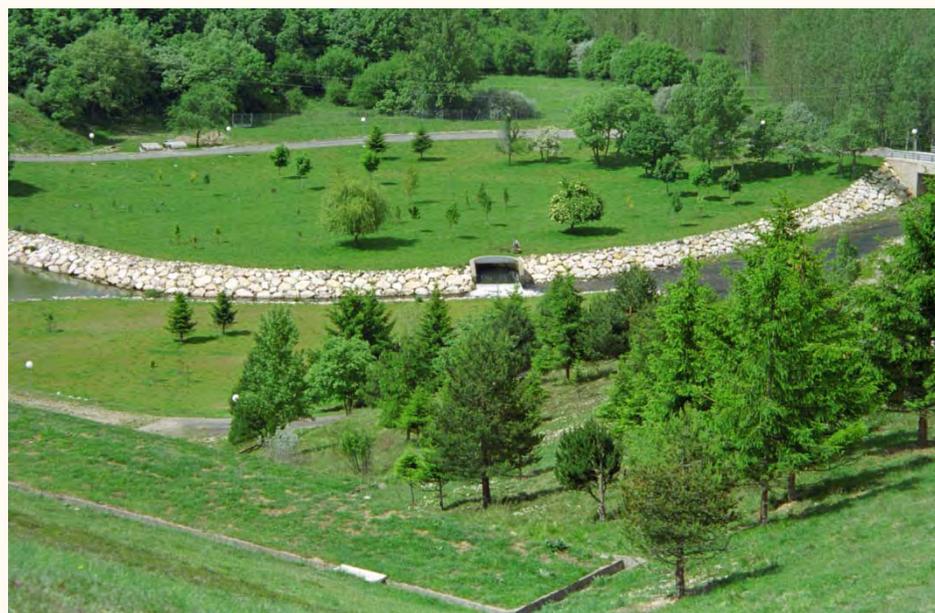


## Presa de Uzquiza (XIII).

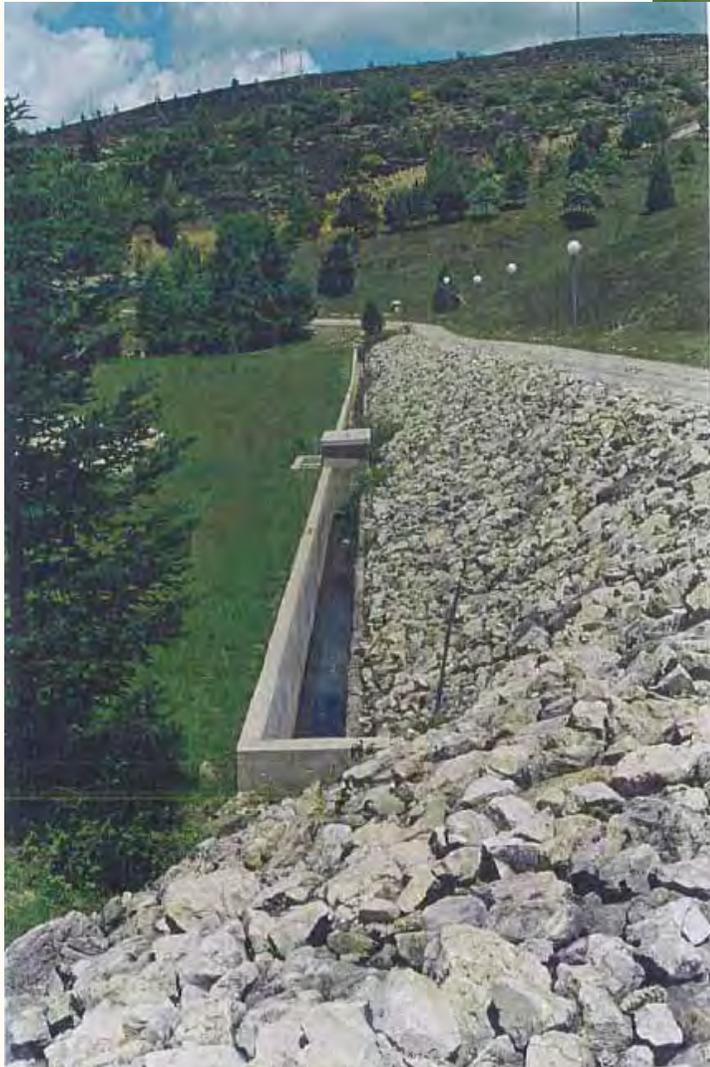


Construcción de la presa de Uzquiza.

# Presas de Uzquiza (XIV).



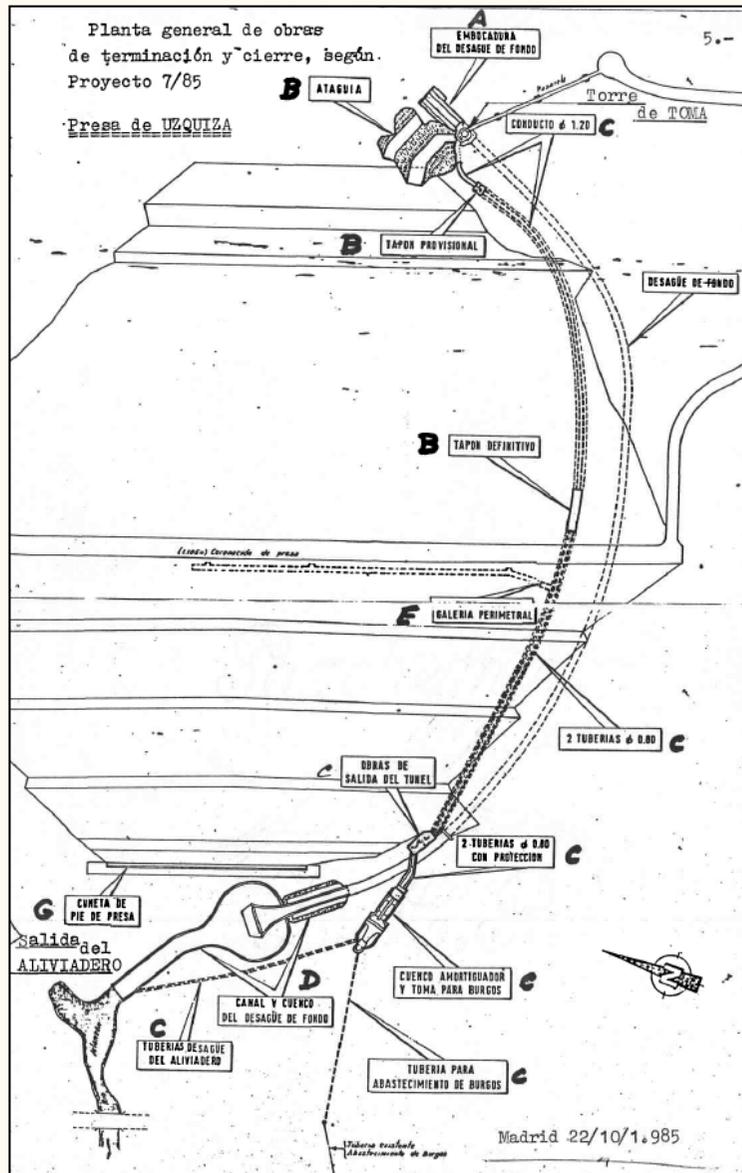
## Presa de Uzquiza (XV).



Recogida de aguas de filtros en paramento de aguas abajo.

Vista desde aguas debajo de la presa.

