

**EL DISEÑO DE LAS CENTRALES DE TREMP (TALARN) Y  
CAMARASA DE “RIEGOS Y FUERZAS DEL EBRO” COMO  
REFERENCIA PARA EL DISEÑO DE LA CENTRAL DEL ESLA DE  
“SALTOS DEL DUERO”**

Pedro Amigo Román  
Universidad de Valladolid (UVa)

M. Billings, autor de las grandes presas de Tremp, Camarasa y otras, redactó por encargo de la S. H. P. de T.E., un interesante informe técnico – económico, absolutamente satisfactorio respecto a la importancia del asunto y a los trabajos realizados<sup>1</sup>.

La empresa Saltos del Duero (en adelante SD) ha sido estudiada de modo bastante completo, pero sin que se hayan colmado importantes lagunas de conocimiento y comprensión<sup>2</sup>. Como es conocido, la compañía se creó, a partir de cimientos previos, como Sociedad Hispano-Portuguesa de Transportes Eléctricos S.A. en 1918 y fue una de las matrices de Iberduero (1944-1991) y de la actual Iberdrola. Su objeto consistió en el inicio de la explotación hidroeléctrica del tramo del río Duero que sirve de frontera con Portugal y de sus inmediaciones, que se concluiría (ampliaciones de los saltos excluidas) en 1970<sup>3</sup>.

Esta comunicación parte del hecho de que, en los estudios de historia económica realizados hasta el momento, no se ha subrayado en toda su relevancia que el proyecto de aprovechamiento integral de los saltos del Duero no pudo emprenderse de forma correcta sin unas bases técnicas adecuadas, totalmente diferentes de las que se habían imaginado con anterioridad. Es más: esos supuestos previos eran erróneos y no hubieran servido para materializar el potencial energético que proporciona el río Duero y algunos de sus afluentes

---

<sup>1</sup> José Orbeago (director general de “Saltos del Duero”, máximo responsable de la construcción de la central del Esla y de la presa y el embalse de Ricobayo), en *Revista de Obras Públicas*, 1925, nº del 15 de diciembre, p. 571.

<sup>2</sup> Esta comunicación está basada en mi tesis doctoral *La formación de la industria productora de energía en Castilla y León (c.1840-1935)*, dirigida por el profesor Ángel García Sanz, que fue leída en julio de 2013. Debo expresar de modo particular mi agradecimiento a D<sup>a</sup> Inmaculada Rodríguez Casado, directora del Archivo General de la Confederación Hidrográfica del Duero (ACHD), por la ayuda prestada para la consulta de los fondos documentales de dicho Archivo.

<sup>3</sup> El estudio monográfico de referencia es el de Díaz 2006. Resulta útil Chapa 1999, que prolonga sus informaciones hasta 1970, y deben incorporarse los resultados y la documentación que figuran en Suárez 2006.

(sobre todo el Esla y el Tormes) a su paso por las provincias de Zamora y Salamanca. El planteamiento finalmente adoptado no era una opción; era una necesidad.

Antes de nada, debe señalarse que es preciso conocer, siquiera mínimamente, las bases científicas y técnicas que sustentan realidades del presente o del pasado, para que pueda haber una comprensión auténtica de las mismas. Por desgracia se olvida que la Economía es una ciencia social que se desenvuelve en el tiempo y en el espacio. Asimismo se piensa con frecuencia que debe dejar fuera las cuestiones meramente ingenieriles e incluso mostrarse desdeñosa con ellas. Tampoco la Historia Económica, aunque necesariamente tenga una dimensión temporal, se ve libre de corrientes economicistas. Se observará que el punto de vista que se adopta en esta comunicación es muy distinto. Es evidente que no es, ni pretende ser, una contribución al conocimiento de la evolución histórica de la ingeniería hidráulica, entre otras cosas porque su autor carece de la formación adecuada para ello<sup>4</sup>. Lo que sucede es que se parte de la idea de que sin un mínimo conocimiento de las bases técnicas de los planes de aprovechamiento hidroeléctrico, presentes ya en las construcciones de otras compañías operantes en otros territorios, no puede entenderse de forma satisfactoria el planteamiento correcto del aprovechamiento hidroeléctrico salmantino - zamorano<sup>5</sup>.

El conocimiento de los diseños de las centrales parte de consideraciones técnicas para adentrarse después en las consideraciones económicas. Sin las primeras no se entenderán las segundas. Pero las consideraciones económicas al final son las preponderantes. El aprovechamiento integral de una amplia área del Pirineo leridano, o más adelante del sistema Duero, no se hubiera llevado nunca a cabo para demostrar sin más la corrección de proyectos formulados por ingenieros brillantes. Se materializó porque existieron argumentos para ello desde el ángulo de la oferta y desde el ángulo de la demanda y, en definitiva, para colmar las expectativas de beneficio de las empresas privadas que se encargaron de ejecutar las obras necesarias y de financiarlas.

## **Las bases físicas de los saltos del Duero como condicionantes del aprovechamiento energético del tramo internacional y el de sus afluentes**

Las bases ofrecidas por la Naturaleza para el aprovechamiento energético del tramo del Duero que sirve de frontera con Portugal, así como de sus afluentes, han sido estudiadas desde la perspectiva de la Geografía Física y Humana, dentro de la cual destacan sobre todo los trabajos de Eugenio García Zarza<sup>6</sup>. Por supuesto, no se trata de repetir las cuestiones que se han señalado, sino de sintetizar las más importantes de cara a esta comunicación.

El potencial energético del Duero internacional no deriva únicamente del gran desnivel que se produce en un tramo bastante corto (418 m en un tramo de 119 km, lo que supone una pendiente de 3,51 m por km), sino del hecho que afecta a un río maduro, no a un tramo de cabecera, que es lo habitual en los ríos peninsulares. El Duero se encuentra alejado unos 600

---

<sup>4</sup> Se ha hecho uso, por el contrario, de obras básicas de carácter técnico, Cuesta y Vallarino 2000 y Vallarino 1998. Para el caso concreto de los saltos del Duero, Bueno y Saldaña 2002.

<sup>5</sup> Es la expresión utilizada en García 1973. Se considerará equivalente a complejo energético salmantino-zamorano o "sistema Duero", pero sin considerar más que los 6 grandes saltos: Esla – Ricobayo, Villalcampo, Castro, Aldeadávila, Saucelle y Villarino-Almendra. "Iberdrola" incorpora aprovechamientos menores cuando utiliza el término.

<sup>6</sup> García 1973. Es la referencia para todo lo que viene a continuación, salvo que expresamente se indique otra fuente.

km de su nacimiento, enriqueciéndose con los caudales de sus principales afluentes. Antes de la confluencia con el Pisuerga y, sobre todo, con el Esla, el Duero es un río de caudal modesto. Cuando no existían embalses reguladores, el caudal era de 28,3 m<sup>3</sup>/s en San Esteban de Gormaz (Soria) subiendo a 51,8 m<sup>3</sup>/s en Peñafiel (Valladolid). El Pisuerga le aportaba 160 m<sup>3</sup>/s y el Esla otros 250 m<sup>3</sup>/s antes de cada confluencia. De este modo, el Duero alcanzaba un caudal de 256 m<sup>3</sup>/s en Toro y de 547 m<sup>3</sup>/s en Puente Pino, en el tramo internacional del río. Dentro de él recibía otra aportación de relieve (62,7 m<sup>3</sup>/s) procedente del Tormes. Además de su aportación al río principal, los afluentes podían disponer por sí mismos de un potencial energético considerable causado por el desnivel y el encajonamiento de las partes finales de su recorrido.

Fernando Manero ha advertido que un potencial natural permanente únicamente puede ponerse en valor de modo histórico - coyuntural y selectivo<sup>7</sup>. Además, el potencial energético del sistema Duero presenta unas características que impiden un aprovechamiento satisfactorio en las condiciones que proporciona sin intervención humana la Naturaleza.

El caudal del Duero y sus afluentes están sujetos a enormes fluctuaciones, que van desde sequías extraordinarias a inundaciones devastadoras. Los caudales de los ríos Esla y Aliste, antes de la construcción del gran embalse regulador de Ricobayo, podían situarse entre 0,5 m<sup>3</sup>/s y 5.000 m<sup>3</sup>/s, es decir, una proporción de 1 a 10.000<sup>8</sup>. Los rangos de variación entre los caudales mínimo y máximo obtenidos en los aforos realizados antes de 1925 fueron de 1 a 123 para el Duero, de 1 a 164 para el Tormes y de 1 a 262 para el Esla y el Aliste<sup>9</sup>. El embalse de Ricobayo (1.200 hm<sup>3</sup> de capacidad) garantizó a la central del Esla un caudal medio de 96 m<sup>3</sup>/s, unas 200 veces superior al de un estiaje normal<sup>10</sup>. Es una prueba suficiente de que intentar aprovechar el potencial energético del Esla – y de todo el sistema Duero - sin regulación hubiera sido un disparate técnico y económico, pero esa fue la orientación que tuvieron los planes de construcción de saltos durante mucho tiempo.

Toda la explotación del complejo energético salmantino - zamorano debe concebirse como un aprovechamiento integral, puesto que el escalonamiento de los saltos permite que los nuevos se beneficien de la regulación aportada por los saltos precedentes, sin lo cual la explotación individual carece de sentido.

La regulación aportada por el embalse de Ricobayo no podía compensar la inexistencia de embalses reguladores en el Duero antes de la confluencia con el Esla. Como es lógico, su capacidad de regulación del sistema fue disminuyendo a medida que se construían nuevos saltos. El segundo gran embalse regulador del sistema Duero fue el embalse de Almendra, en el Tormes (2.586 hm<sup>3</sup> de capacidad total), cuya construcción finalizó en la tardía fecha de 1970. Su función principal no es la de generar la energía que pueda aportar en concreto el Tormes, sino la de crear una importante reserva energética para todo el sistema e incrementar la producción global. Con el complejo formado por Villarino y el embalse de Almendra concluyó la construcción (ampliaciones excluidas) de los grandes aprovechamientos del sistema Duero.

