

### **3. HISTORIA DE LA PRESA**

#### **3.1 MARCO GENERAL**

Las últimas décadas del S. XIX y primeras del S XX han pasado a la historia como una época de innovaciones tecnológicas sobretodo por el descubrimiento de nuevas fuentes de energía y su aplicación en los procesos industriales.

La mecanización creciente de los procesos de fabricación se correlaciona con la necesidad de tener una fuente de energía, que hiciera posible seguir avanzando en este crecimiento industrial. A finales del S. XIX, en el entorno industrial de Barcelona la producción de energía eléctrica se conseguía con procesos térmicos, con precios del kWh muy elevados, además de tener dependencia al uso de carbones de importación de alto poder calorífico.

[2][3]El coste diario de esta energía llegaba a la cifra de 250.000 Ptas. diarias y además en ser el carbón de importación, era necesario pagarlo en divisas con el consiguiente desequilibrio de la balanza comercial.

La compañía 'Barcelona de Electricidad' era la que distribuía la energía producida en la central térmica de Barcelona, pero debido a su precio, 22 céntimos en su origen, su uso se destinaba solo al alumbrado público al no ser rentable para el uso industrial.

Era evidente, pues, la creación de un corriente a favor del uso de aprovechamientos de carácter hidroeléctricos, así se construyeron una serie de pequeños saltos a lo largo de los principales ríos, que es la causa del emplazamiento de determinados tipos de industrias en los márgenes de estos. Algunas poblaciones construyeron también, pequeños saltos con el fin de conseguir electricidad para el alumbrado público y privado.

La electrificación se abría camino como la innovación más eficaz y prometedora, aunque de momento de forma muy tímida.

Comparando con los países mas avanzados del momento, salieron una serie de personajes con formación preferentemente técnica, que aunque movidos por intereses claramente económicos, se fijaron en los caudalosos ríos del Pirineo así como en la reserva de agua de algunos lagos situados a mas de 2000 m de altitud.

A las comarcas del Pallars encontramos a dos de estos personajes, Emili Riu y Doménc Sert, que con un objetivo común, el aprovechamiento a gran escala de los ríos de la zona para transportar la energía al cinturón industrial de Barcelona, tuvieron un destacado lugar en la creación de las presas del Noguera Pallaresa.

#### **3.2 EL PALLARS Y LA CANADIENSE**

El Pallars estaba dividido en dos comarcas, el Pallars Jussá y el Pallars sobirá. Su ubicación se sitúa en el extremo noroccidental de Cataluña, alejada de todos los sectores más productivos y prósperos del país que junto con su complicada orografía que lo convierten en una región típicamente de montaña la región, a principios de siglo, intentaba superar lentamente su condición de zona profundamente atrasada.

Aunque su base económica no hubiera sufrido ningún cambio, era la voluntad de sus pueblos que intentaban vencer esa situación social tan desfavorable así como de los estamentos dirigentes que intentaban ingeniar ideas para poder salir de esa situación y dar un cierto avance y progreso a la zona.

El 23 de Enero de 1899 la ciudad de La Pobra de Segur, estrenaba alumbrado eléctrico, siendo esta la primera población del Pallars que contaba con estos servicios. Se le dio una concesión a la sociedad 'comú de particulars', que se servía del caudal de la acequia 'dels molins', donde se instaló una turbina acoplada a una dinamo que producía unos 30 HP. Aunque esta modesta producción se limitaba solo a unas determinadas horas, estaba extremadamente administrada, limitando incluso la potencia de las bombillas [3].

En los años sucesivos, las casas se proveerían de agua corriente y de desguace, se intentó dotar a la enseñanza de mas medios y sobretodo de un mayor numero de profesores y se emprendieron importantes reformas de carácter urbanístico.

La base económica de la región era la agricultura y la ramaderia, con la celebración de numerosas ferias y mercados, que suponían un lugar de encuentro de familiares y amigos así como unas horas de animación y fiesta popular.

Existían unas pequeñas industrias en las poblaciones de Tremp, La Pobra de Segur, Sort, Rialp y Esterri que se nutrían del impulso que les ofrecía el caudal de pequeñas acequias destinadas al riego. Estas permitían entre otras la fabricación de pasta para sopa, chocolate, serradoras de madera, fabricación textil a partir de lana, molinos de harina y aceite, etc.

Aún con todo ello el trabajo escaseaba y era insuficiente así que no era extraño ver a la gente consumiendo las horas al sol o en alguna taberna debido a la falta de trabajo junto a la baja rentabilidad y extremado esfuerzo que suponían las pequeñas explotaciones existentes, conferían una imagen de pobreza generalizada a la zona.

En el 1907 se había iniciado al fin las obras de construcción de la línea de ferrocarril transpirenaico Lleida-Saint Giron, que unía Cataluña con su vecina Francia, con la construcción de un primer tramo de 26 Km Lleida-Balaguer. Este era un sueño de los habitantes del Pallars desde 1856 cuando iniciaron las gestiones para ello, y por fin se vería cumplido cosa que daba esperanzas de futuro a esa pobre economía de subsistencia.

Aunque ya se preveía que esa obra, debido a las duras condiciones geográficas, se alargaría en muchos años, solo cabía tener paciencia. Es en medio de este panorama de sacrificios y esperanzas donde en 1911 y casi por sorpresa se pondrían en marcha los trabajos de la Canadiense [3].

### 3.3 CREACION DE LA CANADIENSE

[3] Entre 1901 y 1911, algunos ingenieros como Emili Riu y Domènec Sert , conocieron la zona del Pallars gracias a unos reportajes hechos por el centro excursionista de Cataluña que explotaba esa zona pirenaica para llevar a cabo escaladas, rutas para descubrir unos paisajes aun vírgenes entre montañas, etc. Enseguida estos personajes se dieron cuenta del gran potencial que guardaban los innumerables saltos de agua del Pallars y empezaron a hacer algunos cálculos y proyectos.

Estos no tuvieron demasiada aceptación pues en la época no creían posible que se pudieran realizar semejantes construcciones, así como la falta de inversores, demasiados cautos ante un riesgo semejante. Para hacernos una idea, si analizamos las instalaciones hasta entonces construidas, no iban mucho mas allá de potenciar unos 100-200 Kw, en saltos ubicados en río Llobregat. Las obras que pretendían realizar los señores Riu y Sert, alcanzan los 50000 Kw.hora en un gran embalse situado en la

confluencia del río Noguera Pallaresa con el Segre, en el termino municipal de Camarasa.

Ante el miedo de los inversores y la idea política de hacer las cosas paso a paso, favoreciendo la construcción de pequeños saltos a medida que se fuera demandando electricidad, les hicieron ver que nadie en este país les apoyaría, solo recibían burlas generales e incomprensión, cosa que les hizo buscar inversores extranjeros.

En 1911 encontraron un grupo de inversores, franceses y suizos por una banda y norteamericanos e ingleses por otra, asumen la realización de los proyectos de Riu y Sert en el Pallars. Así se forma, por los primeros, la sociedad ‘energía eléctrica de Cataluña S. A.’ En Paris y por los segundos se forma en Toronto la ‘Barcelona Traction Ligth and Power Company’ , y dentro de esta como una filial, la ‘ Riegos y Fuerzas del Ebro S.A.’. Esta ultima será conocida como la Canadiense, aunque como se ve, no tiene ninguna relación con Canadá mas que el lugar donde se fundó.

La creación de la ‘ Barcelona Traction Ligth and Power Co Ltd ‘ va unida en gran parte a la construcción del FF.CC. de Sarriá de donde viene el nombre que toma. La sociedad se constituyó en Toronto el 12 de Septiembre de 1911 con un capital de 40 millones de dólares, divididos en 400.000 acciones de 100 dólares cada una, por un grupo de financieros norte-americanos e ingleses, de entre los cuales destaca Mr Stark Pearson.

La compañía tenia tratos directos con otra sociedad, la ‘Spanish Securities Co Ltd’ ,y vio como el 30 de noviembre suscribía 250.000 acciones, hecho que al combinarse con una reducción de capital, llevado a cabo por la Barcelona Traction el 5 de Diciembre, hasta dejarlo en 25 millones de dólares, dejaba a la Spanish como propietaria de la sociedad. Aún y así se pactaron unos acuerdos entre ambas sociedades, con la cesión de algunos activos, incluyendo algunas concesiones de terceros como las que habían obtenido Domènec Sert, que les permitió continuar teniendo autonomía propia y desarrollar sus propósitos.