# Presas de Uzquiza (XVI).



Proyecto de terminación y cierre de la presa de Uzquiza, 1985.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO

DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS

SERVICIO: 14702

CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL DUERO

7878

REF. CRONOLOGICA: 7/85

TITULO HABIDO: TERMINACION Y CIERRE DE LA PRESA DE UZQUIZA (BURGOS)

PROFUNDIDAD: BURGOS

TERMINAL MUNICIPAL: VILLASUR DE HERREROS

VIA: ARLANZON

PRE SUPUESTO ADICIONAL: 214.517.984 Pts

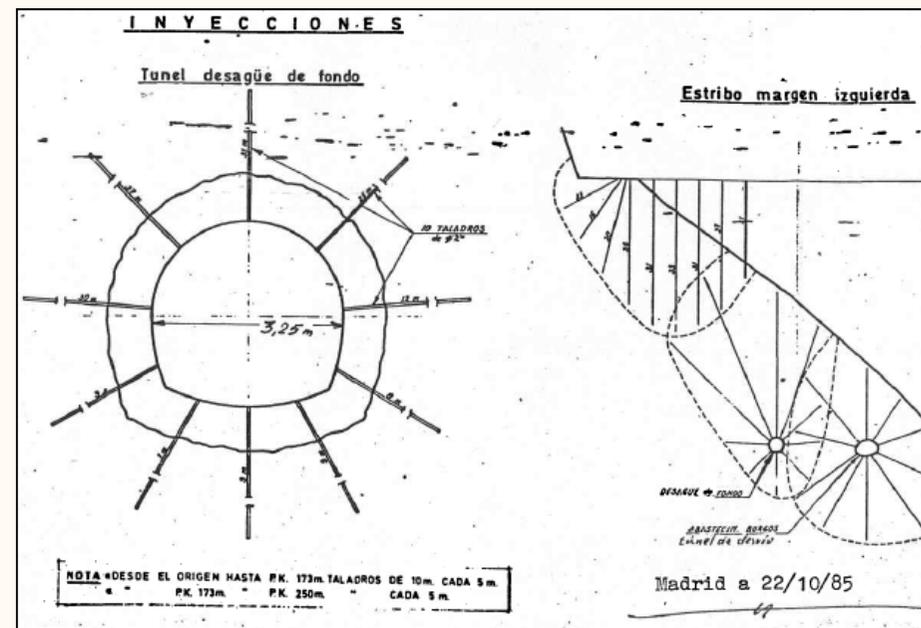
INGENIERO DE CARRILES: ENRIQUE GIMENEZ SANCHEZ

INGENIERO TECNICO DE S.A.: IGNACIO DE PRADO MONGE

CABINETE TECNICO SUPERV. 10

FECHA 11/10/85

Seg. 01818.1.



# Presa de Casares

Empieza Enrique Giménez y termina el hijo, Pablo Giménez

# Presa de Casares (I).

9.498

 <b>MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, TRANSPORTES Y MEDIO AMBIENTE</b>	
<b>CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL DUERO</b>	
CLAVE 02.134.117/0311	
TIPO MEMORIA - RESUMEN	REF. CRONOLOGICA 10 / 93
CLASE	
TITULO BASICO PROYECTO MODIFICADO DEL EMBALSE DE CASARES DE ARBAS (LEON)	
PROVINCIA L E O N	CLAVE 24.000
TERMINO MUNICIPAL CASARES DE ARBAS	CLAVE 24.688
RIO CASARES	CLAVE 201340404
PRESUPUESTO ADICIONAL	
PRESUPUESTO TOTAL	
AUTOR INGENIERO DE CAMINOS: D. ENRIQUE GIMENEZ SANCHEZ	

C/02161-1

**M. O. P.**  
CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL DUERO

# 5054

PROYECTO DEL EMBALSE DE  
**CASARES DE ARBAS**  
 (LEON)

INGENIEROS DE CAMINOS: RAFAEL LOPEZ GONZALEZ,  
 ENRIQUE GIMENEZ SANCHEZ.  
 Ayudantes de O.P. Luis Espinosa Eguizabal,  
 Santiago Rivas Azenjo

AÑO 1988

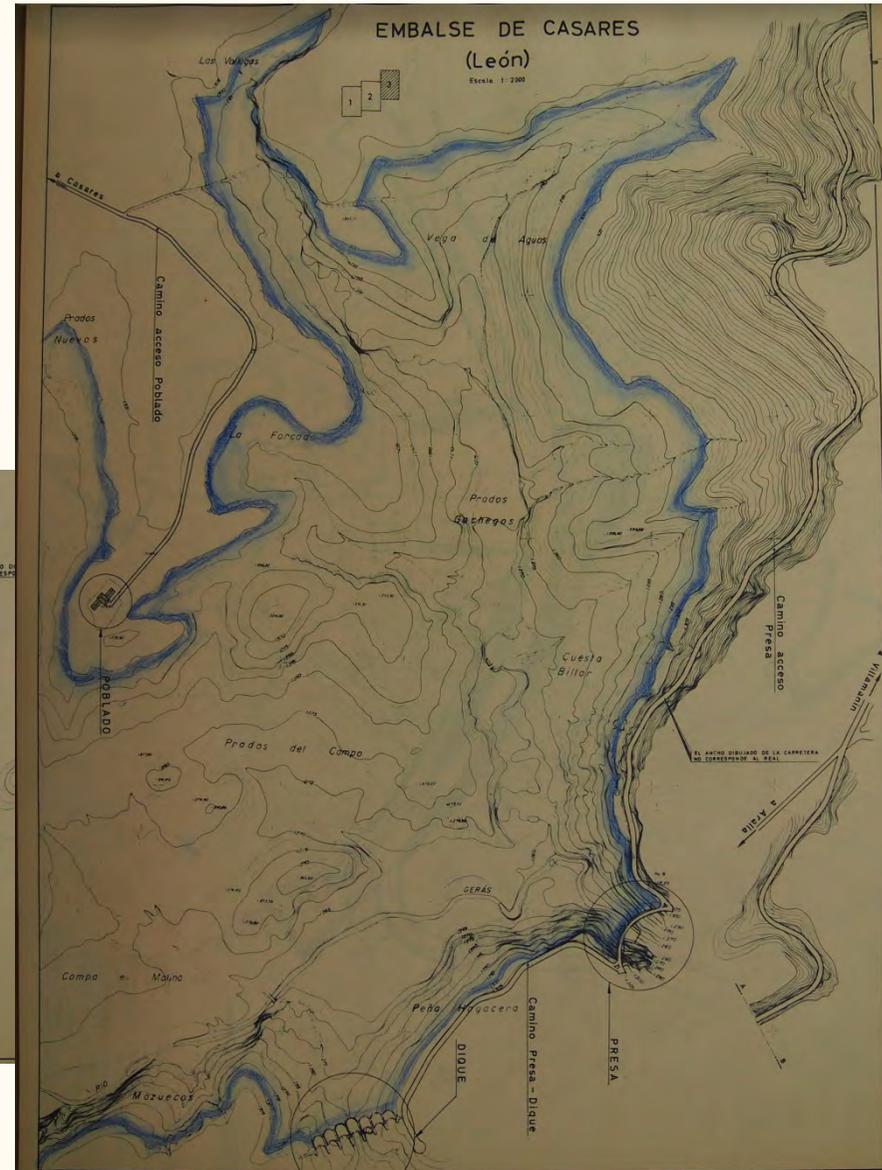
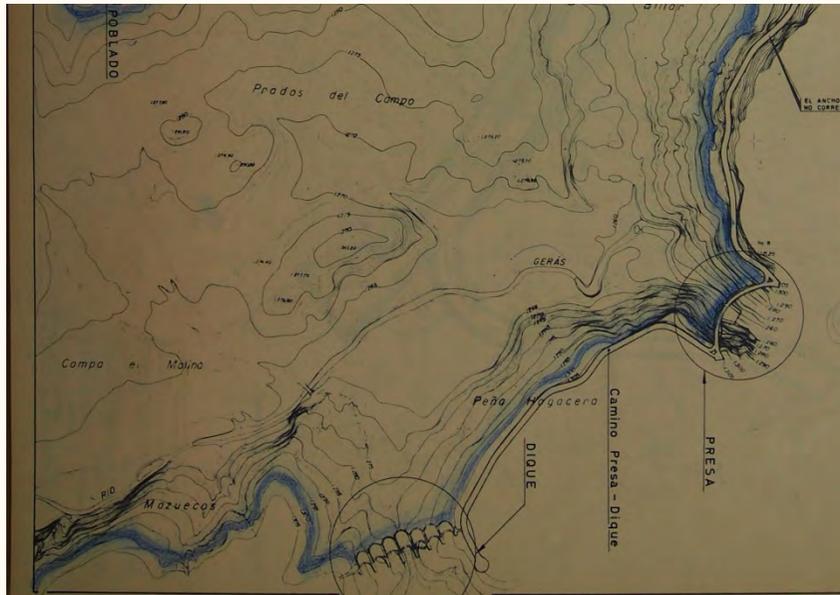
Proyecto de la presa de Casares de Arba (1968), de Rafael López y Enrique Giménez (derecha).

