

Estudio del régimen hidráulico del Ebro en Recajo y su aplicación a una explotación hidroeléctrica

Desde hace más de cien años existe un aprovechamiento del río Ebro en término de Viana (Navarra), y en el lugar llamado Recajo. Primitivamente se debió aprovechar para producción de fuerza, que se utilizaba en un molino. Conservando la presa—que, aunque antigua, tiene buenas condiciones—, ensanchando los canales de derivación y desagüe y reformando la antigua edificación, se van a instalar 5 000 CV, aprovechando un desnivel de 8 metros, con un caudal de 56 m³.

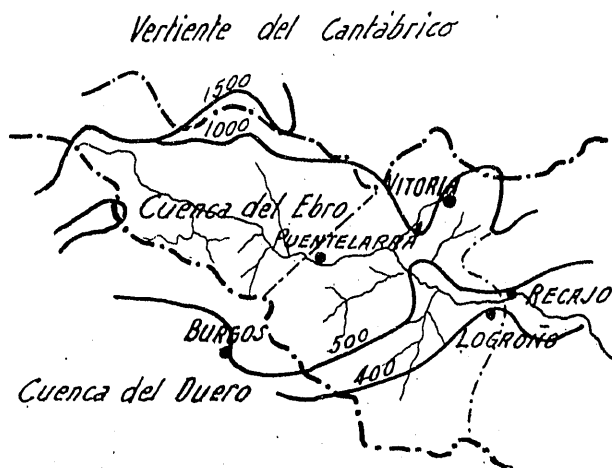
Al final del año 1932 se terminó la instalación de un grupo Francis de 10 m³ y 900 CV de potencia; actualmente se está instalando un grupo Kaplan de 23 metros cúbicos y 2 100 CV, y más tarde se colocará otro grupo de 2 100 CV. La instalación ha de resultar muy económica, ya que su coste será alrededor de pesetas 2 500 000, o sea a 500 pesetas CV instalado.

Para conocer la potencia que se ha de instalar, elección de grupos y energía producida, se ha hecho un estudio de los caudales del Ebro en Recajo.

Régimen hidráulico

De las estaciones de aforos establecidas en el Ebro aguas arriba de Recajo, la que más escrupulosamente se lleva y tiene más años es la de Puentelarrá, de

Fig.^a 1



la Hidroeléctrica Ibérica. Los datos nos han sido facilitados por la Confederación del Ebro.

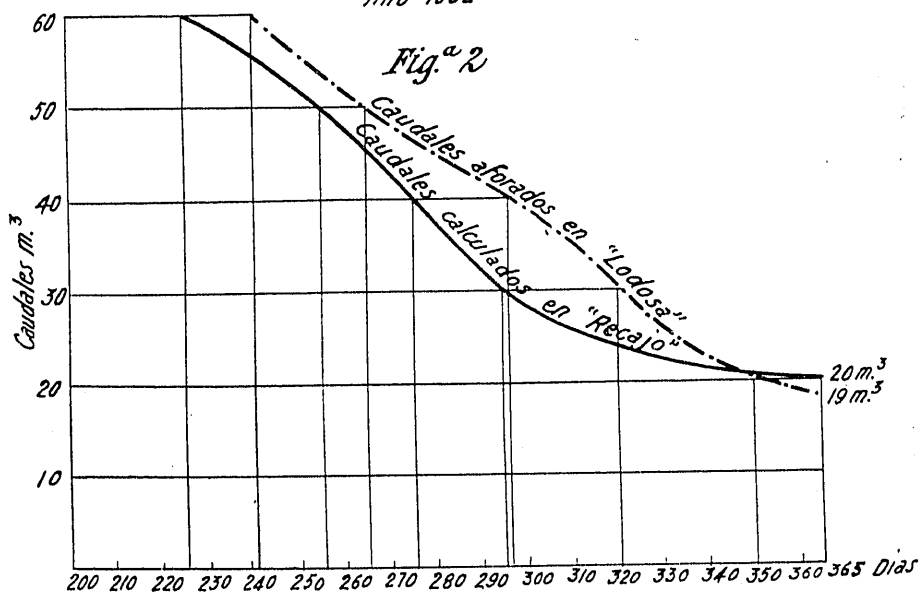
La cuenca vertiente de Puentelarrá es de 4 057 kilómetros cuadrados, y la de Recajo, de 11 417 km²,

de la que, deducida la cuenca propia de Puentelarrá, quedan 7 360 km².