La compañía mercantil ‘Riegos y Fuerzas del Ebro’ se constituyo simultáneamente con la Barcelona Traction en Toronto, siendo legalizada el mismo año en Barcelona.

Su primer presidente fue hasta su muerte, Mr Frederic Stark Pearson, y su cometido dentro de la empresa era llevar a cargo la explotación de las aguas del Noguera, así como la explotación de toda la energía producida. Ligada como estaba a la Barcelona Traction, cuando esta entró en quiebra en 1950, la arrastró hasta su desaparición beneficiando a la recién creada ‘Forces Elèctriques de Catalunya S.A.’ (FECSA).

### 3.4 DIRIGENTES DE LA CANADIENSE

Aunque no fueron dirigentes de la Canadiense, cabe destacar la vida de quienes fueron sin duda los promotores de todo el movimiento llevado a cabo en el Pallars a principios del S.XX.

[3] **Domènec Sert i Badia** nació en Barcelona el año 1866 y murió en 1952. Destacó como hombre emprendedor, forjador de grandes proyectos, que trataba de anticiparse a futuras realidades, como es el caso de las concesiones para el aprovechamiento de las aguas del Noguera Pallaresa que obtiene en 1901. Participó en política y fue repetidas veces diputado a cortes para el distrito de Manresa. En el mundo empresarial alcanzó una altísima consideración, cosa que le llevó a ser nombrado presidente del Fomento de Trabajo. Había cursado los estudios de ingeniería.

[3] **Emili Riu i Periquet** nació en Sort en 1871 y murió en Madrid en 1928. De familia humilde consiguió llegar a publicista y empresario en el mundo de la información. Destacó como redactor y director de importantes revistas de carácter económico y financiero ( revista Nacional de Economía y el Diario Mercantil).

Fue diputado del partido liberal para la circunscripción de Sort-Viella a lo largo de diversas legislaturas y impulsó las grandes obras hidroeléctricas en el valle de Capdella. Fundó con capital español en 1916, la sociedad 'Productora de Fuerzas Motrices S.A.' que se encargó de la industrialización hidroeléctrica del valle de Aran.



Foto 3: Emili Riu i Periquet

La construcción de grandes saltos destinados a la obtención de energía eléctrica tenía el precedente de otros saltos realizados en países más avanzados en el tema de centrales hidroeléctricas como Estados Unidos, Inglaterra, Francia, Suiza o Alemania. Esto hizo que en gran parte, los dirigentes solo tenían que repetir los proyectos que habían construido en otros países.

[3] De este grupo de personas destacaba Mr **Frederick Stark Pearson**. Nació el 5 de Julio de 1861 en Lowell (Massachusets), ingeniero, experto financiero y hombre de empresa, a la vez que representante de la Barcelona Traction Light and Power y Presidente de su filial Riegos y Fuerzas del Ebro. A su vez era miembro de otras sociedades que operaban en distintos países, cosa que hacía más complicada la gestión que él intentaba gobernar y controlar a través de terceras personas de su más absoluta confianza.

Su primera visita al Pallars fue en Junio de 1911, a los 50 años de edad, acompañado de Carles Montanyés, Doménec Sert, Ferran Comaplana y un técnico del servicio cartográfico de Cataluña. Comenta la gente que era un hombre de gran energía, que destacó por sus maneras educadas, su hablar suave e insinuante y su gentileza y aire señorial. Las otras visitas a la zona fueron: en noviembre de 1911 con los primeros equipos de topógrafos y geólogos que estudiaron el sector de la presa de Talarn; el 6 de abril de 1912, donde estuvo unos días visitando el estado de las obras e intercambiando opiniones con el personal directivo; el 26 de Octubre de 1912 en visita de rutina; el 24 de mayo de 1913 cuando ya se perfilaban las dificultades insalvables del sector de Puigcercós; el 3 de diciembre de 1913 donde la población de Tremp le dio una impresionante bienvenida; y su último viaje el 9 de junio de 1914 a pocas semanas del estallido bélico europeo que tendría tan desfavorables incidencias en el transcurso de las obras.

Al inicio de la primera guerra mundial en 1914, en Agosto la mayoría de personal dirigente fue reclamado por su país para incorporarse a filas, así que tuvieron que dejar las obras del Pallars. fue el impulso de Mr Pearson lo que llevaría a convocar una asamblea general de accionistas de la Barcelona Traction el 11 de mayo de 1915, con el propósito de reafirmar la continuación de las obras, casi paralizadas y olvidadas, de las aguas del Noguera.

Camino de Londres, embarcado en el trasatlántico 'Lusitania' junto con su mujer, Miss Mable Wart, fueron torpedeados en aguas irlandesas por un submarino alemán, el 7 de mayo de 1915, causándole la muerte. Aún así se celebró la asamblea general que concluyó con la continuación de las obras en Cataluña. El hundimiento del trasatlántico fue considerado un crimen y una agresión injustificada, cosa que llevó a los Estados Unidos a declarar la guerra a Alemania y Austria.



Foto 4: Frederic Stark Pearson.

El primer director general encargado de la zona del Pallars fue Mr **A. Thomas Stiles**. A él le toco la faena mas complicada en principio, la de organizar todo el caos de los primeros meses . En 1913 fue sustituido por Mr **F. W. Abbot**, que duró hasta el parón provocado por la crisis mundial de 1914. Cuando se reiniciaron las obras en 1915,la dirección se le otorgó a Mr. **Billings** hasta la finalización de las obras en 1917. para los nuevos proyectos, donde se incluye la presa de Camarasa, se hizo cargo Mr. **J. W. Towle**.

### 3.5 EL TREN RENARD

[2][3] En las obras llevadas a cabo en el Pallars, era muy importante la comunicación con Lleida, ya que al ser la capital, es donde llegaba todo el material por tren. Para el transporte de este, y debido a una red viaria muy deficiente, cobró mucha importancia un espectacular vehículo de transporte llamado tren Renard.

Fueron imprescindibles sobretodo para el transporte de grandes piezas para el montaje de grúas, hormigoneras, hornos de la fabrica de cemento, así como turbinas, generadores, compuertas, cables de alta tensión, etc...

Utilizaban un motor de gasolina, aunque cuando escaseaba el combustible debido a la guerra europea, se les acopló una caldera de vapor.

Los que funcionaron en las obras de la presa de Camarasa eran de la marca 'John Fowler', eran de vapor, con un motor de 70 H.P. y podía arrastrar hasta 40 toneladas, repartidas en plataformas de 8 y 10 toneladas cada una. La maquina tenia una altura de 3.70m y 5.90m de largo. Pesaba 14 toneladas, la distancia entre las ruedas de delante y atrás era de 3.10m y la separación máxima de los ejes de entre ruedas era de 1.40m.

Su velocidad punta era de 6 Km/h si la carretera era plana y marcha atrás descargado alcanzaba los 3 Km/h. Dejaban una clara y profunda huella en los caminos existentes, motivo de mas de un accidente de algunos carros y tartanas.



Foto 5: Imagen de un tren Renard

### 3.6 ANTEPROYECTO DEL SALTO DE CAMARASA.

#### 3.6.1 EVOLUCION DE LAS CONCESIONES DEL NOGUERA

[2][3] Entre 1901 y 1907 el gobierno español otorgó al señor Doménech Sert y Badia el reconocimiento de tres concesiones en el curso del noguera Pallaresa para su aprovechamiento. Tenía previsto la realización de tres saltos, pero debido al escepticismo del gobierno en tal inversión, reunificó las tres concesiones en una sola con el fin de realizar un único salto al final del río, en la confluencia del Noguera con el Segre. Esta unificación fue aprobada por una R.O. del 8 de marzo de 1910.

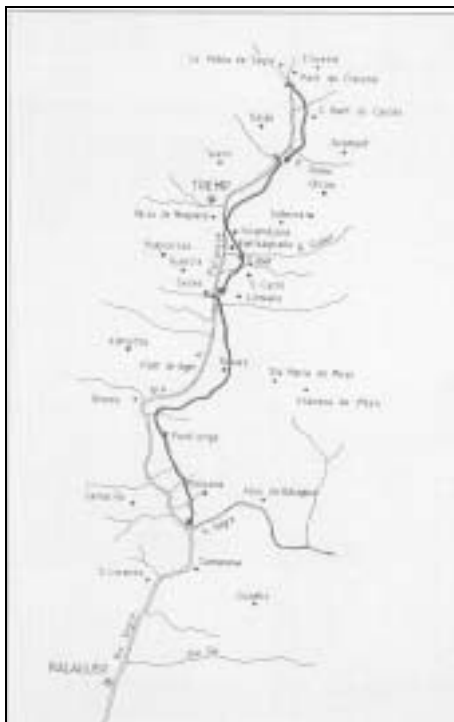


Fig 3 : Las tres concesiones atorgadas al Sr. Sert entre 1901 y 1907.