Proyecto modificado del embalse de Casares de Arba (1993), de Enrique Giménez.

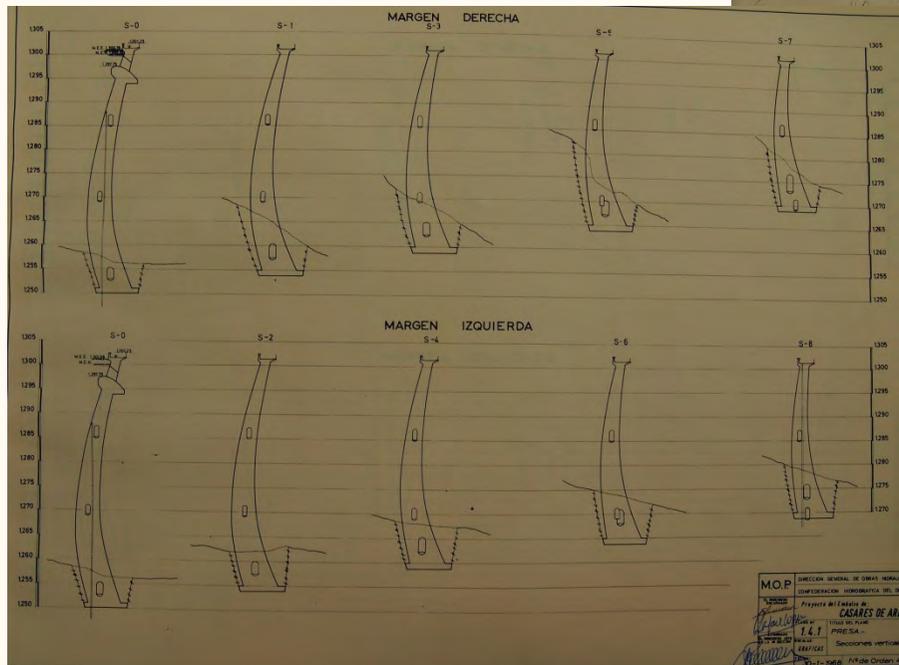
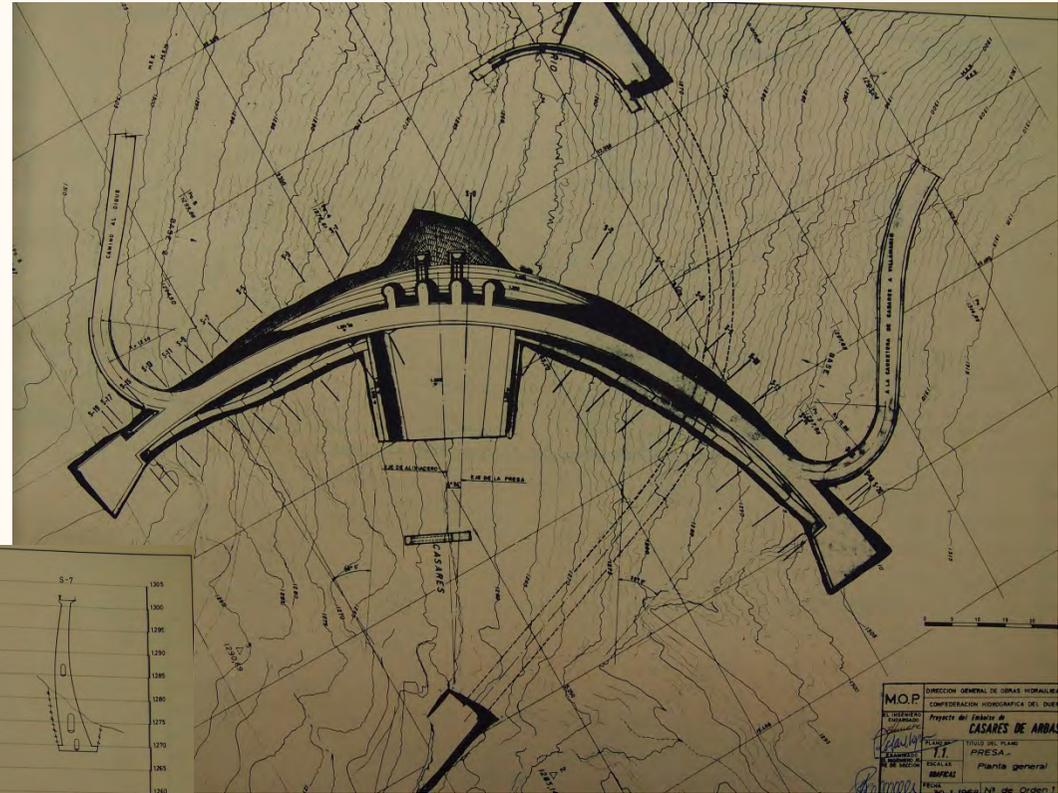
## Presa de Casares (II).

Proyecto de Casares de Arba, año 1968.

Presa bóveda y dique de bóvedas múltiples.