Estas consideraciones relativas al medio físico y a las técnicas humanas apropiadas para actuar en él hacen imposible plantearse un aprovechamiento que no sea sistémico y cuente

---

<sup>7</sup> Manero 1983, p.11 y ss.

<sup>8</sup> “Las instalaciones de Saltos del Duero”, *Ingeniería y construcción*, 1934, p.145.

<sup>9</sup> Orbezo 1925, p. 569-571.

<sup>10</sup> *Ingeniería y construcción*, 1934, p.145.

con la mayor regulación posible. Sin embargo, aunque las concesiones más antiguas daten de 1906 y los reconocimientos serios a cargo de ingenieros competentes tuvieran lugar a fines del siglo XIX, la idea de la necesidad de un aprovechamiento integral se dilató en el tiempo. La concepción adecuada acerca de cómo debían explotarse conjuntamente los saltos no apareció hasta 1924, si bien hubo pasos anteriores en la dirección correcta.

### **El salto del Esla de Saltos del Duero construido a partir de la referencia de los saltos de Talarn y de Camarasa de Riegos y Fuerzas del Ebro: una primera constatación**

El primer aprovechamiento hidroeléctrico de Saltos del Duero, construido entre 1929 y 1934, lo configuraron la central del Esla, situada al pie de la presa de gran altura de Ricobayo que cerraba el gigantesco embalse regulador del mismo nombre. Aunque hubiera considerables diferencias de magnitud, el diseño básico del aprovechamiento de Esla-Ricobayo era idéntico al de los aprovechamientos catalanes de Talarn y Camarasa construidos en la década de 1910 por la empresa de capital extranjero Riegos y Fuerzas del Ebro (en adelante RFE), filial de la Barcelona Traction Light and Power, popularmente conocida como La Canadiense, ambas constituidas en 1911.

La identidad del diseño básico no ha sido subrayada en toda su importancia, aunque se haya advertido con mucha anterioridad la inspiración en los modelos catalanes aludidos. Esto se relaciona, por supuesto, con el asesoramiento solicitado por SD de A.W.K. Billings, ingeniero y directivo de RFE, probablemente antes de 1924<sup>11</sup>. A.W.K. Billings fue el proyectista tanto de la presa de Talarn como de la de Camarasa. La identidad de diseño básico, órdenes de magnitud aparte, se recoge en el cuadro 1.

**Cuadro 1**  
**Características básicas de los aprovechamientos**  
**de Talarn, Camarasa y Esla – Ricobayo**

	<i>Talarn</i> (1916)	<i>Camarasa</i> (1930)	<i>Esla-Ricobayo</i> (1935)
Altura de la presa (m)	82	92	95*
Salto bruto máximo (m)	74,8	83,5	83
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	40	120	262*
Embalse -capacidad total- (hm <sup>3</sup> )	205	157	1.200
Aliviadero-capacidad- (m <sup>3</sup> /s)	2.000	2.000	5.000
Potencia turbinas (CV)	42.500	88.000**	153.000***
Potencia alternadores (kW)	28.000	56.000**	99.900***

\*Altura de la presa sobre cimientos; el caudal es el caudal de plena carga actual.

\*\*Dato correspondiente a 1930 (la potencia en 1920 era justo la mitad de esa cifra).

\*\*\* Dato correspondiente a 1935 (en 1947 la potencia se elevó un 25%).

Fuente: Sintés y Vidal 1933; Iberduero 1988; Alayo 2007.

Los elementos principales del diseño de los aprovechamientos catalanes de Talarn y Camarasa así como el zamorano de Esla-Ricobayo fueron los siguientes: presa de gran altura, central a pie de presa, embalse de la mayor capacidad posible, aliviadero lateral para evacuar las aguas sobrantes y función al servicio de un aprovechamiento integral de un río o una

<sup>11</sup> Chapa 1999, p.76.

cuenca. Un elemento se mostró sumamente inadecuado en el caso del aprovechamiento de Esla-Ricobayo, el del aliviadero lateral, cuyo desmoronamiento estuvo a punto de causar una catástrofe técnica y económica si hubiera descalzado la presa. Las razones de este suceso han sido bien indicadas desde el punto de vista geológico<sup>12</sup>, pero sin resaltar que la falta de suficientes conocimientos internacionales sobre el funcionamiento de los aliviaderos estuvo en la misma raíz de los problemas que se presentaron<sup>13</sup>.

Otras diferencias importantes entre los aprovechamientos catalanes mencionados y el de Esla-Ricobayo son de magnitud. Las presas fueron de altura similar, pero no la capacidad de los embalses reguladores. Ese fue el elemento decisivo, que condicionó asimismo el caudal disponible de los ríos y la potencia instalada en la central del Esla. El embalse de Ricobayo, de 1.200 hm<sup>3</sup> de capacidad, fue el mayor de Europa en ese momento, así como el mayor de España durante décadas. El volumen de agua que podía almacenar era unas seis veces la capacidad total del embalse de Talarn.

### **Las técnicas constructivas de Riegos y Fuerzas del Ebro (RFE) en el contexto del aprovechamiento integral de recursos hidroeléctricos en el Pirineo leridano**

RFE y su matriz, la Barcelona Traction, Light and Power (La Canadiense), han sido estudiadas de forma exhaustiva, al igual que los aspectos principales de la electrificación en Cataluña, pero resulta ineludible hacer una breve referencia a ellas en la presente comunicación<sup>14</sup>. Estas empresas se constituyeron en 1911, al igual que otra sociedad, la Energía Eléctrica de Cataluña, creación también del capital extranjero. La lucha competitiva por el suministro de electricidad a Barcelona tuvo una duración breve, decantándose cada vez más del lado de RFE. A finales de 1913 se acordó un reparto oligopolístico del mercado catalán<sup>15</sup>. En 1923 RFE se hizo con la mayor parte del capital de Energía Eléctrica de Cataluña<sup>16</sup>, pero la gestión de los negocios siguió siendo separada. La integración de los mismos se produjo en 1925 a través de la Unión Eléctrica de Cataluña, aunque se mantuvo el nombre de cada compañía<sup>17</sup>.

La integración del mercado catalán se hizo cada vez más avanzada porque, a pesar de que la posición hegemónica del grupo de la Barcelona Traction no se viera cuestionada, se incorporaron al mismo compañías de tamaño o significación no desdeñable –menos todavía si se consideraban en el contexto del conjunto de España - como la Cooperativa de Fluido Eléctrico, la Productora de Fuerzas Motrices o la Electro Metalúrgica del Ebro<sup>18</sup>.

Cataluña conformó, con diferencia, el mercado regional más importante de España<sup>19</sup>. No sólo por su grado de interconexión sino, sobre todo, por la importancia de las principales empresas

---

<sup>12</sup> Chapa 1999, p.103-111.

<sup>13</sup> Vallarino 1998, p.663-665.

<sup>14</sup> Aunque puede rastrearse su andadura en las obras de diversos autores, se seguirá como referencia la síntesis de Capel y Urteaga 1994, pp.12-81.

<sup>15</sup> Capel y Urteaga 1994, p.35.

<sup>16</sup> Capel y Urteaga 1994, p.63.

<sup>17</sup> Capel y Urteaga 1994, p.64.

<sup>18</sup> Para estas sociedades, véase Germán 1990, p.49-51; Maluquer 1990, p.181-189; Alayo 2007, p.436-440, p.450-452 y p.459.

<sup>19</sup> El conocimiento cada vez más exhaustivo de la historia de la electrificación en Cataluña se ha beneficiado de las aportaciones sucesivas de Maluquer 1983, Sudrià 1989, Capel 1994 y Alayo 2007.

que operaban en él, impulsadas por grandes entidades financieras internacionales. Esa relevancia del Principado iba asociada, como es lógico, a su capacidad de producción, así como de adaptación a una demanda creciente. La producción ascendió a casi 975 millones de kWh en 1935, un 26,6 por ciento de la producción española estimada por Isabel Bartolomé para ese año<sup>20</sup>. Si se le sumaba la producción comprada procedente de centrales ubicadas en la región aragonesa (203 millones de kWh) la energía demandada por Cataluña en el año anterior al estallido de la Guerra Civil se situaba en casi 1.178 millones de kWh<sup>21</sup>. En relación con la producción nacional estimada el porcentaje subiría al 32,3%.

En su primer aprovechamiento hidroeléctrico, el de Serós, en el río Segre, RFE utilizó la técnica de la presa de reducida altura (6 m) y muy largo canal de derivación (que alcanzó la impresionante longitud de 24,5 kms). Se comportó de esta manera porque el salto se adecuaba perfectamente a las condiciones existentes (posibilidad de aprovechamiento de un caudal del Segre de hasta 120 m<sup>3</sup>/s; creación de un salto de 52,5 m), lo que permitía construir de manera rápida una central de 36.000 kW<sup>22</sup>.

Pero inmediatamente RFE inició las obras de la presa de gran altura de Talarn (82 m; la mayor de Europa en su época, sólo superada en altura por algunas presas estadounidenses) que cerraba un embalse regulador asimismo de enorme capacidad en aquel tiempo (205 hm<sup>3</sup> de capacidad total; 197 hm<sup>3</sup> de capacidad útil). La central de Tremp, en la actualidad conocida como Talarn, al igual que el conjunto del aprovechamiento, fue finalizada en 1916 con una potencia instalada de 28.000 kW, inferior a la de Serós. Sin embargo, el elemento fundamental era otro. Se trataba ya de una central a pie de presa, no de una central muy alejada del lugar donde se tomaba el agua necesaria para su funcionamiento. El aprovechamiento de Talarn se situaba en la cabecera del río Noguera Pallaresa, porque no se trataba de construir una única central sino de iniciar el aprovechamiento integral del potencial energético de ese río<sup>23</sup>.

El segundo de los grandes saltos de RFE en el Noguera Pallaresa, el de Camarasa, tuvo el mismo diseño básico que el de Talarn. Ahora la presa era algo más alta (92 m) pero el embalse regulador tenía una capacidad inferior (157 hm<sup>3</sup>). No obstante, como el nuevo salto suponía un segundo escalón del sistema de aprovechamiento integral del río Noguera Pallaresa, la central a pie de presa podía disponer de una potencia instalada sensiblemente mayor, aunque sólo se fuera materializando a lo largo del tiempo (alcanzaría los 56.000 kW en 1930, pero cuando se concluyó en 1920 los grupos generadores instalados proporcionaban únicamente 28.000 kW de potencia)<sup>24</sup>.