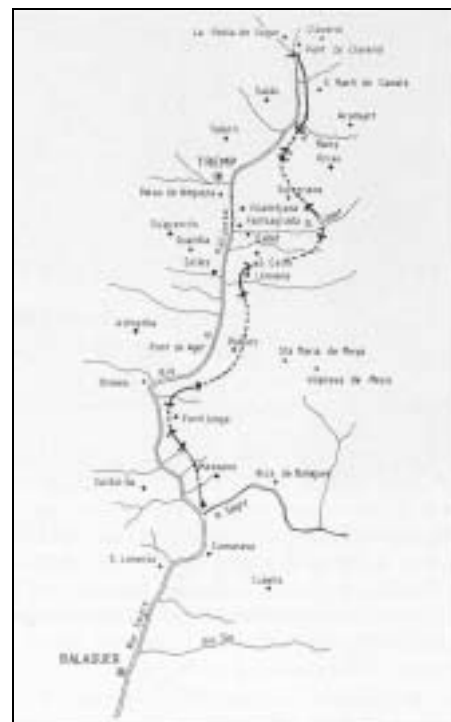


Fig 4 : Unificación de las concesiones del Sr. Sert. (R.O. 8 marzo 1910)

En septiembre de 1911, Doménech Sert transfería la concesión de aguas a la sociedad Riegos y Fuerzas del Ebro S.A.. Esta sociedad presentó una modificación de la unificación de Sert y sustituyó la presa de derivación y primera sección del canal, entre la Pobla de Segur y el estrecho de Sant Antoni, por un embalse de 230 Hm<sup>3</sup> que al mismo tiempo servía para regularizar el caudal variable del río y como reserva en épocas de verano.

Se proyectó la presa de Sant Antoni de Talarn de 84 m de altura y un canal de 50 km, que transcurriría por el margen derecho del río cruzándolo hacia el izquierdo en su paso por el Congost dels Terradets y se obtenía un salto de 201.68 m de altura con una potencia de 80.000 C.V. en la confluencia de los ríos Noguera y Segre, en el término de la Maçana ( Fontllonga)

En estas épocas, tanto la presa proyectada como el embalse eran la más alta y de más volumen de Europa respectivamente. Del caudal total solicitado, 42.5 m<sup>3</sup>/s., se destinaban 2.5 a ampliación de riegos en 2.500 Ha. de terreno en la Cuenca de Tremp y 10 l./s. para abastecimiento de agua a Tremp. Este proyecto fue aprobado por R.O. del 28 de noviembre de 1912.



Fig 5 : 1ª concesión a R.F.E.  
(R.O. 28 noviembre 1912)

Se comenzaron las obras de la presa y del canal con un ritmo frenético, pero en este último se enfrentaron a grandes dificultades para atravesar hacia Puigcerros y Guardia, ya que eran terrenos de mala calidad que dificultaban las obras y aún más su conservación, por lo que después de estudios minuciosos y la gran inversión hecha se modificó el planteamiento inicial.



Se trasladó el canal al margen izquierdo donde el terreno era de mayor calidad al menos en los primeros metros. A su vez, se dividió el salto total en tres: el primero situado al mismo pie de la presa de Talarn; el segundo, Barcedana, tenía su origen en la cámara de desguace del anterior y transcurría por el margen izquierdo hasta la central del Congost de Terradets, cruzando el Montsec y estableciendo su cámara de aguas en la depresión de Barcedana. El ultimo salto, Camarasa, empezaba en la cámara de desguace del anterior y con un canal, con numerosos túneles y obras de fabrica, llegaba hasta la confluencia de los ríos Segre y Noguera Pallaresa en el termino de la Maçana. Esta modificación se aprobó por R.O. del 16 de octubre de 1913.

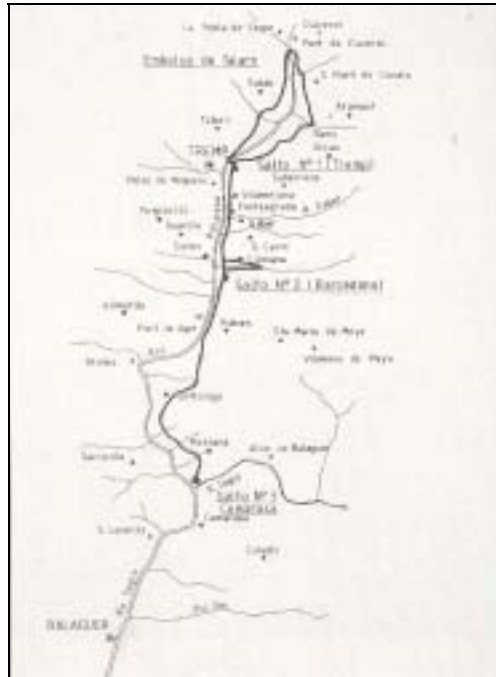


Fig 6 : modificación tres saltos  
(R.O. 16 octubre 1913)

El salto num. 2 se aprobó por R.O. el 19 de septiembre de 1915 una vez presentado el replanteamiento y la propiedad de los terrenos del embalse de Barcedana. Comenzaron las obras del canal y túnel de presión pero poco después tuvieron que suspenderlas debido a corrimientos constantes de tierras que hacían imposible la realización de la obra en el ultimo tramo, entre el río Gavet y la depresión de Barcedana.

El tercer salto, el de Camarasa, cruzaba en canal la garganta de Terradets y la de Montroig en el Montsec, con una serie de túneles y acueductos en terrenos de mala calidad, cosa que elevaba mucho el coste. Por eso se suspendieron las obras y con la experiencia del embalse de Talarn, capacidad que no era suficiente para regular en su totalidad el caudal del río, se presentó el proyecto del embalse de Camarasa el 13 de septiembre de 1916.

Este embalse tendría 140 millones de m<sup>3</sup>, con una presa de 103 m de altura, en el paso del Pont del Diable, al Noguera Pallaresa, situando la central en la misma confluencia de los dos ríos, el Noguera y el Segre.

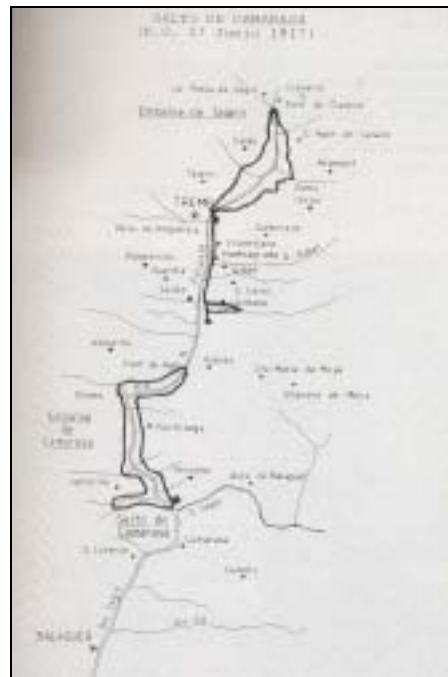


Fig 7 : Salto de Camarasa  
(R.O. 27 Junio 1917).

La presa de Camarasa con sus 92 m de altura sobre el lecho del río y sus 101.57 m sobre cimientos, fue la mas alta de Europa en su momento y no fue superada hasta 1924 por la presa de Waggital en Suiza con 112 m, como se ve en la siguiente tabla [2].