# Presa de Casares (III).

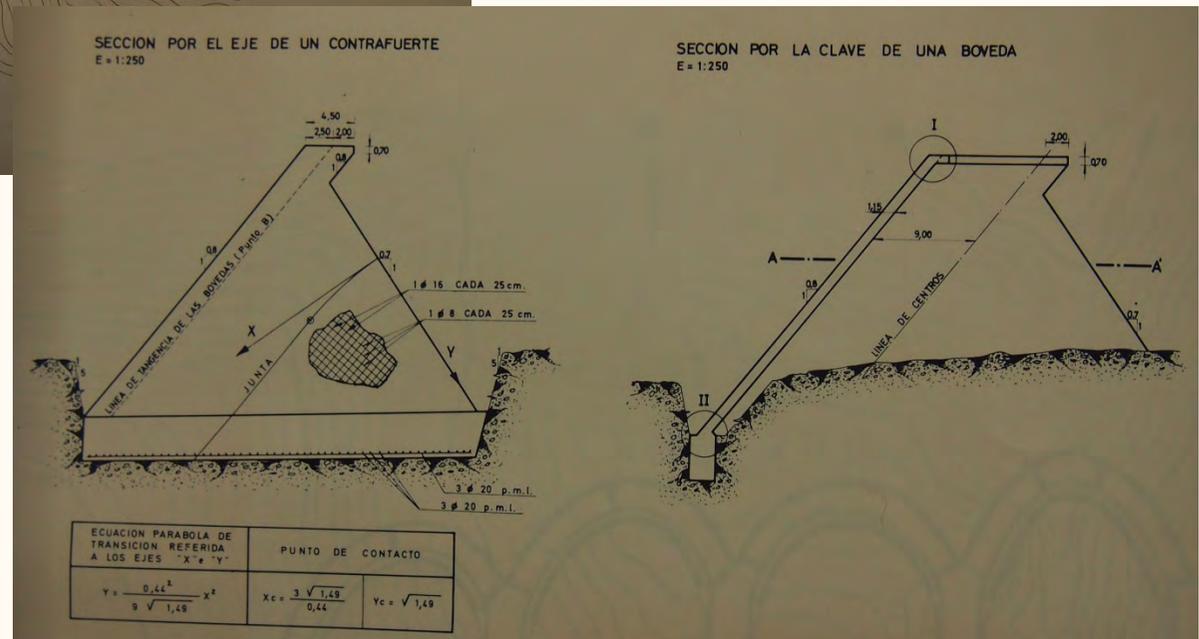
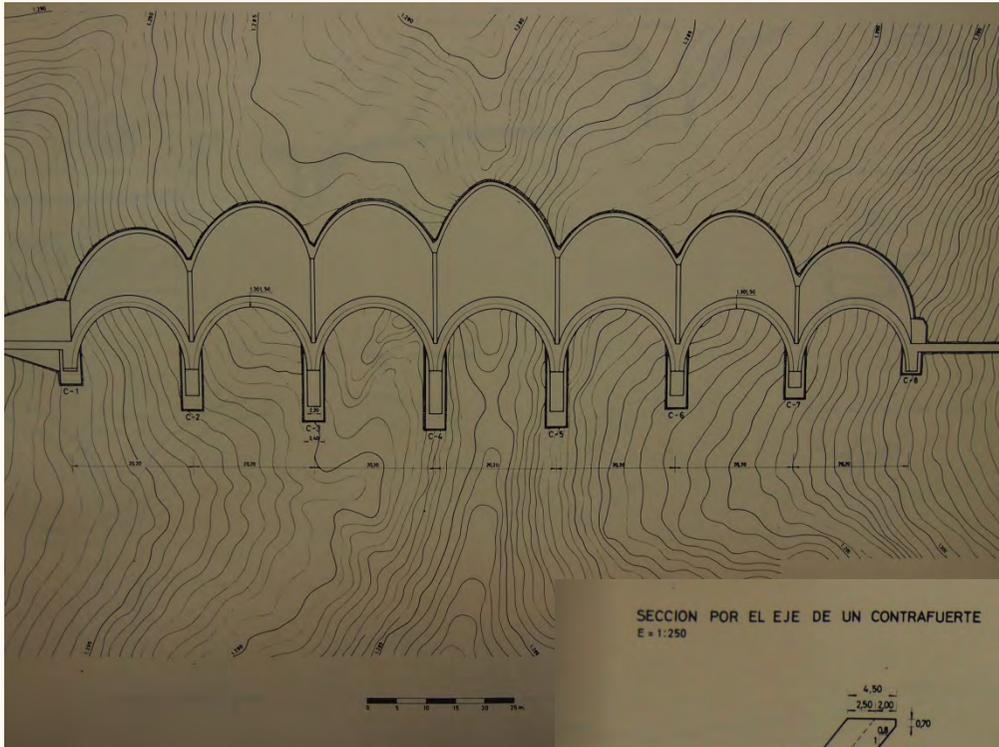


Proyecto de Casares de Arba, año 1968.

Bóveda con definición de arcos mediante espirales logarítmicas.



# Presas de Casares (V).



Presas de bóvedas múltiples en collado lateral en el proyecto de Casares de 1968.

# Presas de Casares (VI).



## Presa de Casares.



Proyecto construido de la presa de Casares.

Presa "singular": arco gravedad con doble curvatura.

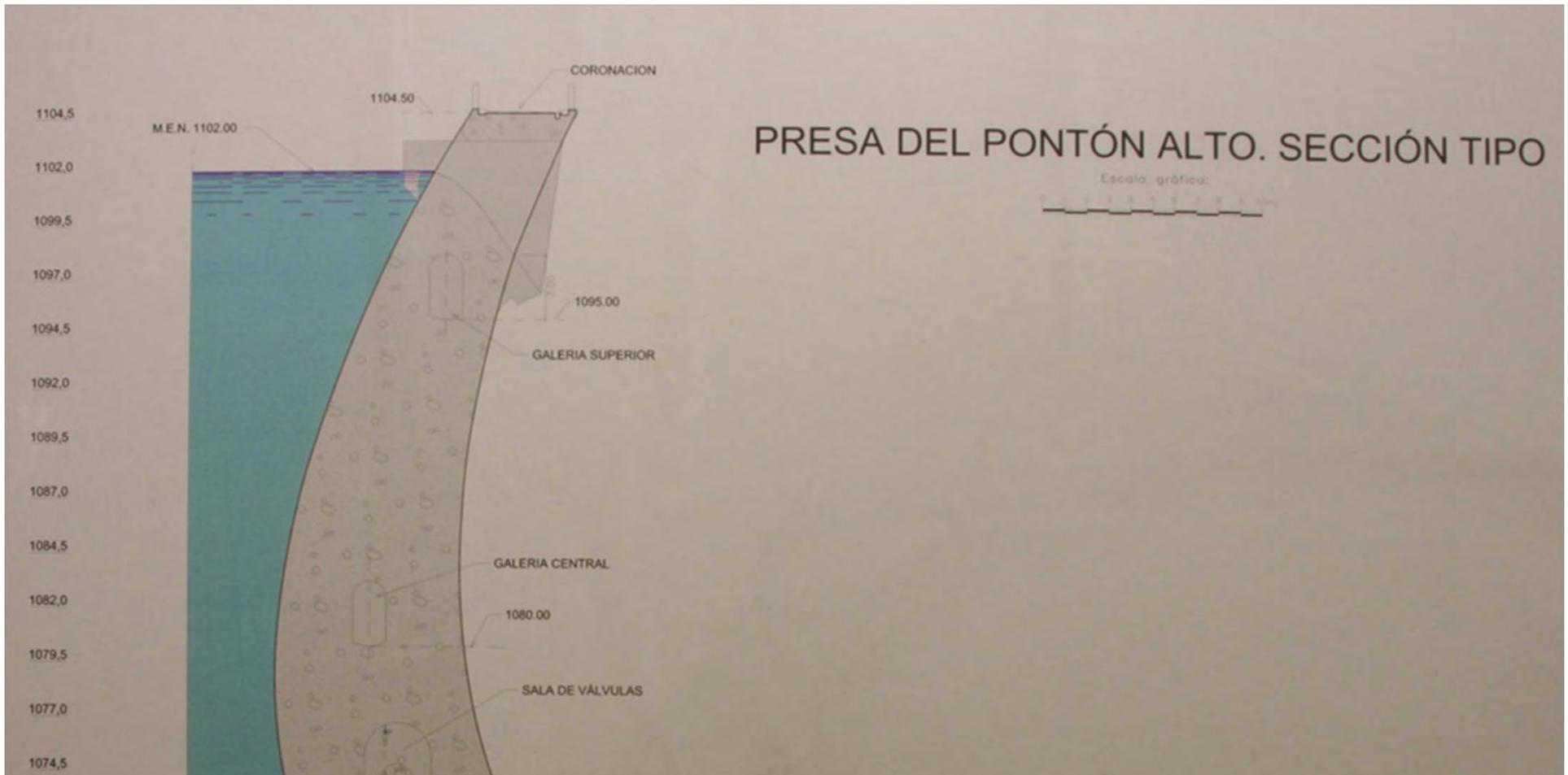
Construcción entre 2000 y 2005.