Para la determinación de los caudales tomamos los datos de lluvias editados por el Consejo de la Energía y recopilados por D. Pedro M. González Qui-

Comparación de Caudales del "Ebro." Calculados en "Recajo." Aforados en "Lodosa"

Año 1932



jano (fig. 1). Por el plano pluviométrico (1916-1925), dividimos las cuencas en las siguientes zonas:

	Superficie con lluvia hasta 500 mm	Superficie con lluvia de 500 a 1 000 mm	Superficie con lluvia de 1 000 a 1 500 mm	TOTAL
Puentelarrá...	Nada	3 457 km ²	600 km ²	4 057 km ²
Recajo (sin Puentelarrá)	3 000 km ²	3 560 km ²	800 km ²	11 417 km ²

Las características de las cuencas no son las mismas. Toda la cuenca de Puentelarrá está por encima de la cota 525, y su mayor parte entre 700 y 900 m. En cambio, en la cuenca de Recajo (deducida la de Puentelarrá) tiene su parte más importante entre cotas de 350 a 650 m; su temperatura media es mayor, y la evaporación, por lo tanto, más elevada. Por estas razones, su rendimiento hidráulico, sobre todo en los caudales medios y bajos (que son los que nos interesan en este estudio), ha de ser menor. Además, la cuenca inferior a Puentelarrá es mucho más llana y cultivada. Por esta razón, adoptamos para las tres zonas de lluvias (1 000 a 1 500, 500 a 1 000 y hasta 500) los coeficientes de reducción de 0,80, 0,70 y 0,30, respectivamente. Estos coeficientes vendrían a ser la relación de los coeficientes de escorrentía de cada una de las zonas de lluvia comparados con los

correspondientes de Puentelearrá. Los hemos fijado aproximadamente, por comparación de otras zonas parecidas en otros ríos.

En estas condiciones, la cuenca reducida virtual de Recajo sin Puentelearrá es la siguiente:

Lluvia de 1 000 a 1 500	Lluvia de 500 a 1 000	Lluvia hasta 500	TOTAL
690 km²	2 492 km²	1 200 km²	4 332 km²

En relación a la cuenca de Puentelearrá es:

$$\frac{4\,332}{4\,057} = 1,16$$

Es decir, que, según nuestra hipótesis, la cuenca de Recajo, sin Puentelearrá, ha de dar el caudal de Puentelearrá más el mismo caudal multiplicado por 1,16, o sea, que el caudal de Recajo será 2,16 al de Puentelearrá. Adoptamos en números redondos que el caudal es doble que el de Puentelearrá.

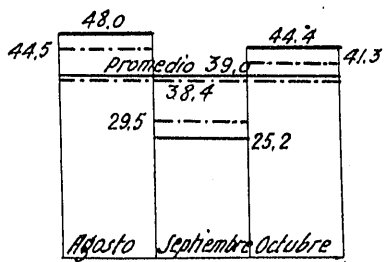
Con este coeficiente hemos fijado la curva de caudales clasificados desde el año 1913 a 1932, los caudales medios mensuales, etc. Reproducimos a continuación los caudales clasificados más interesantes:

	Duración de caudales en días al año					
	10 m³	15 m³	20 m³	30 m³	40 m³	60 m³
Promedio 1913 a 1932...	365 d	352 d	313 d	258 d	231 d	221 d
Año mínimo de 1924...	365 d	315 d	285 d	205 d	185 d	175 d

Con posterioridad a haberse efectuado los cálculos anteriores nos han sido proporcionados los datos de la estación de aforos de Lodosa, establecida en 1932. Su cuenca es de 11 800 km² y sus caudales