Nombre	Altura	País	Tipo	Curvatura	Año
WAGGITAL	112.00	SUIZA	Gravedad	Recta	1924
BOQUILLA	110.00	MEJICO	Gravedad	264.00	1914
ARROWROCK	107.00	EE.UU.	Gravedad	202.00	1916
CAMARASA	103.00	ESPAÑA	Gravedad	301.60	1920
ELEPHANT	93.00	EE.UU.	Gravedad	Recta	1916
KENSICO	91.50	EE.UU.	Gravedad	Recta	1915
NEW CROTON	90.50	EE.UU.	Gravedad	Recta	1906
HETCH-HETCHY	90.00	EE.UU.	Gravedad	210.00	1923
TALARN	86.00	ESPAÑA	Gravedad	300.00	1916
DON PEDRO	85.00	EE.UU.	Gravedad	205.00	1923
ROOSEVELT	84.00	EE.UU.	Gravedad	125.00	1911
MONTEJAQUE	83.50	ESPAÑA	Vuelta	35.00	1924
BARBERINE	80.00	SUIZA	Gravedad	350.00	1913
OLIVEBRIDGE	76.60	EE.UU.	Gravedad	Recta	1913
SHOSHONE	75.00	EE.UU.	Vuelta	46.50	1910
BARREN JACK	73.00	AUSTRALIA	Gravedad	366.00	1913
WACHUSSET	68.00	EE.UU.	Gravedad	Recta	1906
BARRET	67.00	EE.UU.	Gravedad	120.00	1922
PRINCIPE ALFONSO	66.00	ESPAÑA	Gravedad	220.00	1918
PATHFINDER	65.00	EE.UU.	Vuelta	46.50	1909
WITHNEY	65.00	EE.UU.	Gravedad	503.00	1915
MAUER	62.00	ALEMANIA	Gravedad	250.00	1912
EGUZON	61.00	FRANCIA	Gravedad	258.00	1925
URFT	58.00	ALEMANIA	Gravedad	200.00	1904
CATARACT	58.00	AUSTRALIA	Gravedad	Recta	1908
LE MESCE	58.00	ITALIA	Gravedad	200.00	1914

Tabla 1: Esta tabla muestra las presas más importantes construidas en todo el mundo antes del 1924. Entre ellas figura la presa de Camarasa

## 3.7 EJECUCION DE LAS OBRAS DE LA PRESA

### 3.7.1 ESTUDIO GEOLOGICO PREVIO

Para ubicar correctamente la presa de Camarasa se pidieron varios informes a los geólogos más prestigiosos del momento, la mayoría de los cuales habían participado en el proyecto de Talarn. Los informes y autores fueron [2]:

- Informe del geólogo Sr. Otto Gutzwiler del 4 de julio de 1917.
- Informe del ingeniero de minas Sr. Mariano Vidal del 24 de julio de 1917 [4].
- Informe del ingeniero de minas Sr. Mariano Vidal del 13 de diciembre de 1918 [4].
- Informe del geólogo Mr. Crosby de 1917.

También se realizaron doce sondeos en la zona de emplazamiento del cuerpo de la presa, donde se encontraron cuevas y roca porosa. También se encontraron alrededor de la confluencia una serie de fuentes insignificantes, con un caudal aproximado de 4 l./s., y no se previnieron en absoluto las filtraciones que posteriormente se producirían.

El informe del Sr. Otto Gutzwiler se centró principalmente en el estudio geológico de la zona donde iba a construirse la central, estudiando la geología del terreno, la circulación de caudales de agua, su procedencia y como se podrían detener una vez la presa esté ya construida.

Por los datos de temperatura tomados en el agua que salía de las fuentes, llegó a la conclusión que había una gran cantidad de cavernas conectadas entre sí, por las roturas y grietas del terreno dolomítico, en las calcáreas que acaban sobre la capa liásica. También manifestó que las fuentes con mayor temperatura que el río procedían de filtraciones a poca distancia de la fuente, mientras que las que tenían mayor diferencia de temperaturas procedían de vías más profundas y se producían a más distancia que las primeras.

El informe que presentó el ingeniero de minas Sr. Mariano Vidal se centró en reconocer si el fondo de las excavaciones donde se iba a cimentar la presa tenían suficiente capacidad resistente. El informe se plantea tres cuestiones [4]:

- La diferencia de temperaturas entre las fuentes y el río podría indicar un origen artesiano?
- Fuese cual fuese el origen de las fuentes, cuando la presa estuviera construida, podría afectar esta circulación de agua por debajo la presa en crear una subpresión que pudiera desequilibrar la presa?
- Observando las fuentes que fluían en el interior de lo que sería el embalse, podría ser que con la carga de agua del embalse lleno se pudiera invertir el sentido de circulación del agua y llegar a tener pérdidas importantes?

A estas tres preguntas las contesta de la siguiente manera. A la primera de ellas, afirma que no tienen un origen artesiano, que se deben a filtraciones producidas en el terreno poroso y circulan a través de las discontinuidades de la roca donde se calienta el agua.

En segundo lugar afirma que no había ningún peligro en lo que a estabilidad de la presa se refiere.

En tercer y ultimo lugar opina que tampoco se había de temer que pudieran afectar a la presa, ya que ninguno de estos corrientes tenia su origen en un nivel superior a su máximo. Resumiendo, que no había ningún peligro y opina que se tiene que construir la presa.

Con todos estos antecedentes, el 1918, la comisión inspectora una vez examinados los diferentes sondeos realizados y con los informes geológicos favorables, los considero suficientes y el emplazamiento de la presa como favorable.

La comisión inspectora consideró que las calcáreas dolomíticas que se tenían que utilizar en esta obra, en la producción de cemento, eran de una densidad algo superior a las utilizadas en Talarn harían de la obra mas pesada y junto con la adopción del mismo perfil aumentan las garantías de estabilidad. Aceptó el diseño propuesto y obligó a ajustar el proyecto de ejecución a las características propias del caso.

El cálculo se tenia que efectuar siguiendo el método de Levy, comprobando las tensiones normales del hormigón, los esfuerzos cortantes y el deslizamiento; todo ello suponiendo un perfil triangular, con un vértice en la cota 377, y un peso específico comprobado en el laboratorio central de la escuela de caminos, en el de obras publicas de Lleida y a pie de obra de  $2.45 \text{ t./m}^3$  [2].

Se obtuvo una inclinación de  $\text{tg } \alpha = 0.8305$ , unas compresiones máximas con el embalse lleno de  $8.80 \text{ kg./cm.}^2$  en el paramento de aguas arriba y de  $19.92 \text{ kg./cm.}^2$  en el de aguas abajo, con el embalse vacío las compresiones máximas son de  $20.47 \text{ kg./cm.}^2$  y  $0.07 \text{ kg./cm.}^2$ , aguas arriba y abajo respectivamente. Se comprobó que aunque el peso específico en obra bajase a  $2.3 \text{ t./m.}^3$  se siguieran soportando las compresiones en la presa.

El esfuerzo cortante máximo en el paramento de aguas abajo se calculó en  $4.95 \text{ kg./cm.}^2$  y fue admitido por la comisión pero con una observación, se tendría que contrarrestar en parte este efecto con la adición en la parte inferior del paramento, de un mayor numero de bloques naturales de piedra embebidos en el hormigón, así como otros en la parte inferior del paramento aguas arriba para no desplazar el centro de gravedad de la presa.

Se exigió que la cimentación de la presa se apoyara solidamente sobre roca sana, dejando los salientes necesarios para su enlace así como una pendiente hacia aguas arriba. Una vez excavado el terreno hasta la roca, la comisión debería dar su visto bueno antes de proceder a la ejecución de la obra en sí. Se obligó al concesionario a la construcción de un profundo rastrillo en el paramento de aguas arriba, con el fin de evitar o reducir las subpresiones, recomendando que los cimientos fueran lo mas paralelos posible a las líneas isostáticas, norma de buena práctica.

### 3.7.2.- CARACTERÍSTICAS DE LA PRESA DE CAMARASA

Cota de retención al nivel máximo normal del embalse.....	376,0m.
Cota de retención al nivel máximo extraordinario del embalse.....	376.5 m.
Cota de coronación de la presa.....	377.0 m.
Superficie ocupada con el embalse al máximo.....	624.0 ha.
Capacidad total del embalse.....	163.4 M.m. <sup>3</sup>
Capacidad útil del embalse.....	112.6 M.m. <sup>3</sup>
Tipo de presa.....	gravedad planta curva.
Altura máxima sobre cimientos.....	101.57 m.
Altura máxima sobre lecho del río.....	92.00 m.
Talud paramentos aguas abajo.....	0.83
Talud paramento aguas arriba.....	5 % en 32 m. superior
Anchura del coronamiento.....	4.00 m.
Radio de curvatura en planta.....	300 m.
Material constitutivo del cuerpo de la presa.....	hormigón ciclopi.
Volumen de la presa.....	218.000 m. <sup>3</sup>
Galerías e instalaciones de visita.....	no hay.
Desguace de fondo.....	no hay.
Juntas de contracción.....	cada 16 m. en la mitad superior.
Evacuación en avenidas.....	2 compuertas automáticas flotantes de sector de 27 m. de luz y 6 m. altura.
Capacidad de evacuación conjunta.....	1900 m. <sup>3</sup> /s. a la cota 376.0 m.
Máxima crecida registrada.....	1300 m. <sup>3</sup> /s. 25-10-1937
Área de la cuenca tributaria.....	2850 km. <sup>2</sup>

NOTA: las cotas indicadas son 39.2 m. que las absolutas en relación al nivel medio del mar en Alicante.