La cerrada es un estrechamiento en donde se podría haber ubicado una presa bóveda pero las bajas temperaturas de la zona desaconsejaron las esbelteces de esta tipología.

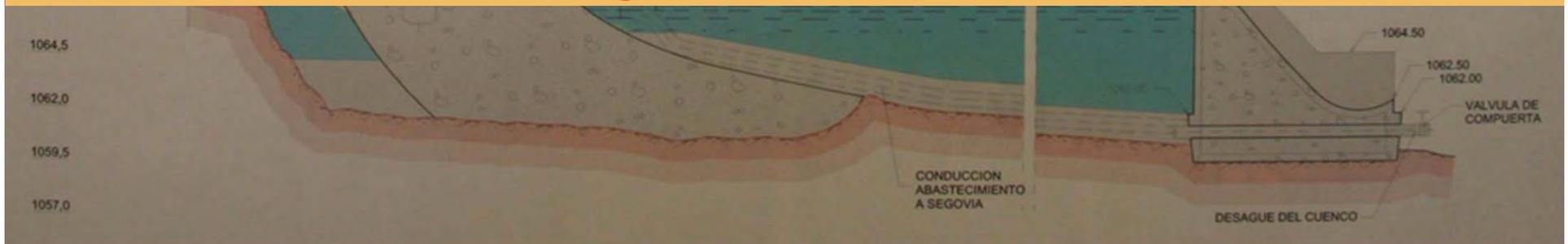
Hormigones con 50% de cemento y 50% de ceniza volantes.

Parada de construcción en diciembre y enero.



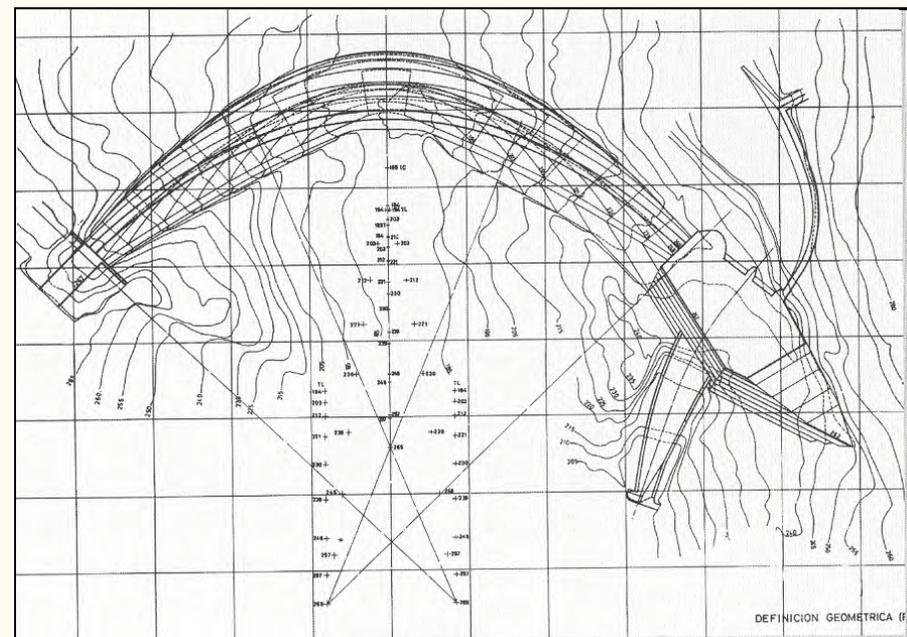


Las presas de Enrique Giménez y Rafael López.  
**ANEJO. Algunas otras cuestiones.**

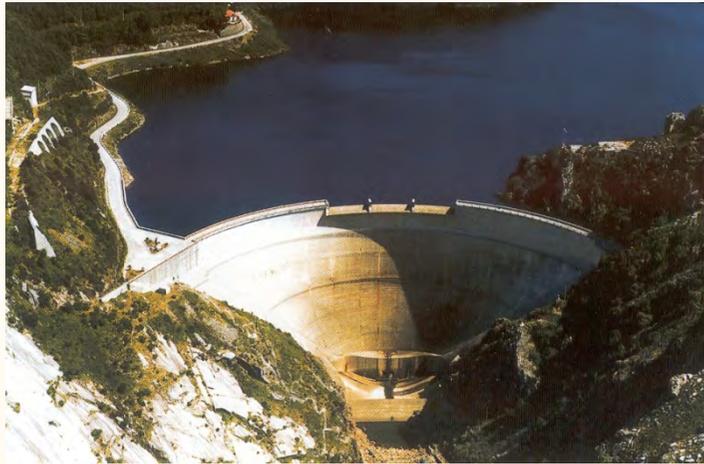


## Presas arco. Consideraciones de proyecto (IV).

- Directriz de los arcos:
  - La más sencilla, tanto desde el punto de vista del cálculo como del replanteo, es la directriz circular, con **arcos de un solo centro**.
  - El mayor problema de este tipo de arcos es el conseguir un compromiso entre una curvatura correcta y un **buen desarrollo de los arcos** y su **buena incidencia en el terreno**.
- Por ello **suelen utilizarse arcos con directrices de curvatura variable, que consiguen ambas cosas a la vez:**
  - **Arcos circulares de tres centros.**
  - **Parábolas.**
  - **Elipses.**
  - **Espirales logarítmicas.**



# Presas arco. Consideraciones de proyecto (V).



Presas del Eume.

Arcos de un solo centro con paramento suso de definición.

Círculos de un solo centro en horizontal, variando éste con la altura.

Ver sobre el eje de la presa la ubicación de los centros de los arcos para distintas cotas.