Saltos adicionales permitieron el aprovechamiento integral del río Noguera Pallaresa e incluso de una parte más extensa del potencial hidroeléctrico leridano. Un afluente del Noguera Pallaresa, el Flamicell, desciende desde los lagos pirenaicos permitiendo que en su curso se ubicaran las centrales de la Energía Eléctrica de Cataluña. A su vez, el Noguera Pallaresa es tributario del Segre, en el cual RFE había establecido la central de Serós. Incluso después de

---

<sup>20</sup> Bartolomé 1999, p.155. La producción estimada de energía eléctrica en España en 1935 era casi de 3.645 millones de kWh. Para la evolución del sector eléctrico nacional antes de la Guerra Civil, Bartolomé 2007.

<sup>21</sup> Maluquer 1990, p.189.

<sup>22</sup> Alayo 2007, p.427-428.

<sup>23</sup> Alayo 2007, p.431-436.

<sup>24</sup> Alayo 2007, p.441-445.

la confluencia del Segre con el Ebro, se proyectaban grandes saltos en este último para ser explotados en el futuro<sup>25</sup>.

Joan Carles Alayo ha proporcionado informaciones sobre el coste de algunos saltos. El del salto de Talarn había sido muy elevado, situándose en 1.385 pts/kW instalado<sup>26</sup>. Asimismo ha facilitado los costes por CV instalado y por kWh anual producido de los saltos de las correspondientes sociedades (sin desagregación) que estaban terminados en 1923. Por esta razón se ha preferido no incluir la información aislada disponible para el salto de Talarn. Las cantidades se han deflactado, recurriendo al índice de precios de consumo elaborado por Jordi Maluquer de Motes en 2013, para obtener valores expresados en pesetas constantes de 1935. Los resultados se recogen en el cuadro 2.

**Cuadro 2**  
**Estimación de los costes unitarios de instalación de los grupos de saltos construidos por las empresas eléctricas de Cataluña (1923)**

	<i>Coste por CV instalado</i>		<i>Coste por kWh anual producido</i>	
	<i>pts/CV (corr.)</i>	<i>pts/CV (ctes.)*</i>	<i>pts/kWh (corr.)</i>	<i>pts/kWh (ctes.)*</i>
EEC	1.250	1.290	0,58	0,60
RFE	1.060	1.094	0,92	0,95
CGE	2.000	2.065	1,50	1,55
PFM	588	607	0,24	0,25

\*las pesetas corrientes de 1923 se han convertido en pesetas constantes de 1935.

Siglas: EEC=Energía Eléctrica de Cataluña; RFE=Riegos y Fuerzas del Ebro; CGE=Catalana de Gas y Electricidad; PFM=Productora de Fuerzas Motrices.

Fuente: Alayo 2007, p.257; Maluquer de Motes 2013, p.103-104.

Sin duda el coste más reducido fue el de los saltos de la Promotora de Fuerzas Motrices, mientras que el coste más elevado correspondió al Salto del Run (en el río aragonés Éssera), único salto que poseía la Catalana de Gas y Electricidad. Sorprende un tanto que los saltos de RFE (en los que figuraban los saltos de embalse de Talarn y Camarasa) tengan un coste por CV instalado inferior al de los saltos de gran desnivel de la Energía Eléctrica de Cataluña.

## **Las técnicas constructivas de las principales compañías de capital nacional: los casos de Hidroeléctrica Ibérica y de Hidroeléctrica Española**

Las principales empresas hidroeléctricas de capital nacional, antes de la irrupción en escena de SD, diseñaron de forma habitual sus centrales con una técnica bien conocida. Sus elementos esenciales eran los siguientes: presa de escasa altura, canal de derivación muy largo (que permitía ganar la altura deseada para el salto) y práctica ausencia de embalses reguladores de alguna consideración.

Se evitaba deliberadamente el diseño basado en presas de gran altura con central directamente asociada a la presa (central a pie de presa) y embalses reguladores de la mayor capacidad posible. No se adecuaban las técnicas constructivas a las características de los saltos (excepto en los saltos de gran caída, que sí podían aprovecharse de manera adecuada) sino que se

<sup>25</sup> Sintés y Vidal 1933, p.216; Alayo 2007, p.420-424.

<sup>26</sup> Alayo 2007, p.435.

seleccionaban los saltos a explotar en función de la técnica constructiva que se deseaba emplear.

Los saltos que se ajustaron mejor a esa técnica fueron las de las grandes empresas hidroeléctricas controladas por el Banco de Vizcaya que se constituyeron en la primera década del siglo XX. Esto es, Hidroeléctrica Ibérica (en adelante HI)<sup>27</sup>, fundada en 1901 para el suministro de fluido al País Vasco, e Hidroeléctrica Española (en adelante HE)<sup>28</sup>, creada en 1907 para competir en el mercado madrileño así como para aprovechar las superiores posibilidades que ofrecían los mercados del levante peninsular para la colocación de su energía.

La primera generación de aprovechamientos de HI la conformaron los saltos de Quintana (3.000 kW, concluido en 1904) y Fontecha (6.000 kW, terminado en 1906), los dos en el río Ebro, a su paso por las provincias de Burgos y Álava, además del de Leizarán (en Guipúzcoa, en el río de su mismo nombre). El caso de Leizarán –concluido en 1904 con una potencia instalada de 3.000 kW - es diferente al de los otros dos aprovechamientos, puesto que se trata de un salto basado en un caudal muy escaso (3 m<sup>3</sup>/s) compensado por una gran caída (207 m).

Las presas asociadas a los saltos de Quintana y Fontecha tenían alturas de unos 6 m, mientras que los canales de derivación eran muy largos (11,5 km para el caso de Quintana y 15,6 km para el de Fontecha). Dichos canales eran los que permitían la altura final de los saltos (18,5 m y 40 m, respectivamente). Los caudales aprovechados fueron del orden de 20 – 22 m<sup>3</sup>/s. El coste unitario de estos dos saltos fue similar al del salto de Leizarán. El coste promedio de los tres saltos ascendió a 965 pts/CV<sup>29</sup>.

En el caso de HE su salto de Molinar, en el río Júcar, le fue cedido por HI, que disponía de un número considerable de concesiones en el territorio peninsular. No se seleccionó por su situación ni por las muy favorables que ofrecía el Júcar para su aprovechamiento integral, sino por las condiciones técnicas y económicas que poseía de manera aislada, que se calificaban como excepcionales.

Contaba con una presa de ínfima altura (3 m) y un canal de derivación no excesivamente largo (5 km). El buen diseño del aprovechamiento permitió disponer de un caudal de 40 m<sup>3</sup>/s, altamente garantizado por su procedencia de aguas subterráneas<sup>30</sup>. El salto alcanzó los 66 m de altura. La potencia de la central ascendió, al término de su construcción en 1909, a 13.500 kW<sup>31</sup>. Juan de Urrutia cifraba en 1917 el coste del salto del Molinar en 560 pts/kW (equivalentes a 426 pts/CV), un nivel muy bajo que también había sido tenido en cuenta para su elección<sup>32</sup>. No fue un problema realmente importante su localización, distante unos 250 km de Madrid.

Cuando HI tuvo que aumentar de modo significativo su capacidad productiva se dirigió al Pirineo aragonés a partir de 1919. De nuevo la ubicación no fue determinante. El aprovechamiento de estos recursos tuvo dos fases. Primero se explotó el salto del Cinca y

<sup>27</sup> Para todo lo relativo a esta empresa, véase Antolín 2006.

<sup>28</sup> Para todo lo relativo a esta empresa, véase Hidroeléctrica Española 1958 y 1982; Tedde de Lorca y Aubanell 2006.

<sup>29</sup> *La energía eléctrica* 1906, p.216; Antolín 2006, p.155.

<sup>30</sup> Hidroeléctrica Española 1987, p.44.

<sup>31</sup> Hidroeléctrica Española 1958, p.19-23.

<sup>32</sup> Urrutia 1917, p.12.



después el salto del Cinqueta, que convergieron en una única central, la de La fortunada, a una distancia de casi 300 km de Bilbao. La potencia que acabó instalándose en esta central fue muy alta, lo que la convertiría en la mayor de España en su momento. El equipamiento correspondiente al Cinca alcanzó los 42.000 kW en 1923 y el correspondiente al Cinqueta alcanzó los 41.400 kW en 1931, con lo que la suma total correspondiente a la central de Lafortunada se situó en 83.400 kW<sup>33</sup>.

De nuevo estuvieron ausentes las presas de alguna entidad (5 m en el Cinca y 12 m en el Cinqueta) pero se trata de un elemento que resulta menos importante al tratarse de saltos basados en un gran desnivel natural. Más que al pequeño salto de Leizarán recuerdan al de Cabdella de la Energía Eléctrica de Cataluña en el río Flamicell. La altura de los saltos del Cinca y del Cinqueta era de 453 y 360 m. No alcanzaban la espectacularidad de Cabdella (836 m) ni la regulación natural – perfeccionada por la actuación humana – de que gozaba este último (22 hm<sup>3</sup>, procedentes de 27 lagos pirenaicos). La capacidad de embalse de los lagos reguladores del aprovechamiento Cinca – Cinqueta era sumamente reducida (del orden de 3 hm<sup>3</sup>), pero el caudal aprovechable del Cinca (12 m<sup>3</sup>/s) y del Cinqueta (16 m<sup>3</sup>/s) era muy superior al aportado por el Flamicell (5 m<sup>3</sup>/s), lo que determinaba la superior potencia de la central de Lafortunada en relación a la que pudo instalarse en la central de Cabdella (26.000 kW en 1914)<sup>34</sup>.