Tabla 2: [2]Esta tabla nos muestra diferentes datos sobre la presa de Camarasa.

### 3.7.3 EJECUCION DE LAS OBRAS

#### 3.7.3.1 DESVIO DEL RIO

[2] Las obras del desvío del río se iniciaron el último trimestre del 1917 con la finalidad de desviar el caudal del Noguera Pallaresa. Se construyó un túnel de desvío en el margen izquierdo del río con sección de herradura.

El túnel se acabó de excavar el diciembre de 1917, también se excavó una chimenea o pozo de ataque para que una vez cerrado el paso del agua aguas arriba, pudiera ser hormigonado con facilidad. Este hormigonado se llevó a cabo en enero del 1920, regulando el agua del río por unos pasos temporales de obra situados a las cotas 315 y 327.5, y por una obertura que se dejó en el cuerpo de la presa a la cota 361.1 que se dejó para poder realizar las obras del vertedero y del canal de la cámara de carga.

No fue un sistema de regulación demasiado complejo ya que no se preveía ninguna avenida y además el caudal de la Noguera estaba en parte regulado por la presa de Talarn.

### 3.7.3.2 MATERIALES USADOS

[2] Para determinar la composición óptima del hormigón que se tendría que usar, se realizaron ensayos con los áridos seleccionados de la zona con el fin de encontrar una dosificación que se adaptara a las especificaciones de densidad así como de resistencia a rotura por compresión.

Estos ensayos se realizaron en el laboratorio central de la Escuela de Caminos, Canales y Puertos con unas probetas cúbicas de 31 cm. de arista, frabricadas in situ por personal designado.

Se ensayaron básicamente dos dosificaciones. La primera tenia un tamaño máximo de 70 mm., pequeño para el cuerpo de una presa, con las siguientes proporciones en peso:

Árido de 10 a 70 mm.	62.0 %
Árido de 1 a 10 mm.	13.0 %
Arena de 0.1 a 1 mm.	12.2 %
Arena de 0 a 0.1 mm.	3.8 %
Cemento portland	9 %
TOTAL	100.0 %

La segunda dosificación y con el fin de ahorrar la máxima cantidad de cemento posible, ya que este se tenia que trasladar des de las fabricas Asland de La Pobra de Lillet y de Montcada, se utilizó la siguiente dosificación en peso:

Árido de 10 a 150 mm.	66.0 %
Árido de 1 a 10 mm.	12.0 %
Arena de 0.1 a 1 mm.	10.8 %
Arena de 0 a 0.1 mm.	6 %
Cemento portland	5.2 %
TOTAL	100.0 %

La densidad de este hormigón oscilaba entre 2.44 y 2.66 t/m.<sup>3</sup>, con una impermeabilidad que se consideró de muy buena y además cumplía ampliamente las especificaciones en lo que a resistencias se refiere.

En vista de los buenos resultados, la comisión inspectora aceptó esta segunda granulometría, aunque exigió una proporción mínima de un 11.5 % en peso de mezcla entre cemento y arena fina, equivalente a 274 kg. de mezcla por metro cúbico de hormigón. A su vez, se entendía que la mezcla ( sand- cement) se obtendría con un 55 % de clinker de la fábrica Asland de la Pobra de Lillet y un 45 % de arena obtenida por trituración de la calcárea dolomítica de los costados de la presa.

Durante la ejecución de las obras se realizaron ensayos a compresión, mediante probetas obtenidas a pie de obra. Se ensayaron mas de 500 probetas cúbicas de 31 cm. de arista con unos resultados francamente satisfactorios.

Mas adelante, durante el periodo de corrección de filtraciones, se ensayaron unas probetas obtenidas de sondeos realizados hasta 1931, es decir 10 años de edad, con unos buenos resultados. En Junio de 1955, se hizo un sondeo en el hormigón a 20 m. de profundidad. Del testimonio se sacaron probetas de 16 cm. de altura que se ensayaron en el laboratorio con una prensa de 300 t.

De las probetas extraídas a profundidades progresivas entre 3.02 y 20.09 m., su rotura se dio entre 124.2 kg./cm.<sup>2</sup> y 168.1 kg./cm.<sup>2</sup>, con una media de 140.1 kg./cm.<sup>2</sup>. El hormigón apareció sin cavidades y con una buena disposición de los áridos. La densidad de las probetas era de 2.41 t./m.<sup>3</sup> a su edad aproximada de 34 años.

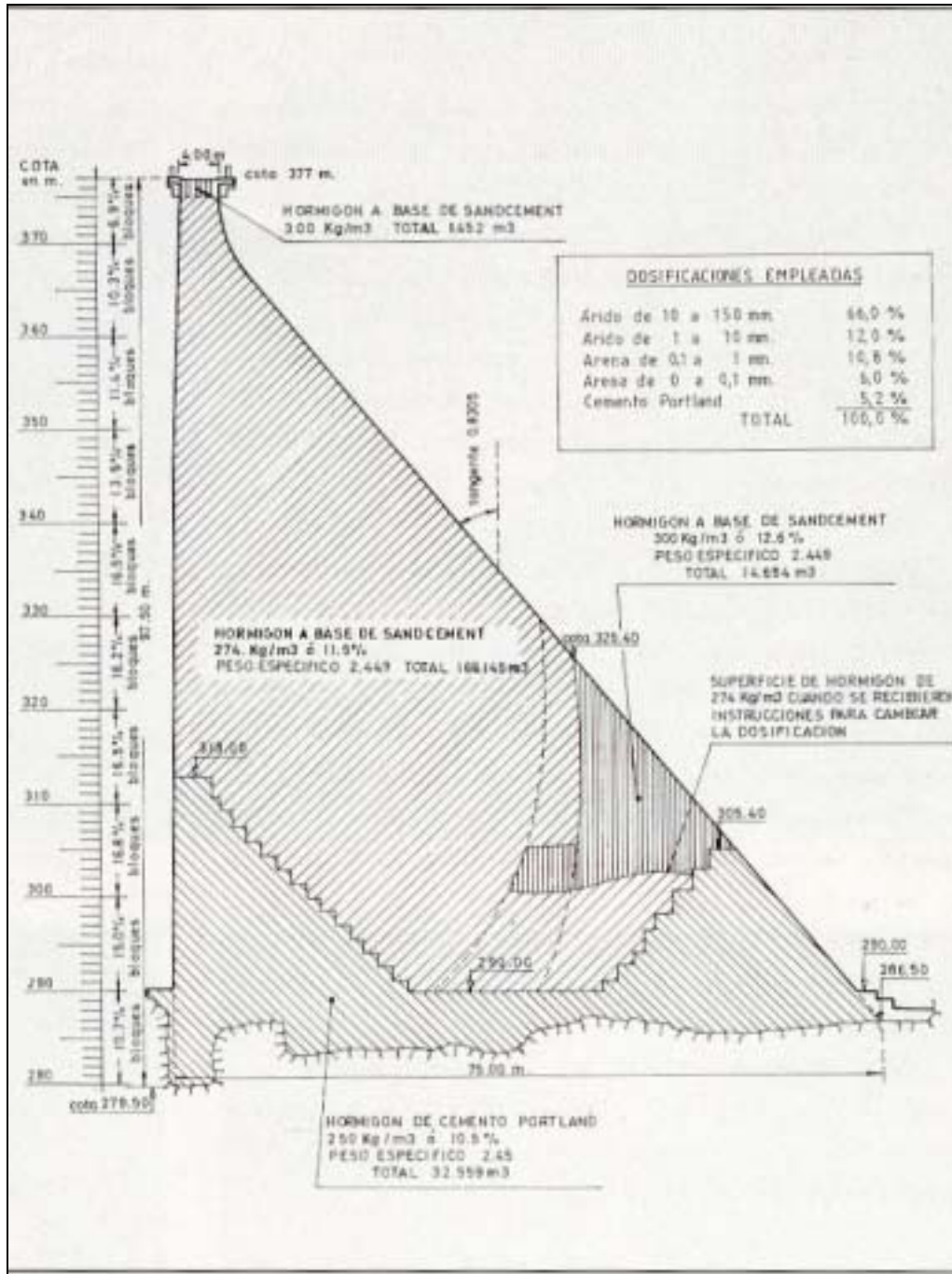


Fig 8: [2] Sección de la presa de Camarasa donde se pueden apreciar las diferentes dosificaciones del hormigón así como el porcentaje de bloques de piedra contenidos en su cuerpo.