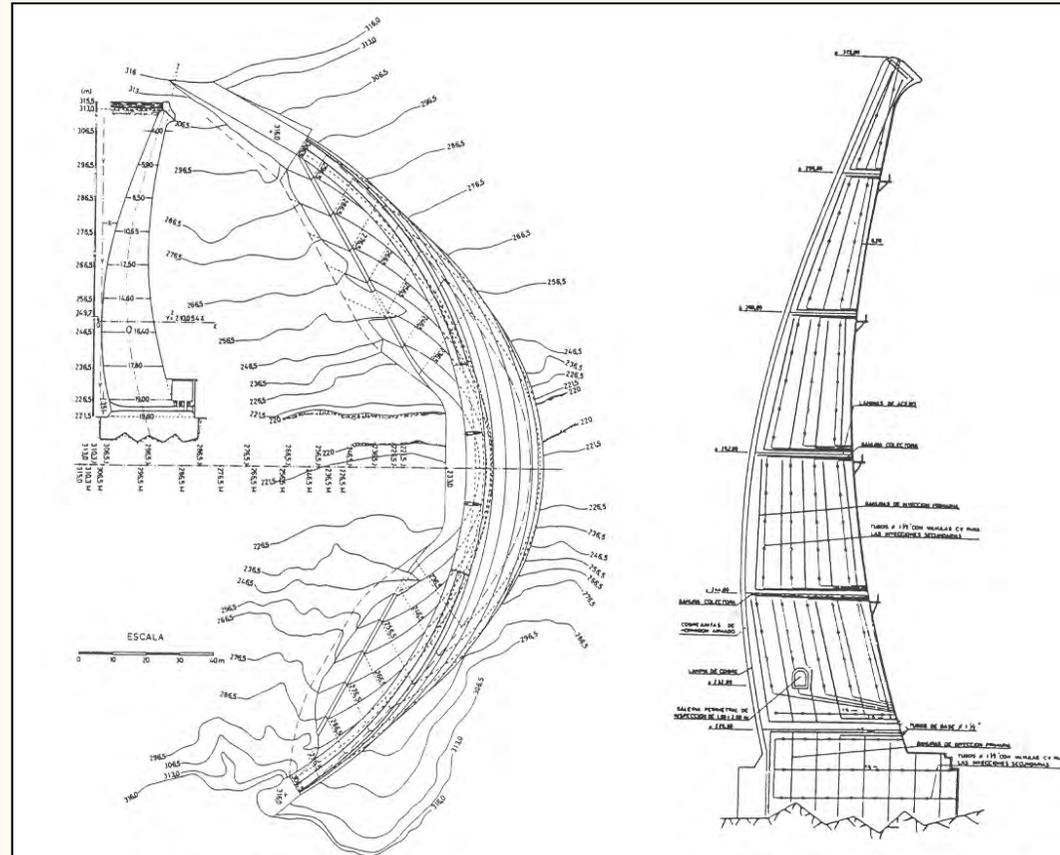
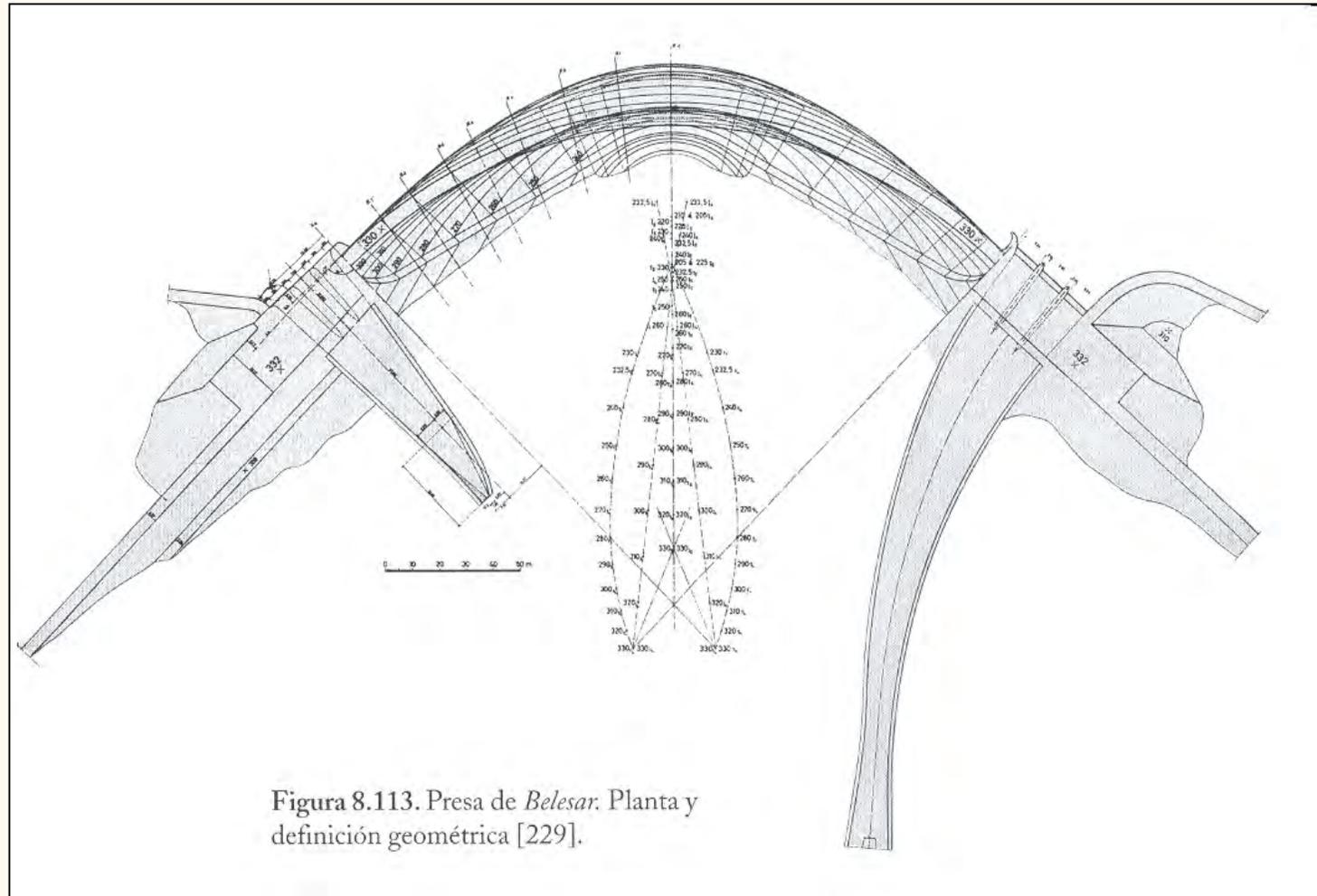


Figura 8.111. Presa del Eume. Planta y sección transversal [222].

Figura 8.112. Presa del Eume. Recintos y sistemas de inyección [222].

## Presas arco. Consideraciones de proyecto (VI).



### **Presa de Belesar.**

Directriz de los **arcos con tres radios horizontales**: uno central y dos laterales iguales.