En lo que respecta a HE, el salto del Molinar pronto se mostró incapaz de satisfacer el aumento de la demanda de los mercados madrileño y levantinos. Se buscó de nuevo un salto aislado, que reuniera las mejores condiciones técnico – económicas. Se encontró cerca del salto del Molinar, pero eso no era lo importante. La central de Villora, finalizada en 1914, se benefició de las aguas del río Cabriel, afluente del Júcar, que le proporcionó un caudal de no excesiva consideración (14 m<sup>3</sup>/s). Tuvo ya de una presa de 19 m de altura, pero apenas podría hablarse de embalse (1 hm<sup>3</sup> de capacidad). Es cierto que en este caso el canal de derivación era muy corto (0,9 km) pero esto se debía a que el factor que permitía que la altura del salto fuese de gran entidad (111 m de altura) era el desnivel natural de la zona en la que estaba emplazado. La potencia disponible en 1914 ascendió a únicamente 12.000 kW. El emplazamiento privilegiado de Villora permitió que el coste del salto (460 pts/kW, equivalentes a 315 pts/CV) fuera todavía más reducido que el del salto del Molinar<sup>35</sup>. La potencia instalada en la central fue ampliada a 25.600 kW en 1925 e, incluso, tras la Guerra Civil, en 1945, quedó fijada en 39.600 kW<sup>36</sup>.

A continuación HE construyó sucesivamente saltos a lo largo del Júcar pero sin que eso permita, en mi opinión, hablar de un aprovechamiento integral del río. En las realizaciones de HE no sólo estuvo ausente un gran embalse regulador de cabecera (el de Alarcón, cuya construcción no se inició hasta después de la Guerra Civil, y con propósito de regadío, no hidroeléctrico) sino que los embalses que se crearon entre salto y salto fueron de capacidad reducida cuando no despreciable. Aunque la altura de las presas fue incrementándose de forma paulatina, lo que permitió instalar centrales de mayor tamaño siguió siendo la existencia de largos canales de derivación.

Los nuevos saltos que se explotaron en el Júcar fueron dos, el salto de Cortes de Pallás y el salto de Millares. El salto de Cortes de Pallás estuvo asociado a una presa de altura superior a

---

<sup>33</sup> *La energía eléctrica* 1932, p. 124-126.

<sup>34</sup> Alayo 2007, p.421-425.

<sup>35</sup> Urrutia 1917, p.12.

<sup>36</sup> Hidroeléctrica Española 1958, p.27.

la de las anteriores de HE (32 m), ya existía embalse, pero de capacidad muy reducida (11 hm<sup>3</sup>), el caudal era estimable (35 m<sup>3</sup>/s) pero, de nuevo, era un largo canal de derivación (16 km) lo que posibilitaba el desnivel de 81 m. La central tenía una potencia instalada de 30.000 kW en 1923<sup>37</sup>. Por su parte, el salto de Millares tenía una presa (35 m de altura) y un largo canal de derivación (17 km) de magnitud similar a los del salto anterior pero su capacidad de embalse era casi despreciable (1 hm<sup>3</sup>). No obstante, como el caudal aprovechable del río Júcar era considerablemente superior (55 m<sup>3</sup>/s) la central de Millares pudo convertirse en una de las mayores de España antes de la Guerra Civil (60.000 kW). Después de finalizada la contienda, en 1945, la potencia instalada pudo situarse definitivamente en 80.000 kW<sup>38</sup>

## **La conformación de Saltos del Duero (SD) desde sus orígenes remotos: la historia de sus concesiones administrativas y el progresivo diseño de los contornos técnico – económicos del proyecto empresarial**

### *El nacimiento de Saltos del Duero: los principales problemas a resolver*

SD nació como Sociedad Hispano – Portuguesa de Transportes Eléctricos en 1918, a partir de compañías y de concesiones (o al menos solicitudes de concesión) preexistentes. Topó con numerosos escollos en su andadura, relacionados con su misma naturaleza pero multiplicados por circunstancias adversas<sup>39</sup>.

Los problemas que debía solventar eran principalmente cinco: técnicos, financieros, administrativo nacionales (concesión del aprovechamiento integral, lo que implicaba el monopolio de todas las concesiones que pudieran obtenerse en el sistema Duero y la hostilidad de otras grandes empresas eléctricas españolas), administrativo internacionales (necesidad de acuerdo con Portugal para explotar el tramo fronterizo del Duero) y colocación de la ingente energía producible.

Los problemas técnicos eran perfectamente resolubles, si se contaba con la adecuada financiación y se superaban los otros inconvenientes señalados. Se trataba, en realidad, de imitar y, en su caso, adaptar o desarrollar, para los aprovechamientos planeados, las tecnologías disponibles internacionalmente. Ni siquiera había que desplazarse al extranjero, puesto que las referencias necesarias estaban presentes en Cataluña desde la década de 1910.

Los problemas administrativos nacionales e internacionales serían resueltos por la Dictadura de Primo de Rivera. El monopolio de las concesiones para el aprovechamiento integral de los saltos se obtuvo en 1926; el tratado hispano-portugués que zanjaba el problema de la explotación hidroeléctrica del tramo internacional del Duero se firmó en 1927.

Los problemas financieros se arrastraron durante años, sin que compromisos asumidos se honraran de modo efectivo. En cualquier caso, cuando los problemas administrativos nacionales e internacionales quedaron resueltos en 1927, la demora en el inicio de las obras, que tuvo lugar en 1929, no parece excesivamente grande. Ahora bien, como esa demora se

<sup>37</sup> Hidroeléctrica Española 1958, p.25-27; Hidroeléctrica Española 1987, p.45-48.

<sup>38</sup> Hidroeléctrica Española 1958, p.39-40; Hidroeléctrica Española 1987, p.50.

<sup>39</sup> Véase Chapa 1999; Díaz 2006; Amigo 2013, p.622 y ss.

unía a las otras que se habían ido acumulando desde el inicio del proyecto empresarial en 1918, la situación era cada vez más preocupante.

A pesar de la importancia de los otros problemas, la mayor correspondía a la absorción de la energía producible. SD iba a convertirse en un formidable productor de energía eléctrica de origen hidráulico, del orden de 450 millones de kWh sólo en el primer salto a explotar, el del Esla, y con una previsión de generación total del sistema cifrada en 4.600 millones de kWh a la altura de 1935<sup>40</sup>. Sin embargo, apenas poseía mercado propio, formado por los pequeños negocios eléctricos castellano-leoneses y cacereños que había ido adquiriendo. Por lo tanto debía dirigirse, forzosamente, hacia mercados en los que operaban importantes compañías (HI en el del País Vasco; HE y Unión Eléctrica Madrileña en el mercado de la capital de España).

Tras un período de incertidumbre, fue posible resolver el problema de la absorción pacífica de la energía que pudiera producir SD mediante un acuerdo peninsular (mercados catalán y andaluz excluidos<sup>41</sup>) firmado en 1934 pero que se formalizó en 1936. De esta manera se quebró el *statu quo* precedente, caracterizado por la existencia de mercados eléctricos regionales yuxtapuestos, carentes de integración entre sí. Se trató del paso decisivo para la formación de un mercado y una red eléctrica nacionales<sup>42</sup>.

### ***Reconocimiento de posibilidades energéticas y concesiones inadecuadas para el correcto aprovechamiento integral de los saltos***

Los primeros reconocimientos serios del potencial energético del sistema Duero los realizó el destacado ingeniero zamorano Federico Cantero Villamil. A partir de 1896 o 1897 este ingeniero tenía diseñado el salto de El Porvenir de Zamora (San Román) de potencia no despreciable para la época (casi 4.000 kW) pero, desde luego, no comparable con los que se podían construir en el curso posterior del Duero, cuyo potencial energético sondeó con rigor. Cantero no solicitó concesiones hasta 1912, pero se conservan proyectos concretos concluidos en 1906. Los situó en el lugar correcto, a continuación del salto de San Román, aunque no pensara en un aprovechamiento integral del complejo energético salmantino – zamorano<sup>43</sup>.

Es indudable que la obtención de concesiones o, al menos, la solicitud de las mismas, tenía un propósito de acaparamiento, por lo que los proyectos de explotación no eran tan importantes. Incluso se podría pensar que eran meros trámites, que no tendrían nada que ver con lo que se pudiera hacer después con las concesiones, cuya obtención, o cuando menos solicitud, era lo único relevante. Un examen de los proyectos indica que no fue así. Se trató de proyectos reales con un grado de elaboración considerable. Desde planteamientos inadecuados, van incorporándose elementos que se dirigen, de modo progresivo, a la dirección correcta.

La historia de las concesiones administrativas de SD constituía una de las lagunas importantes en el conocimiento de la conformación progresiva del proyecto técnico – empresarial de dicha sociedad. Una de las aportaciones relevantes de esta comunicación consiste en presentar algunos de los resultados que se han obtenido de un vaciado exhaustivo de los fondos

---

<sup>40</sup> Errandonea 1935, p.457-464.

<sup>41</sup> Errandonea 1935, p.462-463. En Andalucía y algunas áreas adyacentes (provincia de Badajoz y una zona muy reducida de la de Ciudad Real) se había producido una interconexión de varias empresas cuyas líneas transcurrían a una tensión máxima de 70 kV. La producción conjunta era de algo más de 330 millones de kWh en 1935.

<sup>42</sup> Errandonea 1935, p.464.

<sup>43</sup> Suárez 2006, p. 118 y ss.

documentales depositados en el Archivo General de la Confederación Hidrográfica del Duero (ACHD).

Las dos primeras concesiones administrativas obtenidas, antes de las solicitudes de Cantero, lo fueron en 1906, en un lugar totalmente inadecuado en ese momento, en la provincia de Salamanca, cerca de la confluencia con el Tormes. Allí se ubicaría mucho más tarde el formidable aprovechamiento hidroeléctrico de Aldeadávila<sup>44</sup>. Las concesiones se registraron a nombre del portugués Vicente Augusto Godinho y del navarro Cipriano Salvatierra, siendo transferidas acto seguido a la Sociedad General de Transportes Eléctricos<sup>45</sup>.