### 3.7.3.3 ORGANIZACIÓN Y EJECUCION DE LAS OBRAS

[2] Con la finalidad de acceder a lo que sería el coronamiento de la presa y las instalaciones de hormigonado, se construyó un funicular desde el campamento situado en la confluencia de los dos ríos hasta la cota 415.00 por el margen derecho del río Noguera Pallaresa.

La misión de este funicular era la de transportar hasta las instalaciones de la planta de hormigón, todos los materiales necesarios. La estación inferior estaba situada en el margen derecho del Segre, al campamento de Dos Rius. Tenía un primer tramo recto de 362.7 m. y llegaba hasta la cota 371.76. Mas adelante se alargó hasta la explanada del blondín inferior, con una longitud total en planta de 415.00 m. El pendiente era variable según el tramo, aunque como media se puede tomar el 21.5 %. El trazado del funicular se puede ver en la siguiente fotografía.



*Foto 6:* Panorámica del emplazamiento de la presa visto desde aguas abajo. Se aprecian los trabajos de excavación del funicular en el margen derecho del Noguera.

El radio de curvatura máximo se encuentra en la salida del campamento y era de 15 m. de radio. Se desconoce su capacidad de carga.

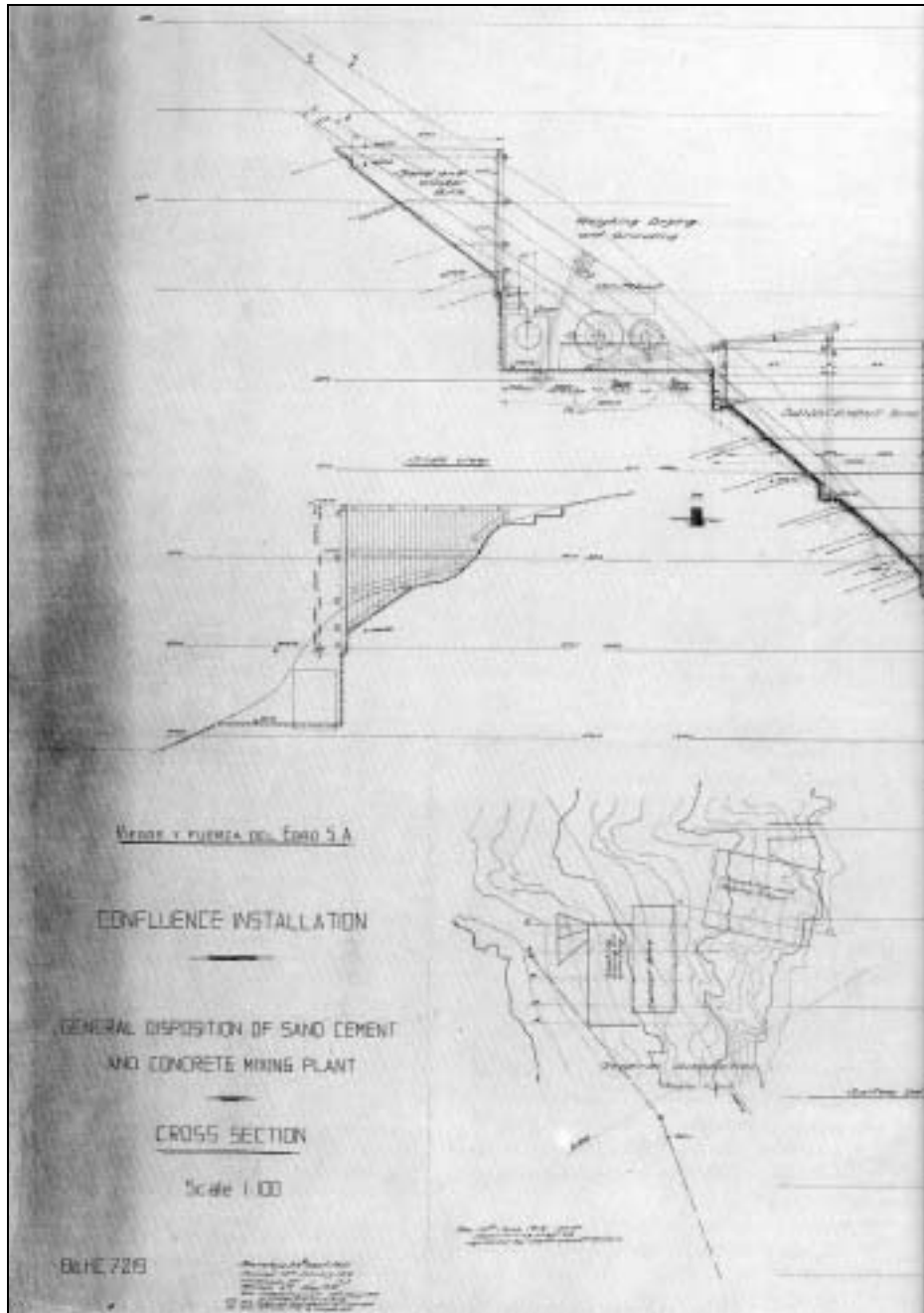
Desde la parte superior y en forma de cascada se instalaron por orden decreciente:

- Los silos de arena y clinker de cemento.
- El horno y el molino de mezcla de la arena y el cemento. (sand cement.)
- Los silos de sand cement.
- La planta de clasificación y machaqueo de áridos, situada a cota inferior a la del coronamiento de la presa.
- Los silos de áridos.
- La planta de hormigonado.

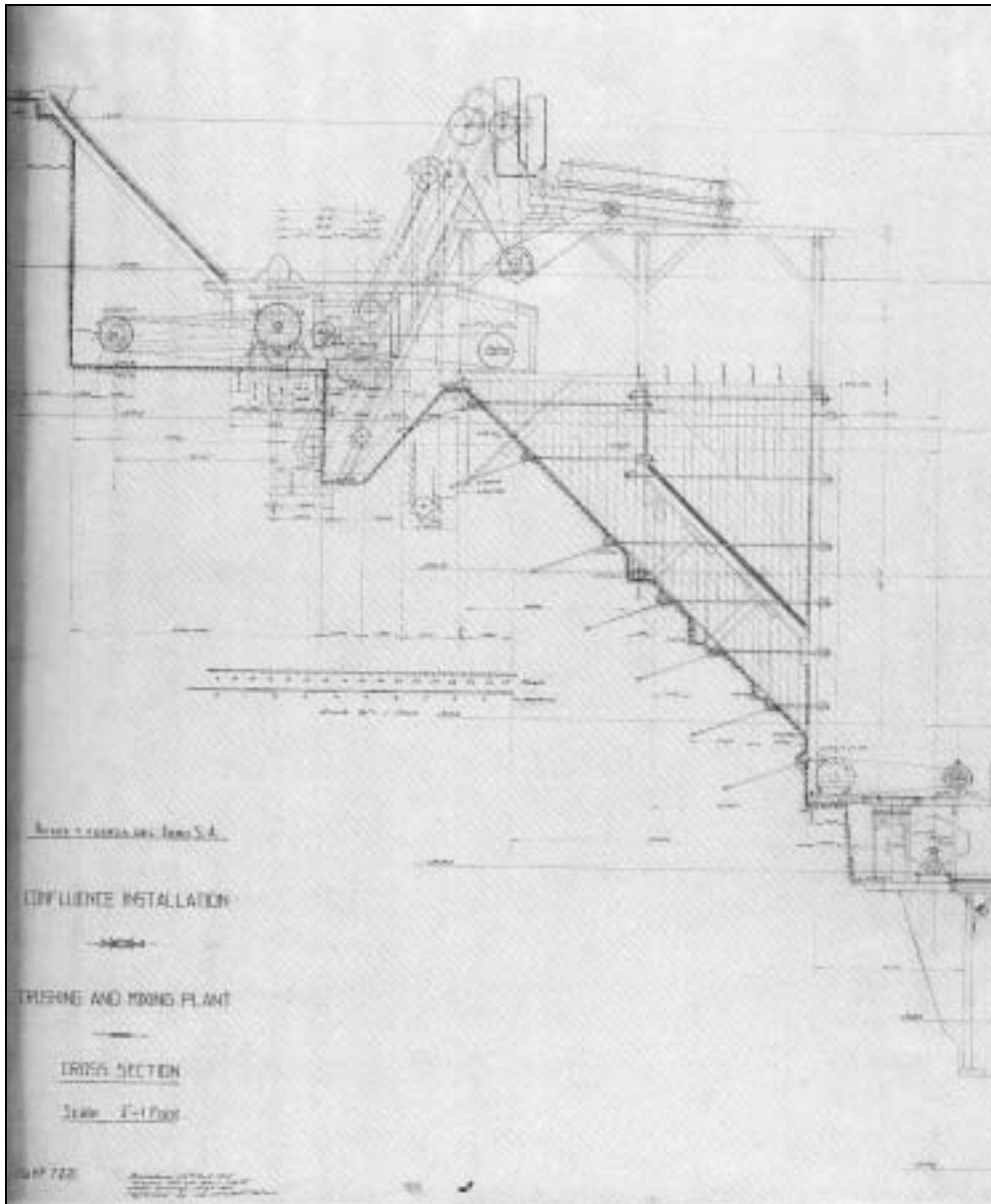


Todos estos materiales descendían por gravedad hasta las hormigoneras, e incluso en gran parte de la obra el hormigón era conducido desde estas hasta la obra con unos canales de 5 cm. de ancho que repartían según las necesidades.