# Presas arco. Consideraciones de proyecto (VII).

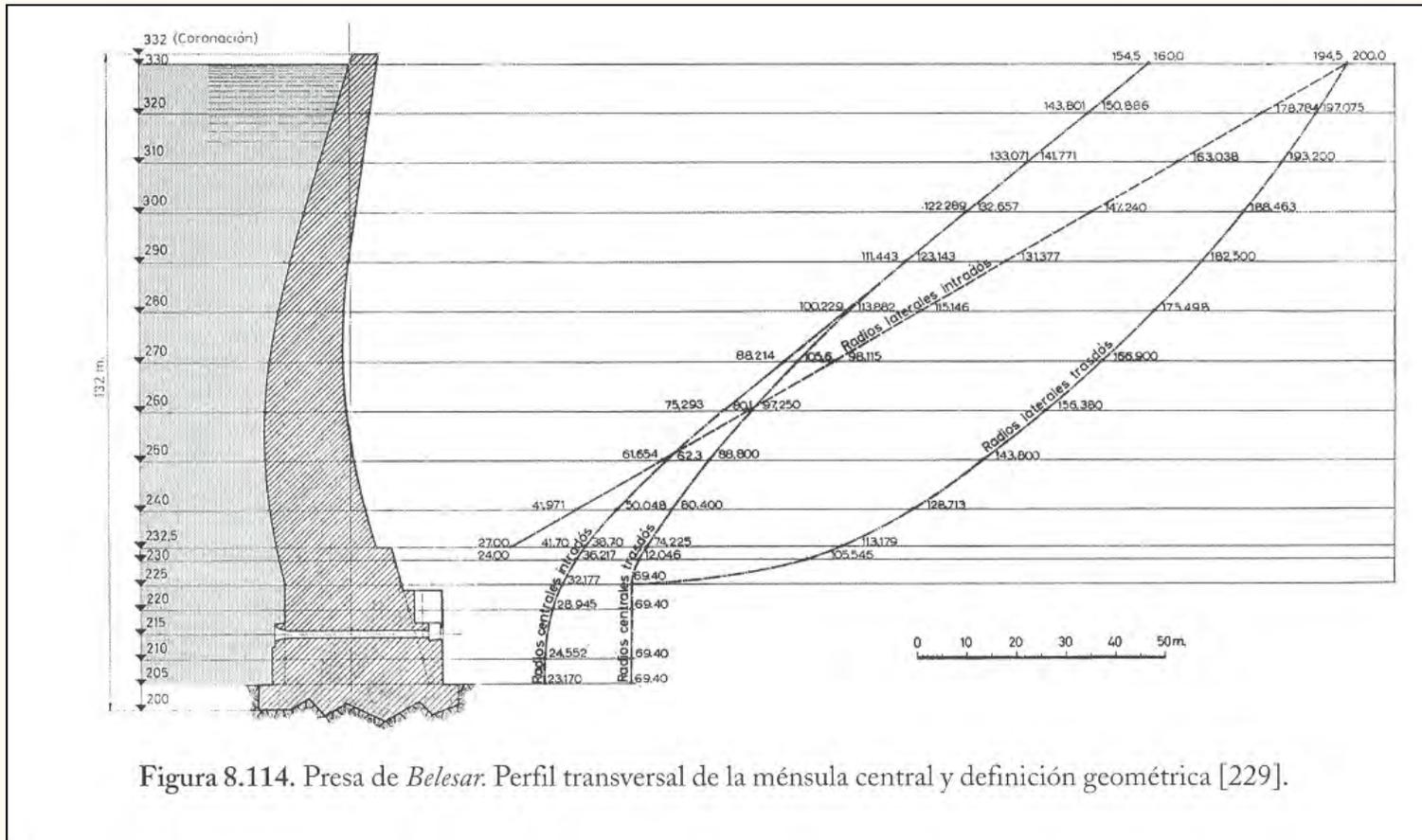


Figura 8.114. Presa de *Belesar*. Perfil transversal de la ménsula central y definición geométrica [229].

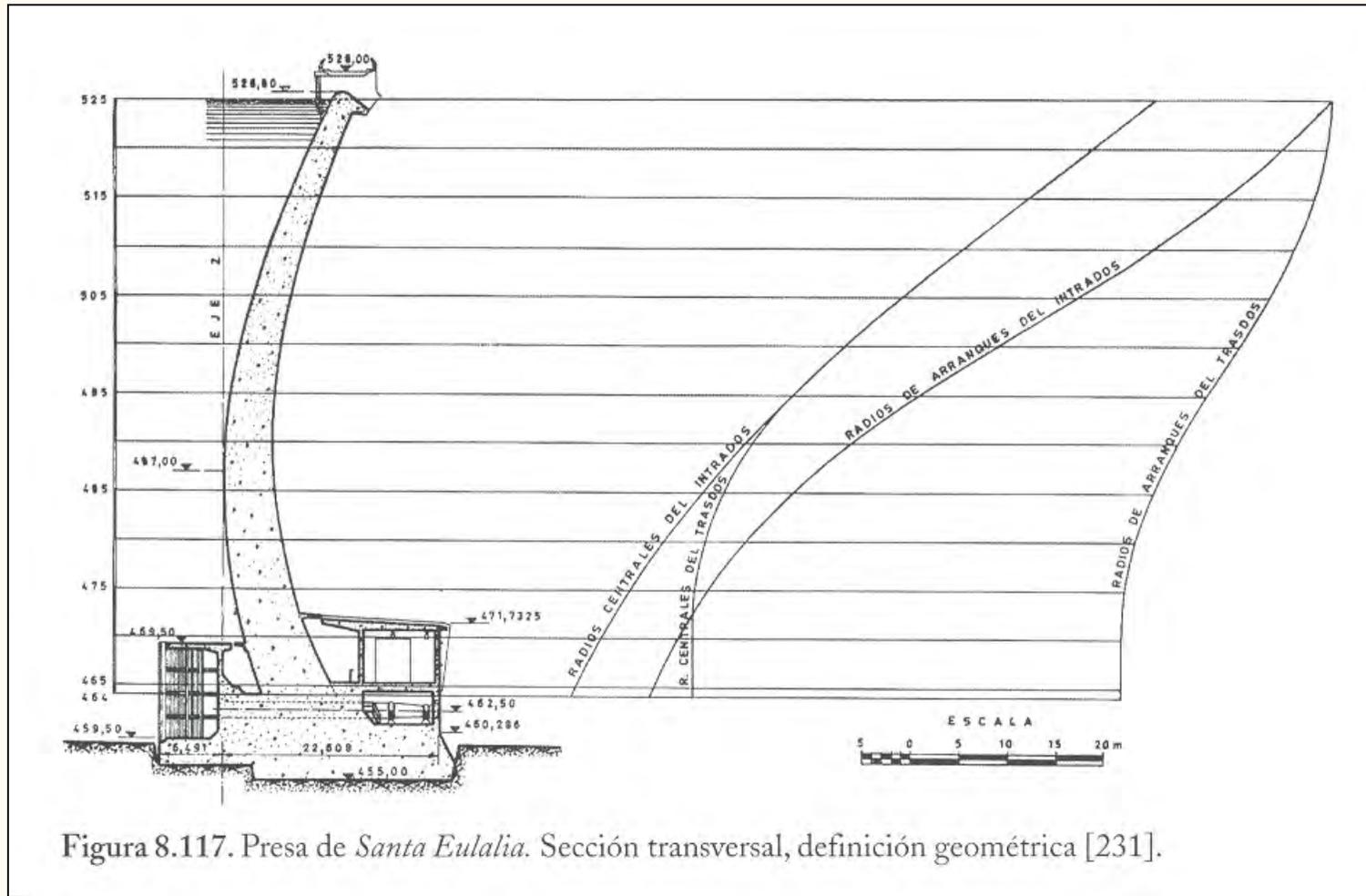
## Presas de Belesar.

Sección por la ménsula central. Arcos de tres radios horizontales.

Radios centrales y laterales de ambos paramentos. Variación con la altura.

Radios diferentes para el intradós y para el trasdós. En otros casos estos son iguales.