La obtención de concesiones para saltos aislados a la altura de Aldeadávila, sin ningún tipo de trabajos previos y de regulación en el Duero, era una idea disparatada, a no ser por el propósito de ir obteniendo concesiones. Los caudales eran muy escasos para un río como el Duero (unos 35 m<sup>3</sup>/s) e incluso cabe dudar si podrían garantizarse incluso en estiaje, ausente cualquier tipo de regulación. La altura prevista de los saltos era grande (97,5 y 70 m respectivamente), lográndose mediante largos canales de derivación. La potencia teórica conjunta de los dos saltos ascendía a 76.867 CV<sup>46</sup>.

Las concesiones intentaron refundirse, sin éxito, en 1912. El planteamiento seguía siendo erróneo, pero incorporaba ya una primera aproximación a los contornos finales del aprovechamiento integral: la previsión de aumento del caudal de 30 a 60 m<sup>3</sup>/s, que sólo podría haberse logrado mediante un embalse de alguna entidad<sup>47</sup>.

La idea de presa alta (60 m) y de embalse regulador de cierta capacidad (50,56 hm<sup>3</sup>) aparece por primera vez en el proyecto de salto internacional presentado por Eugenio Grasset en 1913. El emplazamiento de la presa en Villardiegua, en la provincia de Zamora, en el último tramo del Duero español, era adecuado. El caudal sería el de la concesión unificada solicitada en 1912 (60 m<sup>3</sup>/s). Sin embargo, la potencia calculada para la central denominada El Piélagos (120.000 CV), era a todas luces exagerada<sup>48</sup>.

Por su parte, Federico Cantero solicitó en 1912 las concesiones administrativas de los saltos que había proyectado en 1906. Obtuvo en ese año 1912 una concesión que no fue firme, puesto que afectaba a la orilla portuguesa del tramo internacional del Duero. Luego, en 1917, sí obtuvo una concesión no problemática al corresponder en exclusiva a territorio español. El principal salto era el internacional (Salto grande o Salto de Femoselle) mientras que el salto español (Salto pequeño o Salto de Santiago) era de envergadura mucho más limitada. El Salto de Femoselle seguía basándose en la técnica de obtención de un salto muy superior a la altura de la presa mediante un largo canal de derivación. La presa no era demasiado baja (31 m) pero sí muy largo el canal (28 km), que debía ser capaz de transportar un caudal considerable (30 m<sup>3</sup>/s). Se construirían dos centrales, una en la orilla española (127.450 CV) y otra en la orilla portuguesa (42.700 CV). Como se ha indicado, la homologación de proyectos que afectaran al tramo internacional del Duero era denegada sistemáticamente por Portugal pero, en este caso, la desigualdad de los beneficios esperables para cada país resultaba sangrante. No obstante, en la exposición de motivos del proyecto del salto de Femoselle, Federico

---

<sup>44</sup> Chapa 1999, p.57-58.

<sup>45</sup> Machimbarrena 1941, p.72.

<sup>46</sup> Archivo de la Confederación Hidrográfica del Duero (ACHD), Caja 11.217-6 (SA-6/207) para la concesión "Godinho"; Caja 10.851 (SD-8) para la concesión "Salvatierra".

<sup>47</sup> ACHD, Caja 10.849 (SD-12-SA).

<sup>48</sup> ACHD, Caja 10.850 (SD-2).

Cantero formulaba unas consideraciones teóricas de gran interés. Aunque desechara la opción, mencionaba que una presa de elevada altura cerca de Miranda crearía un embalse de 150 hm<sup>3</sup> en aguas del Duero y del Esla, con lo que se garantizaría un caudal constante de 70 m<sup>3</sup>/s<sup>49</sup>.

Es cierto que fue Grasset quien presentó un proyecto con un embalse real, que no fuera una hipótesis desechada. Sin embargo, la capacidad del embalse proyectado por Grasset era un tercio de la capacidad del embalse conjeturado por Cantero. La necesidad de una regulación superior, con la referencia ya al río Esla, aunque se planteara de manera hipotética, se acercaba más a lo que serían los contornos definitivos del futuro aprovechamiento integral del sistema Duero.

El 3 de junio de 1918 se produjo el hito fundamental de la constitución de SD, aunque con la denominación de Sociedad Hispano – Portuguesa de Transportes Eléctricos S.A. La denominación explícita de SD se reservó para el consorcio que agrupaba los diferentes capitales interesados en el negocio. Las concesiones de la naciente compañía no eran sólo diversas sino, en ocasiones, incompatibles entre sí. Unas se situaban en la provincia de Salamanca y otras en la de Zamora. Las primeras eran las más antiguas. Por un lado, las concesiones en el Duero internacional que se habían transferido a la Sociedad General de Transportes Eléctricos en 1906 y después, sin indicación de fecha, a Pedro de Icaza. Por otro lado, también en la provincia de Salamanca, se encontraba la solicitud de la concesión Grasset, solicitada por primera vez en 1913. No era una concesión firme, pero fundamentaba unos derechos que se habían cedido en marzo de 1918 al capitalista vasco Horacio Echevarrieta, que sería el primer presidente de SD.

En la provincia de Zamora todas las solicitudes de concesión las había presentado Federico Cantero. La primitiva concesión, de 1912, relativa al ambicioso Salto de Fermoselle, tampoco era firme, como no lo era ninguna que afectase al tramo internacional del Duero. Cantero sí disponía de dos concesiones firmes, ambas del año 1917, correspondientes al Salto de Santiago y a un salto de reducida envergadura, el de Trechón, proyectado a continuación del de San Román. Se entendía que esos tres saltos configuraban una única concesión (la concesión Cantero), cuya opción de compra había adquirido Horacio Echevarrieta en febrero de 1918<sup>50</sup>.

Algo después de la constitución de la Hispano – Portuguesa, el ingeniero Luis Capdevila solicitó, en octubre de 1918, una concesión complementaria nueva, dentro de la provincia de Salamanca, alusiva a los Saltos internacionales complementarios de Espada en Cinta y Penedo<sup>51</sup>.

SD presentó un plan de aprovechamiento integral de los saltos en la Conferencia Mundial de la Energía celebrada en Londres en julio de 1924. Lo denominó como Solución Internacional del problema de los saltos del Duero. Bastante antes, SD había ido trabajando en el proyecto denominado Solución española (también llamada Solución Ugarte, por el nombre del testaferro que la presentó en diciembre de 1919) para el caso de que no se alcanzase un acuerdo con Portugal. Cantero fue el autor real, pero no nominal, de ese proyecto. No pudo firmarlo por estar incorporado, por aquel entonces, al Ministerio de Fomento. Debe subrayarse que desde la constitución de la sociedad, a mediados de 1918, el ingeniero

---

<sup>49</sup> ACHD, Caja 10.489 (SD-7).

<sup>50</sup> ACHD, Caja 10.849 (SD-12-SA). Se aceptó la transferencia de todas las concesiones a SD por R.O. de 17 de enero de 1919.

<sup>51</sup> ACHD, Caja 10.850 (SD-2).

zamorano fue de hecho su segundo ingeniero principal, sólo por detrás de José Orbezo, el director general<sup>52</sup>.

El ocultamiento en el que ha quedado sumido el papel desempeñado por Federico Cantero en los primeros años de vida de SD se debe a que el ingeniero zamorano presionó con dureza a Horacio Echevarrieta para que realizase todos los desembolsos precisos para materializar por completo la opción de compra sobre los derechos de su concesión. Esto le enemistó profundamente con el Banco de Bilbao desde mediados de 1922, lo que le impidió continuar trabajando en la sociedad. Reclamó luego el pago del trabajo realizado en el proyecto de la Solución española. El Banco se negó en rotundo y Cantero entabló un largo pleito que no concluyó hasta 1941, con la desestimación definitiva de las reclamaciones del ingeniero zamorano<sup>53</sup>. En estas condiciones se comprende que el nombre de Federico Cantero haya sido mencionado únicamente de modo tangencial en las historias oficiales de SD y sus continuadoras Iberduero e Iberdrola.

La Solución española se basaba en un ardid para esquivar los intereses portugueses. Consistía en que la toma y la devolución del agua se hiciera exclusivamente en territorio nacional a través de los ríos Esla, Duero nacional, orilla española del Duero internacional, Tormes y Huebra. Era algo legal, pero inmoral, porque, en la práctica, se detraían aguas del tramo internacional del Duero. Como es lógico, la opinión pública portuguesa reaccionó con indignación al conocer el proyecto. Lo más favorable que puede pensarse es que en realidad no se quería hacer efectiva la Solución española, sino poseer el arma decisiva para forzar a Portugal a firmar un convenio que también pudiera beneficiarle, aunque fuera más adelante. En todo caso, los estudios de la Solución española estaban trabajados a fondo. En principio se hablaba de ocho saltos. Lo que importaba era que mediante un complejo circuito de canales de derivación se conectaban 5 presas (todas las cuales cerraban embalses, aunque fueran de muy diversa magnitud) y 6 centrales eléctricas. La potencia global que se podría alcanzar se cifraba en 800.000 CV<sup>54</sup>.

En apariencia siguen apareciendo las viejas técnicas de las presas bajas y los canales de derivación muy largos. Pero todo está al servicio de un aprovechamiento integral y a la necesidad de atravesar exclusivamente territorio español. Otros elementos permiten hablar de una aproximación importante de lo que serán los contornos definitivos del aprovechamiento integral del sistema Duero. Por primera vez se menciona una presa, embalse regulador y central en Ricobayo, en el río Esla, o lugares que después harían fortuna como Saucelle o Villarino.

### ***La configuración correcta del aprovechamiento integral e internacional del sistema Duero***

En la presentación por parte de José Orbezo de la Solución internacional del problema de los saltos del Duero, realizada en el marco espectacular de la Conferencia Mundial de la Energía, celebrada en julio de 1924, aparecen, por fin, los elementos necesarios para llevar a cabo el aprovechamiento integral del sistema Duero<sup>55</sup>. Es decir, presas de gran altura y embalses reguladores que pueden tener una capacidad enorme para la época, que será aumentada años más tarde. Lo esencial es el diseño, aunque la variación en los órdenes de

<sup>52</sup> Suárez 2006, p.120-123, p.133.

<sup>53</sup> Suárez 2006, p. 138-141.

<sup>54</sup> Martínez 1962, p.793-803; en particular p.794.