En las siguientes figuras se puede observar la distribución en planta y alzado de las diferentes instalaciones.



*Fig 9:* Planta general a escala 1:500 de la distribución de la planta de hormigonado. A escala 1:100, una sección longitudinal del proceso, donde se aprecian los silos de arena y el clinker de cemento; A continuación y en sentido descendiente la planta de pesado y secado de la mezcla llamada sandcement; a continuación su almacenaje en los silos correspondientes.



*Fig 10:* Vista en sección de la disposición de la planta de trituración y clasificación de áridos y hormigonado. En la parte superior los molinos, a continuación los productos resultantes ascienden hasta los tamices para seleccionarlos y su posterior almacenaje. En la parte inferior se observa la ubicación de las cinco hormigoneras Smith.



*Foto 7::* 4 de julio de 1918; Se está trabajando en la construcción de las instalaciones de hormigonado. En la parte superior la fábrica de cemento y en la inferior la tritadora.



*Foto 8:* 2 de Diciembre de 1918; La planta completamente acabada.

Completaba la parte principal de la instalación los dos espectaculares blondines, que permitían el transporte del material de un lado a otro del río así como a cualquier punto de la presa.

Los blondines circulaban por cables de acero de  $65 \text{ mm}^2$ , estos cables descansaban sobre dos torres móviles de madera que se desplazaban sobre carriles situados en unas explanadas excavadas en ambos márgenes. Las explanadas correspondientes al blondín inferior estaban situadas a la cota 415.00 y las del superior a la cota 425.00. tenían una longitud de 75 m. por un ancho de 10, lo que les permitía cubrir una superficie de  $22.000 \text{ m}^2$  y de  $19.000 \text{ m}^2$  respectivamente; aparte de transportar al otro margen todo el material necesario para la construcción de la central, tuberías forzadas, etc. Que se hormigonaron desde otra instalación situada sobre la central.



*Foto 9:* Esta foto muestra la instalación de las torres de los blondines del margen derecho de la Noguera.

Tanto los blondines como las cuatro torres, dos de 75 y dos de 57 pies de altura, fueron suministrados por la firma Lidgerwood M.F. C° de Nueva York, y tenían una capacidad de carga de unas 12 t.

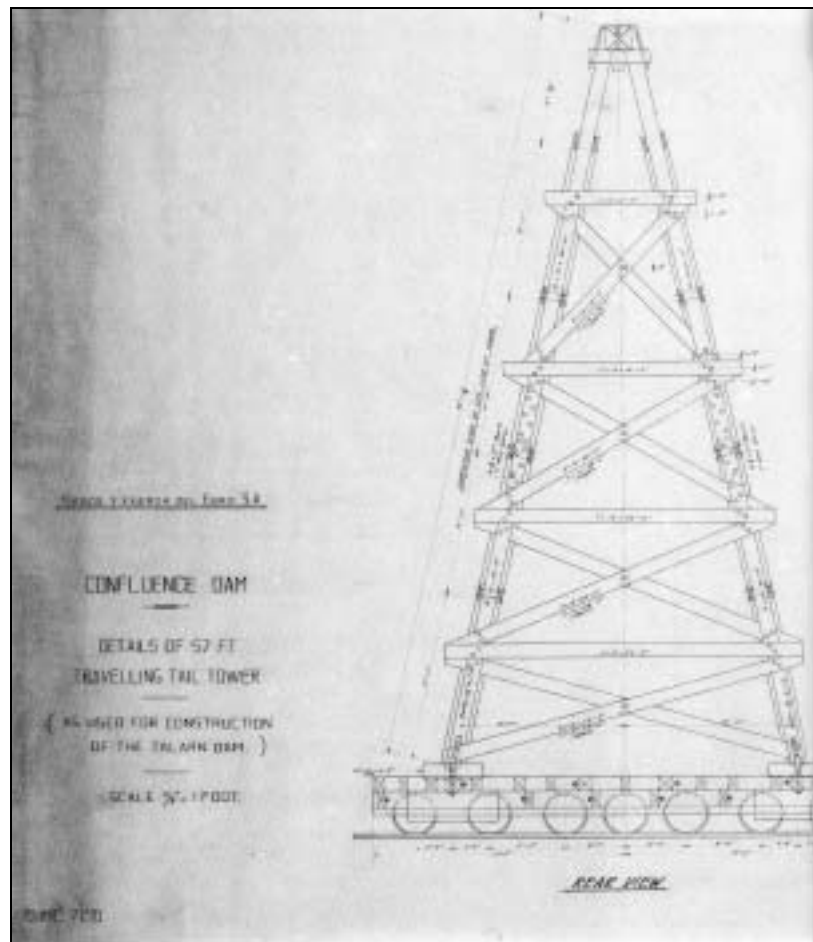


Fig 11: Alzado posterior de las torres de 57 pies de uno de los blondines. Estos elementos, así como las partes mecánicas correspondientes a las torres, fueron suministrados por la firma Lidgerwood M.F. de Nueva York, figurando en las especificaciones que debían ser fabricados con pino de Oregón.

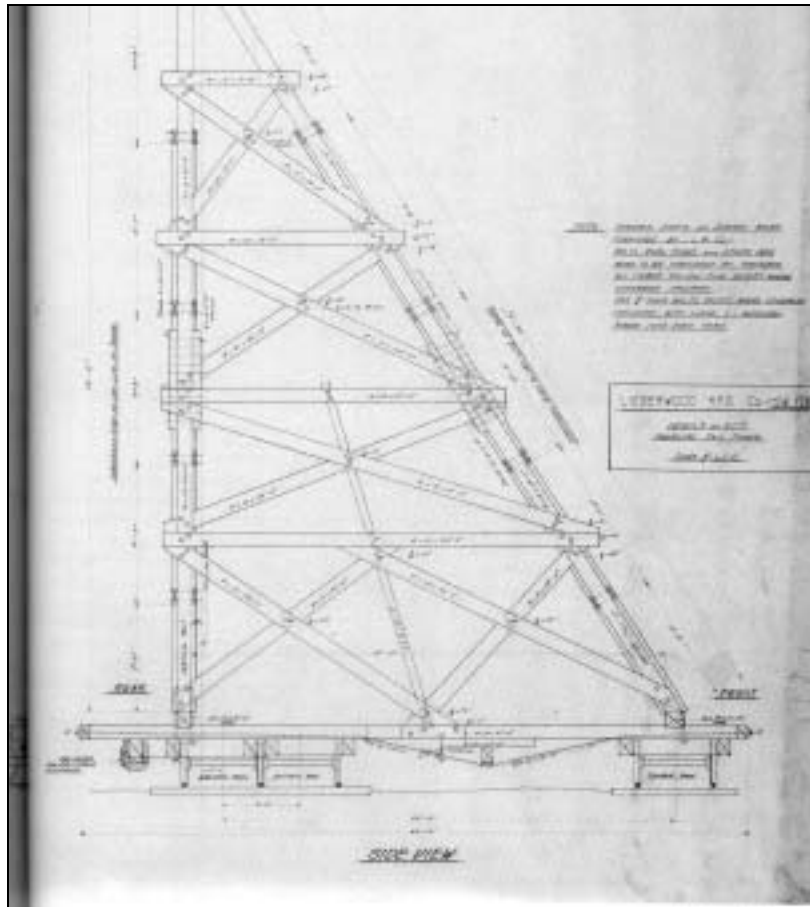


Fig 12: Alzado lateral de una de las torres de uno de los blondines.