## Presas arco. Consideraciones de proyecto (VIII).

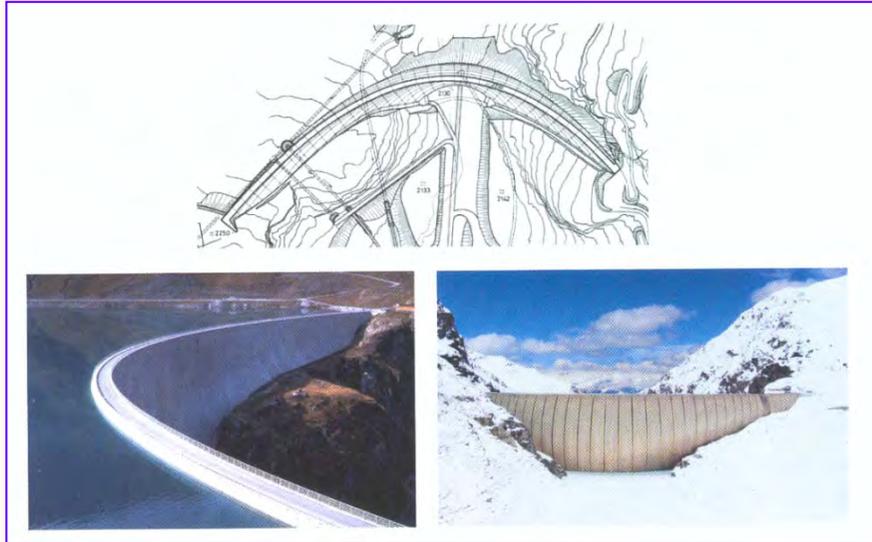


Presas arco. Consideraciones de proyecto (VIII).

Arcos horizontales de tres centros.

Radios centrales y laterales de ambos paramentos. Variación con la altura.

## Presas arco. Consideraciones de proyecto (IX).

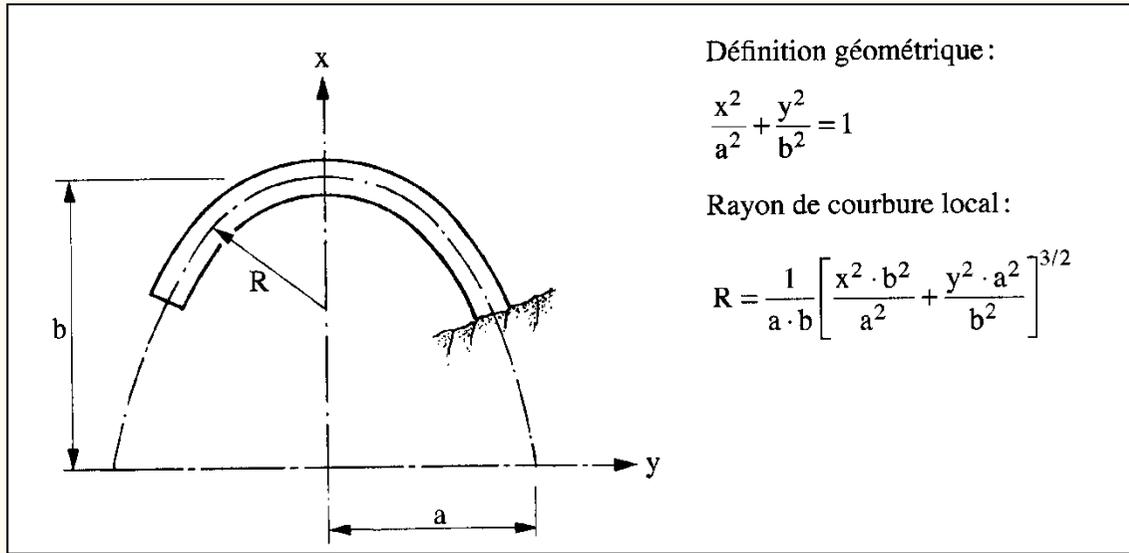


Presas de Moiry (Suiza).

Arcos parabólicos, con parámetros diferentes para ambos paramentos.

- Los **arcos parabólicos** se han utilizado con profusión en distintos países. Es el caso, por ejemplo, de Suiza. Tienen **ventajas de tres tipos**:
  - **Estructurales**: en los arcos circulares el empuje del agua sobre los arcos es menos importante en las proximidades de los arranques y mayor en las claves (centro del arco) por efecto de la cercanía de la cimentación (las ménsulas cogen más parte del empuje hidrostático que en el centro). La parábola permite tener esto en cuenta.
  - **Topográficas**: si se disponen dos parábolas, una para cada paramento, con el mismo centro para la parte central del arco, el espesor aumenta progresivamente hacia los arranques, adaptándose muy bien a los valles asimétricos.
  - **Geológicas**: la forma parabólica permite prolongar los arcos en la cimentación sin modificar casi la dirección de la resultante. Con los arcos circulares el profundizar la cimentación significa una nueva definición geométrica del contacto en el que suele no cumplirse la condición de que el cono de fuerzas quede dentro del macizo.

## Presas arco. Consideraciones de proyecto (X).



Définition géométrique :

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

Rayon de courbure local :

$$R = \frac{1}{a \cdot b} \left[ \frac{x^2 \cdot b^2}{a^2} + \frac{y^2 \cdot a^2}{b^2} \right]^{3/2}$$

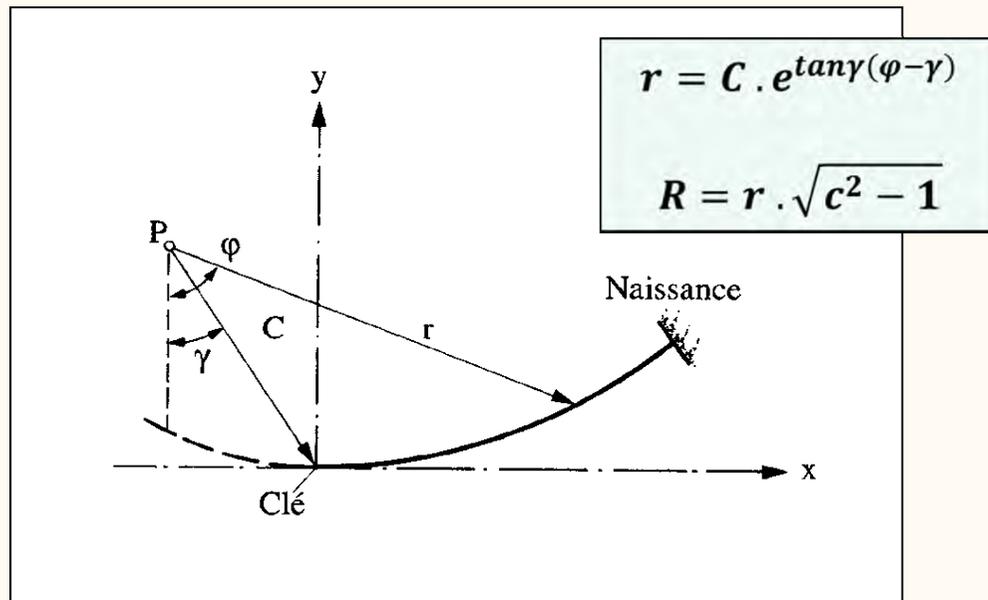
Presas de Gebidem (Suiza).

Arcos elípticos.

- Los **arcos elípticos** tienen la ventaja respecto de las parábolas, de tener un grado más de libertad, por lo que pueden ajustarse mejor a las condiciones de la cerrada y a las estructurales.
- Los radios de curvatura suelen ser entre 2 y 3 veces mayor en la zona del arranque que en la clave del arco.



## Presas arco. Consideraciones de proyecto (XI).



- Los **arcos de espirales logarítmicas** tienen las mismas ventajas que las parábolas y que las elipses, pero tienen el inconveniente de su mayor complejidad, tanto durante el proyecto como en el replanteo en la construcción.
- Los radios de curvatura varían proporcionalmente con la distancia -a lo largo de la curva- a la clave del arco.
- En general el radio en el arranque es entre 1,5 y 3 veces mayor que en la clave.

Presas de Riaño.