<sup>55</sup> *Revista de Obras Públicas*, 1924, p.377 y ss.

magnitud, en los lugares de emplazamiento de los aprovechamientos, el desdoblamiento, la agrupación o la ampliación de los mismos, resultaban inevitables, a medida que los proyectos fueran concretándose a lo largo del tiempo.

La inspiración en los ejemplos catalanes resulta explícita al mencionarse el nombre de A.W.K. Billings, ingeniero y directivo de RFE, proyectista de las presas de Talarn y Camarasa, como redactor de informes técnicos y económicos encargados por SD. Los datos básicos de la Solución Internacional para el aprovechamiento integral del sistema Duero se recogen en el cuadro 3.

**Cuadro 3**  
**La Solución Internacional para el aprovechamiento de los saltos del Duero**  
**(presentada en la Conferencia Mundial de la Energía de 1924)**

	<i>ALTURA PRESA</i>	<i>CAPACIDAD EMBALSE</i>	<i>POTENCIA INVERNAL</i>	<i>POTENCIA ESTIAJE</i>
	(m)	(hm <sup>3</sup> )	(CV)	(CV)
Salto del Esla	70	563	75.000	37.000
Villardiégua (Duero nac.)	80	162	191.000	89.000
Duero internacional	(191)	-	242.500	242.500
Carbellino (Tormes)	70	145	17.560	17.560
Ampl. Carbellino (Tormes)	(24)	-	7.600	n.d.
Argusino (Tormes)	70	27	21.200	n.d.
Ampl. Argusino (Tormes)	(243)	-	84.000	n.d.
Aldeadávila (Duer internac.)	80	39	230.000	127.600
Ampl Aldeadávila (D. intern)	-	(120)	200.000	n.d.
Total		936	1.068.860	826.543
Ampliaciones		-	291.600	n.d.
Total sin ampliaciones.		936	777.260	n.d.

Observaciones: las cifras entre paréntesis no son definitivas en el proyecto.  
n.d.: dato no disponible.

Fuente: *La energía eléctrica* 1926, Boletín de la Asociación de Productores y Distribuidores de electricidad, p. 4-6.

La potencia invernal del sistema superaba el millón de CV, estando garantizados en estiaje más de 825.000 CV. La diferencia no llegaba al 30%, pero se debía a que los tramos a explotar más tardíamente no habían sido estudiados a fondo. En cambio, en los tramos que deberían ser explotados en un primer momento, la potencia invernal que se podía obtener era el doble o algo más del doble de la potencia correspondiente a estiaje (ríos Esla y Aliste; tramo nacional del Duero).

Sin regulación, la potencia sería de algo más de 75.000 CV, unas 11 veces menos que la potencia regulada del conjunto saltos en régimen de estiaje. Incluso esos 75.000 CV no pasarían de ser un cálculo teórico. Ni siquiera estaría garantizada esa potencia dada la enorme irregularidad de los ríos. Intentar construir los saltos en esas condiciones sería un disparate técnico y económico.

Como explicaba Orbegozo, la atención no debía situarse en el coste individual de los saltos (que podía ser muy alto para los saltos de embalse) sino en el coste medio del conjunto de saltos. Se admitía que el coste unitario de los saltos de embalse pudiera alcanzar las 2.401 pts/CV puesto que el coste medio sería únicamente de 596 pts/CV<sup>56</sup>.

<sup>56</sup> Orbegozo 1926, p.65-70.

Para el primer aprovechamiento previsto, el salto del Esla, el coste total se estimaba en 160 millones de pesetas. El coste del salto ascendería a 2.133 pts/CV. Sería un coste elevado, asumible por ser un salto de embalse (y además de un embalse que iba a ser el de cabecera, de capacidad enorme para la época). Sin embargo, en el diseño final que fue perfilándose a medida que avanzaban las obras, la potencia de la central quedó fijada en 200.000 CV, aunque en 1935 únicamente estaban instalados 150.000 CV. Para esa última potencia el coste unitario sería de 1.667 pts/CV. Todo ello sin considerar, claro está, los costes añadidos derivados de un mayor equipamiento en la central.

En cuanto al conjunto del sistema, el coste se cifraba en 493 millones de pesetas. La previsión de generación de energía ascendía a 4.164 millones de kWh, de los que los primeros 436 millones corresponderían al río Esla<sup>57</sup>. El coste de producción para la central del Esla sería de 36,70 cts/kWh anual producido, pero para el conjunto de saltos se reduciría a 11,84 cts/kWh anual producido. Los costes unitarios del Salto del Esla seguirían siendo bastante superiores al coste unitario de los saltos de la Productora de Fuerzas Motrices (24 cts/kWh anual producido), pero, para el conjunto de los saltos del sistema Duero se alcanzaría un nivel de 12 cts/kWh anual producido, del orden de la mitad de los costes de los saltos de la empresa catalana mencionada.

La concesión unificada de los saltos se obtuvo por parte de la Dictadura de Primo de Rivera el 23 de agosto de 1926<sup>58</sup>. La explicitación de que la Solución Española de 1919 se aprobaría si no era posible el acuerdo acerca de la Solución Internacional dejó a Portugal ante una tesitura que de modo obligatorio debía afrontar. Finalmente se firmó un nuevo convenio hispano-portugués para la explotación de los saltos del Duero internacional el 11 de agosto de 1927.

Según este acuerdo el tramo fronterizo se dividiría básicamente en dos zonas. A Portugal le correspondería la parte superior, hasta la confluencia con el Tormes, mientras que a España le correspondería la parte inferior, desde la confluencia con el Tormes hasta la entrada en suelo portugués aunque, en realidad, sólo llegaba hasta la confluencia con el Huebra. La potencia conjunta de la Solución Internacional se reducía de los 826.543 CV previstos a unos 650.000 CV, pero sin oposición de Portugal<sup>59</sup>.

A partir de 1929 se iniciaron las obras del salto del Esla. Conforme avanzaban fueron modificándose los órdenes de magnitud previstos. La altura final de la presa acabó siendo de 95 m sobre cimientos. El embalse de Ricobayo aumentó su capacidad hasta 1.200 hm<sup>3</sup>. La central, prevista para 75.000 CV, tuvo un diseño final que aumentó la potencia a instalar a 200.000 CV (133.200 kW) distribuida en 4 grupos de turbinas de 50.000 CV cada uno, ligados a alternadores de 33.300 kW. Los dos primeros grupos se instalaron en 1934 y el tercero lo fue en 1935, con lo que la central del Esla se convirtió en la mayor de España con una potencia de 99.900 kW (150.000 CV)<sup>60</sup>. Algunas fuentes importantes mencionan para 1935 una potencia de 66.600 kW, pero esto se debe a que se trata de la potencia de los dos primeros grupos, los únicos que estaban instalados a finales de 1934<sup>61</sup>. Tras la Guerra Civil,

---

<sup>57</sup> Banco de Bilbao 1957, p.311.

<sup>58</sup> Sintes y Vidal 1933, p. 531-548 (transcripción íntegra).

<sup>59</sup> Sintes y Vidal 1933, p. 606-608.

<sup>60</sup> Iberduero 1988, p.12-13.

<sup>61</sup> Por ejemplo Capel y Urteaga 1994, p.73, a partir de informaciones de Esteban Errandonea.



en 1947, se instaló el cuarto grupo, con lo que la potencia definitiva de la central quedó fijada en 133.200 kW (200.000 CV)<sup>62</sup>.

La comparación de los costes unitarios de las centrales o sistemas empresariales de los que se ha podido recoger alguna información se realiza, de modo sistemático, en pesetas corrientes y en pesetas constantes de 1935 en el cuadro 4.

**Cuadro 4**  
**Costes unitarios de instalación de algunos saltos a lo largo del tiempo**

	<i>Costes unitarios de instalación</i>			
	pts/CV (corrientes)*	pts/kWh** (corrientes)*	pts/CV (ctes)***	pts/kWh** (ctes)***
EEC****	1.250 (1923)	0,58 (1923)	1.290	0,60
RFE****	1.060 (1923)	0,92 (1923)	1.094	0,95
CGE****	2.000 (1923)	1,50 (1923)	2.065	1,55
PFM****	588 (1923)	0,24 (1923)	607	0,25
HI-primeros tres saltos	965 (1906)	n.d.	1.701	n.d.
HE-Molinar	426 (1917)	n.d.	568	n.d.
HE-Villora	315 (1917)	n.d.	420	n.d.
SD-Esla (previsión de 1924)	2.133 (1924)	0,37 (1924)	2.162	0,38
SD-Esla (situación en 1935)	1.067 (1935)	0,37 (1935)	1.067	0,37
SD-Sist. Duero (prev. de 1924)	596 (1924)	0,12 (1924)	604	0,12

n.d. : dato no disponible

\* Pesetas corrientes de cada año entre paréntesis.

\*\* Son kwh anuales producidos.

\*\*\* Pesetas constantes de 1935.

\*\*\*\* Las siglas corresponden a empresas catalanas con saltos construidos en 1923.

EEC=Energía Eléctrica de Cataluña; RFE=Riegos y Fuerzas del Ebro; CGE=Catalana de Gas y Electricidad;  
PFM=Productora de Fuerzas Motrices.

(Los costes que se indican son el coste promedio de los saltos de su propiedad; véase cuadro 3).

Restantes siglas: HI=Hidroeléctrica Española; HE=Hidroeléctrica Española; SD=Saltos del Duero.

Fuente: Urrutia 1917, p.12; Alayo 2007, p.257; Maluquer de Motes 2013, p.103.

Los costes unitarios de instalación del salto del Esla no eran demasiado altos, a pesar de tratarse de un salto de embalse. Los costes unitarios medios previstos para el sistema Duero, en términos de pesetas por CV, son comparables a los de los saltos de la Productora de Fuerzas Motrices, pero superiores a los del salto del Molinar y, sobre todo, a los del salto de Villora, ambos pertenecientes a la Hidroeléctrica Española (HE). En todo caso, como se expuso en su momento, estos últimos saltos fueron saltos aislados seleccionados, además de por otras razones, por su coste excepcionalmente reducido. En términos de pesetas por kWh anual producido no se dispone de información sobre ellos, pero lo relevante es que su producción siempre fue comparativamente limitada. El sistema Duero poseía una formidable expectativa de generación de energía. Con los datos disponibles, el coste unitario por kWh anual producido previsto para el sistema era de menos de la mitad de los correspondientes a la Productora de Fuerzas Motrices, cuyos saltos tuvieron un coste unitario que se ha juzgado muy bajo.