El horno rotativo de secado de la planta de cemento tenía unas dimensiones de 5 x 50 pies y se desconoce quien fue el subministrador, procedía de las obras de la presa de Talarn. El molino de sand cement fue subministrado por Allis Chalmers M.F. C° y se desconoce su capacidad, aunque la potencia del motor que lo accionaba llegaba a la respetable cantidad de 400 HP.

La instalación de clasificación y machaqueo de áridos estaba equipada con molinos Williams accionados por motores eléctricos de 125 H.P., dos molinos Symans y dos trituradoras de 7'' accionados conjuntamente por dos motores de 150 H.P. cada uno. había además 5 hormigoneras de la marca Smith.

Con estos medios se fabricaron y colocaron los 218.000 m.<sup>3</sup> de hormigón del cuerpo de la presa, repartidos tal y como se ve en la figura 1.

El transporte de los materiales hasta la zona de las obras se realizaba mediante los famosos trenes Renard, de los cuales ya hemos hablado con anterioridad.. Una vez en obra, los materiales se movían por los elementos ya citados y merece especial mención unas grandes excavadoras de vapor, procedentes de las obras del canal de Panamá, así como una serie de tramos de ferrocarril de vía estrecha, por los que circulaban unas curiosas locomotoras que arrastraban inmensas cantidades de material.

Es muy curiosa la siguiente foto donde se ve a una de ellas trabajando en las obras del vertedero, en la cota más alta de la presa. No se sabe como llegó hasta allí ya que el túnel por el cual pasa la actual carretera se ve que aun estaba en construcción.



Foto 10: Vista de las obras en la zona donde estarán ubicadas las compuertas. En esta foto se puede ver la locomotora a la que hacíamos referencia anteriormente.

Después de las obras estas fueron vendidas, hace poco se localizó una de ellas en un apartador de ferrocarril en León. Después de una profunda restauración, está preservada en un tramo de la antigua fabrica de cemento Asland en la Poble de Lillet, sede del Museo de transportes de la Generalitat de Catalunya.

#### 4.3.4 VERTEDERO. COMPUERTAS AUTOMATICAS

[2] Debido a las dimensiones del embalse y a las irregularidades de las crecidas en el río, un vertedero de labio fijo no habría permitido la rápida evacuación del agua sobrante sin tener unas dimensiones enormes, por este motivo se diseñó un vertedero de nivel regulable y de funcionamiento automático. Este consta de dos sectores flotantes de hormigón armado situados en el estribo derecho de la presa.

Estas compuertas suministradas por la compañía suiza *Barrages automatiques* forman dos vertederos de 27 m. de longitud cada uno y están separados por un pilar de tres metros de ancho. El coronamiento de la presa pasa por encima de las compuertas en forma de puente aprovechando la separación entre ellos como pilar.

La compuerta 1, situada mas al centro de la presa, vierte por un canal corto de descarga dejando que el agua choque contra las rocas del margen adyacente de la presa. La compuerta 2, situada al extremo derecho de la presa, queda demasiado encastrada en la roca y es por ello que vierte a dos túneles paralelos de planta curva que discurren al lado del canal de la otra compuerta. El pendiente de los canales hasta el manto del río es tan rápido que el agua en caer se polvoriza casi por completo llevando mucha humedad hasta el edificio de la central un poco mas aguas abajo.

El cuerpo de cada compuerta esta construido en hormigón armado y su geometría es un sector cilíndrico de 10 m. de radio,  $47^{\circ} 50'$  de ángulo en el centro y 27 m. de longitud. El espesor de las paredes es de unos 30 cm. y la longitud del sector está dividida por paredes transversales de 0.35 m. hasta un metro, formando 10 compartimentos de 2.25 m. y de 2.5 m. en los extremos.

El sector pivota en un eje horizontal en la cota 367.85, situado en su centro geométrico. La parte circular actúa como pared de retención de aguas por lo que se encuentra aguas arriba de la rotación.

Cuando está solamente soportado por su eje de rotación, pero libre en el agua del embalse, el sector flota por tener menos peso que el agua que desplaza y en este estado de equilibrio su arista superior sobrepasa siempre el nivel máximo del embalse en una cantidad que depende del mismo nivel de agua. El movimiento descendiente del sector, ya sea automático o provocado, se obtiene por subpresión del empuje de aguas en su cara inferior, con lo que el sector se hunde en una cámara apropiada para ello situada debajo de él, donde cabe completamente quedando así horizontal su cara superior.

Esta maniobra se obtiene poniendo en comunicación la cámara inferior con el exterior, a través de una tubería que tiene una salida muy grande y permite dejar escapar libremente el agua con mas celeridad que con la que entra en la cámara a través del espacio libre que existe entre la pared circular y la propia cámara. (aproximadamente dos centímetros) Este espacio se tapa completamente cuando la compuerta está en su nivel máximo a través de unos hierros perfilados que encajan perfectamente.

El movimiento ascendente del sector, automático o provocado, se consigue dando presión normal al agua del interior de la cámara, esto se consigue dejando solo una comunicación exterior que da directamente al embalse. Esta comunicación ya existe de por sí y es el espacio entre la pared circular y la cámara que viene a ser de dos centímetros. Hasta ahora el funcionamiento de las compuertas se tacha de satisfactorio. La construcción de las compuertas y del recinto que las tenia que alojar, se empezó cuando la presa llegó a la cota donde están ubicadas.

Los trabajos propiamente dichos empezaron con la excavación realizada en abril de 1920 y se construyeron de hormigón las soleras correspondientes hasta la cota 369.00. A partir de esta cota se construyeron unas pantallas para poder embalsar el agua hasta su nivel máximo en espera de acabar los trabajos de construcción de las compuertas, las que entraron en servicio en enero de 1924.

Las dos compuertas en conjunto son capaces de aliviar 1.900 m.<sup>3</sup>/s., caudal muy superior a la crecida máxima registrada el día 25 de octubre de 1937 que fue de 1300 m.<sup>3</sup>/s. Un reconocimiento de antes y después de esta crecida de la balsa amortiguadora de la descarga fue plenamente satisfactorio.

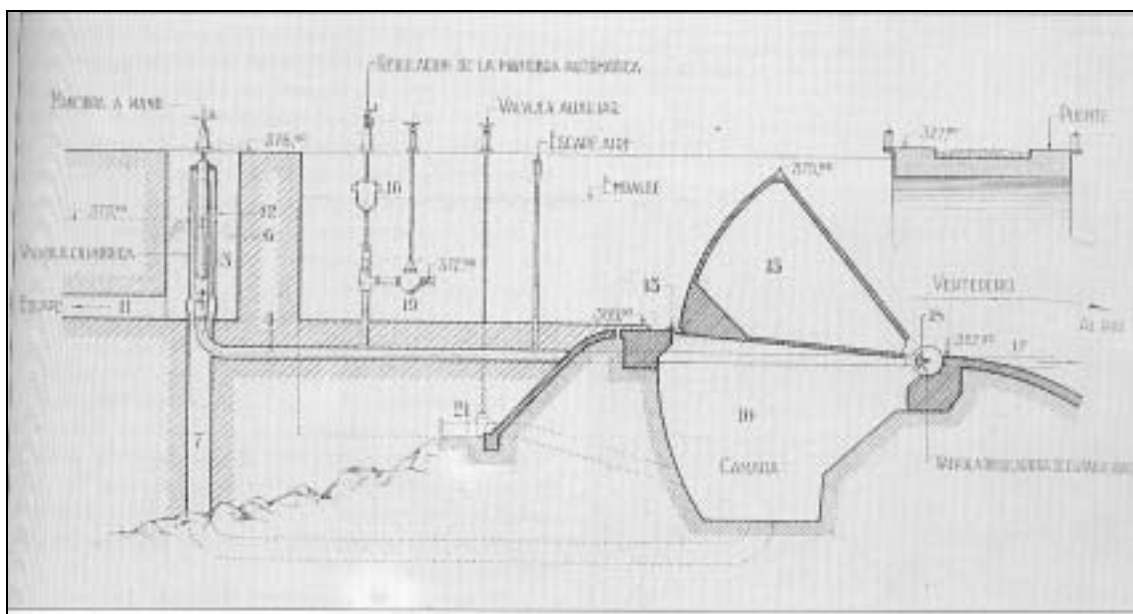


Fig 13: Esquema de una compuerta automática, dibujado para un nivel de agua comprendido entre las cotas 373 y 375.98 .