<sup>62</sup> Memoria “Saltos del Duero” 1935; Iberduero 1989 (sin paginar).

## **Después de Esla – Ricobayo: la culminación del proyecto de aprovechamiento integral de los saltos del Duero por parte de Iberduero**

La comprobación de las ventajas efectivas del aprovechamiento integral del sistema Duero resulta imprescindible aunque se realice de manera somera. El proyecto culmina en sus aspectos esenciales en 1970, en la época que corresponde a Iberduero (ID en lo sucesivo), resultado de la fusión de SD e HI en 1944. Antes de la Guerra Civil los datos reales facilitados se refieren únicamente al salto de Esla – Ricobayo. Para el conjunto de saltos lo que existían eran previsiones tanto técnicas como económicas.

El análisis técnico del grado de materialización del proyecto no presenta problemas serios en líneas generales. Por el contrario, el análisis desde el punto de vista económico presenta muchas dificultades. Ni siquiera están disponibles todas las informaciones necesarias sobre el coste de cada salto en pesetas corrientes del año final de su construcción. Además, las mismas ventajas del aprovechamiento integral (construcción de nuevos saltos, de nuevos embalses, el bombeo, las ampliaciones de potencia con centrales complementarias, etc.) permiten no sólo que aumente la producción conjunta sino también la producción imputable a cada salto concreto. Se reducen los costes, para cada salto individual y, lo que fundamentalmente interesa, el coste medio global.

El análisis se centrará en la vertiente técnico – productiva que, necesariamente, tuvo importantes repercusiones económicas<sup>63</sup>. Después de la Guerra Civil, España entró en la etapa autárquica de la dictadura franquista, de muy duro retroceso económico y social. Además del equipamiento completo de la central del Esla en 1947 (cuarto grupo de 33.300 kW, potencia definitiva de 133.200 kW), ID construyó dos saltos más pequeños en el Duero nacional: Villalcampo (96.000 kW, finalizado en 1949) y Castro 79.800 kW, concluido en 1952). Fueron aprovechamientos más sencillos, que dispusieron de presas de altura sensiblemente menor a la altura de la presa de Ricobayo (52 y 53 m, respectivamente).

El aprovechamiento del tramo internacional del Duero se desdobló en dos saltos: Saucelle (285.000 kW, concluido en 1956) y Aldeadávila. (718.200 kW finalizado en 1962). Las técnicas fueron más modernas, a medida que España se abría al exterior, accediendo a los conocimientos disponibles internacionalmente. El salto de Saucelle (presa de 83 m), pudo beneficiarse de la cooperación de Électricité de France (EDF). La construcción del salto de Aldeadávila, con una presa de 139,5 m de altura, supuso un gran reto tecnológico que pudo afrontarse satisfactoriamente con el recurso a las técnicas internacionales más avanzadas.

En lo referente al Tormes, se construyó un único salto, en el que el elemento más importante fue el embalse de Almendra (2.586 hm<sup>3</sup> de capacidad total; 2.413 hm<sup>3</sup> de capacidad útil) cerrado por una presa de 197 m de altura. La central de Villarino (810.000 kW de potencia instalada) es una central reversible o de bombeo, que conduce el caudal sobrante del Duero y del Tormes, que antes no podía ser aprovechado con fines de generación hidroeléctrica, hacia el embalse. De esta forma esos caudales pueden ser aprovechados posteriormente, muy en particular por la central de Aldeadávila.

Antes de poder contar con el embalse de Almendra, la capacidad útil del embalse de Ricobayo (1.048 hm<sup>3</sup>), suponía una reserva energética de 840 millones de kWh, que equivalía a un 14

<sup>63</sup> Todas las informaciones básicas pueden encontrarse en Chapa 1999, Sudrià 2006 y las mismas publicaciones de “Iberduero”. El análisis que se realiza a partir de las mismas es de elaboración propia.

por ciento de la producción anual media del sistema. En otras palabras, Ricobayo se había ido quedando pequeño a medida que se iban construyendo nuevos saltos. Almendra representaba una reserva energética de 3.121 millones de kWh. Incluyendo ya la producción de Villarino, Almendra aportaba una regulación por sí misma del 42 por ciento en términos de la producción anual media del sistema. Si se le sumaba la reserva energética de Ricobayo la regulación ascendía al 56%<sup>64</sup>.

Desde 1977 ha habido ampliaciones de potencia en los saltos mediante la construcción de centrales complementarias: Villalcampo (110.000 kW en 1977, potencia definitiva de 206.000 kW), Castro (110.000 kW en 1977, potencia definitiva de 189.800 kW), Aldeadávila (420.000 kW en 1986, potencia definitiva de 1.138.200 kW), Saucelle (ampliación hasta 525.000 kW en 1989) y Esla – Ricobayo (158.000 kW en 1998, potencia definitiva 291.200 kW). A la altura de 1988 (pendientes por lo tanto las ampliaciones de Saucelle y Esla – Ricobayo) los datos principales del sistema se recogen en el cuadro 5.

**Cuadro 5**  
**Grandes aprovechamientos del sistema Duero en 1988\***

<i>Nombre**</i>	<i>Año</i>	<i>Potencia (MW)</i>	<i>Energía anual media (GWh)</i>
Esla-Ricobayo	1935	133,2	637,3
Villalcampo	1949	206,0*	744,3*
Castro	1952	189,8*	755,0*
Saucelle	1956	240	1.474,1
Aldeadávila	1962	1.138,2*	3.488,3*
Villarino-Almendra	1970	810	1.376,0
<b>TOTAL</b>		<b>2.717,2</b>	<b>8.475,0</b>

\* Se incluyen las ampliaciones de potencia de Castro (110 MW,1977), Villalcampo (110 MW,1977) y Aldeadávila (420 MW,1986) así como la rectificación de potencia de Saucelle (285 MW en la entrada en servicio de la central en 1956).

\*\* Si figuran 2 nombres, el primero se refiere a la central y el segundo al embalse.

1MW=1.000 kW; 1 GWh=1.000 MWh=1 millón de kWh.

Fuente: Iberduero 1989, sin paginar.

En el año 1988 la potencia conjunta de los 6 grandes aprovechamientos del sistema Duero ascendió a 2.712,2 miles de kW (MW), a los que correspondería una producción anual media de 8.475 millones de kWh. La producción anual media garantizada con una probabilidad del 95 por ciento se estimó en 1987 en 5.571,6 millones de kWh<sup>65</sup>. Con las ampliaciones los saltos de Saucelle y Ricobayo la potencia del sistema ha quedado fijada en 1998 en 3.160,2 MW.

En el año húmedo de 2003 la producción de Aldeadávila rebasó la cota de los 4.000 millones de kWh, una cifra superior a la de toda la producción española en 1935. En ese mismo año, el sistema Duero generó más de 10.000 millones de kWh, desbordando ampliamente las previsiones más optimistas que hubieran podido realizarse antes de la Guerra Civil<sup>66</sup>.

Nada de esto hubiera sido posible si el primer aprovechamiento de SD, Esla – Ricobayo, no se hubiera construido a semejanza de los de Talarn y Camarasa de RFE y, si en lugar de

<sup>64</sup> Iberduero 1971, p.11.

<sup>65</sup> Iberduero 1988, p.12-13.

<sup>66</sup> Junta de Castilla y León 2004, p.222.

construir saltos aislados, no se hubiera planeado un aprovechamiento integral, siguiendo el modelo del Pirineo leridano.

## Conclusiones

El aprovechamiento integral del potencial energético que se sitúa en el tramo internacional del Duero y en sus inmediaciones no pudo realizarse sin una técnica constructiva basada en la existencia de presas de gran altura, centrales a pie de presa y embalses reguladores de la mayor capacidad posible. Para el sistema Duero ese tipo de explotación no es una opción, sino una necesidad, dada la irregularidad de los ríos Duero, Esla y Tormes.

Sin embargo, durante mucho tiempo se pensó en la explotación de saltos aislados mediante la técnica habitual de las compañías hidroeléctricas de capital nacional. Es decir, presas de reducida altura, canales de derivación muy largos (que permitían ganar la altura deseada para los saltos) y práctica ausencia de embalses reguladores de alguna consideración. Estas compañías también construyeron saltos asociados a importantes desniveles naturales. Pero rehuyeron de forma sistemática la elección de saltos en los que fuera imprescindible la construcción de presas de gran altura y embalses reguladores de capacidad considerable.

Las técnicas que necesitaba el aprovechamiento integral del sistema Duero eran conocidas en España desde la década de 1910. Eso sí, en Cataluña y mediante su introducción por parte del capital extranjero.

Riegos y Fuerzas del Ebro (RFE), filial de la Barcelona Traction Light and Power (La Canadiense) construyó las presas de gran altura de Talarn y Camarasa, que cerraban embalses con capacidad para almacenar volúmenes de agua muy elevados para la época, así como importantes centrales a pie de presa. RFE no diseñó estos saltos considerados de manera aislada, sino que planeaba el aprovechamiento integral del potencial energético del río Noguera Pallaresa. Dicho aprovechamiento pudo conectarse, además, con el del Flamicell y el Segre, existiendo planes para explotar parte del río Ebro.

El aprovechamiento hidroeléctrico salmantino – zamorano fue iniciado por Saltos del Duero (SD) en 1929 con la construcción del salto del Esla, concluido en 1934. La empresa, constituida en 1918 con la denominación de Sociedad Hispano-Portuguesa de Transportes Eléctricos S.A., fue una de las matrices de la posterior Iberduero (1944 – 1991) y la actual Iberdrola.

Los primeros reconocimientos serios del potencial energético de los saltos del Duero los realizó el ingeniero zamorano Federico Cantero Villamil a finales del siglo XIX, aun cuando luego estuvieran presentes otros técnicos y financieros. Las concesiones fueron siendo obtenidas o, cuando menos, solicitadas, a partir de 1906. Con anterioridad a 1919 todos los proyectos presentados lo fueron para saltos aislados, inspirándose en la técnica habitual de las compañías hidroeléctricas de capital nacional. Se imitó en particular la existencia de presas de reducida altura y de largos canales de derivación. Sí hubo cambios en lo referente a la regulación (que la enorme fluctuación de los caudales de los ríos imponía) aunque no se diseñaron embalses de suficiente capacidad.

Ha sido posible realizar una historia de las concesiones administrativas de SD mediante el vaciado exhaustivo de los fondos del Archivo General de la Confederación Hidrográfica del

Duero (ACHD). Los proyectos presentados no fueron meros trámites sino que contaron con un grado de elaboración considerable. Partieron de supuestos inadecuados, pero fueron corrigiendo diversos aspectos encaminándose en la dirección correcta. Como quiera que esa historia de las concesiones de SD constituía una laguna importante en el conocimiento de la historia general de la empresa, las aportaciones que realiza esta comunicación deben resaltarse como uno de los méritos principales de la misma.

La formulación de la primera versión del aprovechamiento integral e internacional del sistema Duero apareció en 1924. La inspiración en el ejemplo del aprovechamiento integral del Noguera Pallaresa llevado a cabo por RFE es evidente. Se menciona de manera explícita que SD había solicitado previamente un informe técnico – económico a A.W.K. Billings, proyectista de las presas de Talarn y Camarasa.

SD explicó a la perfección el fundamento económico que respaldaba el fundamento técnico del aprovechamiento integral del conjunto de saltos. Los saltos de embalse podrían tener un coste unitario alto, considerados aisladamente, pero para el conjunto del sistema los costes medios iban a ser extraordinariamente reducidos. Los cálculos propios que se han realizado así lo demuestran.

La materialización del aprovechamiento integral del sistema Duero no concluiría hasta 1970 (ampliaciones de potencia de los saltos excluidas) por parte ya de Iberduero (ID), empresa continuadora de SD. Aunque se haya optado por no afrontar el complejo problema del cálculo de los costes estrictamente económicos, la repercusión de las continuas mejoras en la eficacia del sistema y en el incremento de su producción son evidentes. La mayor regulación (en la que el embalse de Almendra juega un papel esencial), las ampliaciones de potencia o el bombeo aumentan de manera progresiva los rendimientos. El sistema Duero se ha consolidado como el aprovechamiento hidroeléctrico más importante de España. Ha llegado a producir más de 10.000 millones de kWh, en el año húmedo de 2003.

Estos logros deben situarse en una perspectiva histórica. El sistema catalán de producción de energía hidroeléctrica fue, con diferencia, el más importante de España antes de la Guerra Civil. La inspiración en el diseño de las centrales pirenaicas de Tremp (Talarn) y Camarasa, al pie de presas de gran altura que cerraban importantes embalses reguladores, fue un elemento decisivo para el correcto diseño de la central del Esla – asociada a la presa y el embalse de Ricobayo -, la primera central del aprovechamiento hidroeléctrico salmantino – zamorano. El ejemplo catalán permitió el inicio de la correcta construcción del sistema Duero.

## **Bibliografía**

ALAYO, Joan Carles. *L'electricitat a Catalunya. De 1875 a 1935*. Lleida: Pagès, 2007.

AMIGO, Pedro. *La formación de la industria productora de energía en Castilla y León (c.1840 – 1935)*. Tesis doctoral dirigida por Ángel García Sanz. Valladolid: Universidad de Valladolid, 2013 (inédita).

ANTOLÍN, Francesca. Hidroeléctrica Ibérica (1901 – 1944). In ANES, G. (dir.), *Un siglo de luz. Historia empresarial de Iberdrola*. Madrid: Iberdrola S.A., 2006, p.131-191.

BANCO DE BILBAO. *Un siglo en la vida del Banco de Bilbao. Primer centenario (1857 – 1957)*, Bilbao: Espasa Calpe, 1957.

BARTOLOMÉ, Isabel. La industria eléctrica española antes de la guerra civil: reconstrucción cuantitativa. *Revista de Historia Industrial*, 1999, nº 15, p.139-160.

BARTOLOMÉ, Isabel. *La industria eléctrica en España*. Madrid: Banco de España, 2007.

BUENO, F. y SALDAÑA, D. Evolución de la ingeniería de presas en España. El caso de los Saltos del Duero. In VV.AA., *Actas del I Congreso Nacional de Historia de las Presas*. Badajoz: Diputación de Badajoz, 2002, tomo I, p.397 -413.

CAPEL, Horacio (dir.). *Las tres chimeneas. Implantación industrial, cambio tecnológico y transformación de un espacio urbano barcelonés*. Barcelona: FECSA, 1994, 3 vols.

CAPEL, H. Y URTEAGA, L. El triunfo de la hidroelectricidad y la expansión de La Canadiense. In CAPEL, Horacio (dir.). *Las tres chimeneas. Implantación industrial, cambio tecnológico y transformación de un espacio urbano barcelonés*. Barcelona: FECSA, 1994. vol. 2, p.13 – 81.

CHAPA, Álvaro. *La construcción de los saltos del Duero, 1903 – 1970. Historia de una epopeya colectiva*. Pamplona: EUNSA, 1999.

CUESTA, Luis y VALLARINO, Eugenio. *Aprovechamientos hidroeléctricos*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2000, 2 tomos.

DÍAZ, Pablo. Los saltos del Duero (1918 – 1944). In ANES, G. (dir.). *Un siglo de luz. Historia empresarial de Iberdrola*. Madrid: Iberdrola S.A., p.279-346.

ERRANDONEA, Esteban. Interconexión eléctrica. *Revista de Obras Públicas*, 1935, nº del 15 de diciembre, p.457-464.

GARCÍA, Eugenio. *El aprovechamiento hidroeléctrico salmantino – zamorano*. Salamanca: Universidad de Salamanca, 1973.

GERMÁN, Luis (ed.). *ERZ (1910 – 1990). El desarrollo del sector eléctrico en Aragón*. Zaragoza: Institución Fernando el Católico – Eléctricas Reunidas de Zaragoza, 1990.

HIDROELÉCTRICA ESPAÑOLA. *Hidroeléctrica Española S.A. 1907 – 1957*. Barcelona: Hidroeléctrica Española S.A., 1958.

HIDROELÉCTRICA ESPAÑOLA. *Hidroeléctrica Española, 1907 – 1982. 75 aniversario*. Madrid: Hidroeléctrica Española S.A., 1987.

IBERDUERO. *Salto de Villarino*. Bilbao: Iberduero S.A., 1971.

IBERDUERO. *Datos estadísticos 1987*. Bilbao: Iberduero S.A., 1988.

IBERDUERO. *Centrales hidroeléctricas*. Bilbao: Iberduero S.A., 1989.

JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. *Anuario estadístico de Castilla y León 2003*, Valladolid: Junta de Castilla y León, 2004.

MACHIMBARRENA, Vicente. *Orbegozo. Historia de un ingeniero*. Madrid: Saltos del Duero S.A., 1941.

MALUQUER DE MOTES, Jordi. L'Electricitat. In NADAL, J. *et al. Producció y consum d'energia en el creixement econòmic modern: el cas català*, Barcelona, 1983 (inédito).

MALUQUER DE MOTES, Jordi. Las transferencias de energía entre Aragón y Cataluña en el primer tercio del siglo XX. In DELGADO, J.M. *et al. Las relaciones económicas entre Aragón y Cataluña (siglos XVIII – XX)*, Huesca: Instituto de Estudios Altoaragoneses, 1990, p.177-190.

MALUQUER DE MOTES, Jordi. *La inflación en España. Un índice de precios de consumo, 1830 – 2012*, Madrid: Banco de España, 2013.

MANERO, Fernando. *La industria en Castilla y León (dinámica, caracteres, impacto)*. Valladolid: Ámbito, 1983.

MARTÍNEZ, Pedro. El salto de Aldeadávila. *Revista de Obras Públicas*, 1962, nº de diciembre, p.793 – 803.

ORBEGOZO, José. Saltos del Duero III – Consideraciones relativas a la posible solución del problema internacional. *Revista de Obras Públicas*, 1926, nº del 1 de febrero, p.65 – 70.

SINTES, F. y VIDAL, F. F. *La industria eléctrica en España*. Barcelona: Montaner y Simón, 1933.

SUÁREZ, Federico: *Federico Cantero Villamil. Crónica de una voluntad. El hombre, el inventor*. Madrid: COFÁS, 2006.

SUDRIÀ, Carles. L'energia: de l'alliberament hidroèlectric a la dependència petrolera. In NADAL, J. (Director), *Història Econòmica de la Catalunya contemporània, s. XX: Població, agricultura i energia*, Barcelona: Fundació Enciclopèdia Catalana, 1989, p. 209-293.

SUDRIÀ, Carles. Iberduero, 1944 – 1973: la consolidación de un gran proyecto empresarial. In ANES, G. (dir.). *Un siglo de luz. Historia empresarial de Iberdrola*. Madrid: Iberdrola S.A., 2006, p.383 – 419.

TEDDE DE LORCA, P. y AUBANELL, A. M. Hidroeléctrica Española (1907 – 1936). In ANES, G. (dir.), *Un siglo de luz. Historia empresarial de Iberdrola*. Madrid: Iberdrola S.A., 2006, p.193-277.

URRUTIA, Juan de. *La energía hidroeléctrica en España y sus aplicaciones*. Madrid, editorial desconocida, 1917.

VALLARINO, Eugenio. *Tratado básico de presas*. Madrid: Colegio y Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1998 (4ª edición), 2 tomos.

**Archivos**

Archivo General de la Confederación Hidrográfica del Duero (ACHD). Valladolid.

**Revistas periódicas**

*La energía eléctrica*. 1899 – 1935.

*Revista de Obras Públicas*. 1925 – 1935.

*Ingeniería y construcción*. 1925 – 1935.

**Memorias de empresas**

*Memorias de Saltos del Duero*. 1925 – 1935.