Caudales Agosto-Octubre
Calculados en "Recajo" —
Aforados en "Lodosa"

Fig.ª 3



han de ser muy parecidos a los de Recajo, ya que los ríos Leza y Odrón, que vierten aguas abajo de Recajo, apenas llevan caudal apreciable en aguas medias y bajas. De la comparación de los caudales clasificados en el año 1932 resulta:

	Caudales en días del año					
	15 m³	20 m³	30 m³	40 m³	50 m³	60 m³
Recajo (calculados).	365	365	295	275	255	225
Lodosa (aforados) ..	365	350	320	296	265	240
Diferencia por 100.	0	+ 4,1	- 8,4	- 8,0	- 4,0	- 6,2

Caudal mínimo	Calculado en Recajo.....	21,4
	Aforado en Lodosa.....	19,0
Caudal semipermanente (180 días).....	Calculado en Recajo.....	85,6
	Aforado en Lodosa.....	85,0

Los caudales medios mensuales de 1932, son:

	Enero.....	Febrero.....	Marzo.....	Abril.....	Mayo.....	Junio.....	Julio.....	Agosto.....	Septiembre.....	Octubre.....	Noviembre.....	Diciembre.....
Recajo, calculados...	145,6	42,6	167,4	146,0	144,7	166,8	146,2	48,0	25,2	44,4	164,8	190,8
Lodosa, aforados.....	143,8	51,27	123,9	109,0	118,8	146,4	146,4	44,5	29,5	41,3	137,8	285,9

Promedio estiaje (agosto-octubre).....	Calculado en Recajo...	39,0 m³
	Aforado en Lodosa....	38,4 m³

Puede verse, por las cifras anteriores, la casi coincidencia de ellas en caudales medios.

Las curvas de caudales clasificados y los caudales medios de estiaje (calculados y aforados) se han representado en las figuras 2 y 3.

Hemos de hacer observar que el año 1932 ha sido de aguas muy abundantes en verano y más bien escasas durante el invierno, con relación a otros años. A pesar de ser el período invernal seco, el caudal no ha descendido de 51 m³. En veranos normales el caudal mínimo está comprendido entre 10 y 14 m³.

Energía producible

La energía producida en un salto sin regulación es muy diferente que la que se obtiene con el mismo aprovechamiento cuando se explota en combinación con otros saltos regulados o unidos a centrales térmicas. El salto de Recajo se ha de utilizar acoplado con el salto de pie de presa de Alloz, del cual se tomarán las puntas durante el invierno y los déficits y puntas de verano. Se puede, por lo tanto, obtener de él una buena explotación.

En estas condiciones, y partiendo de rendimientos usuales de las turbinas Kaplan y alternadores, la energía total del salto de Recajo, derivando 55 m³, es la siguiente:

Año medio:		Kw-h
Potencia constante 10 m³	600 kw × 8 600 h.....	5 160 000
Potencia a 15 m³ (5 m³ en 344 d.)...	300 kw × 344 d. × 24 h....	2 500 000
Potencia a 20 m³ (5 m³ en 313 d.)...	300 kw × 313 d. × 24 h....	2 300 000
Potencia a 30 m³ (10 m³ en 258 d.)...	600 kw × 258 d. × 24 h....	3 700 000
Potencia a 40 m³ (10 m³ en 231 d.)...	600 kw × 231 d. × 24 h....	3 300 000
Potencia a 50 m³ (10 m³ en 221 d.)...	600 kw × 221 d. × 24 h....	3 200 000
Potencia a 55 m³ (5 m³ en 208 d.)...	300 kw × 208 d. × 24 h....	1 440 000
Total en bornas del alternador.....		22 600 000

La cifra de 22 600 000 kw-h es una cifra teórica. Aplicando un coeficiente práctico de utilización de 70 por 100, resulta la energía prácticamente utilizable de 15 620 000 kw.-h.

Vamos a comparar la producción de este salto con la del de Puentelearrá, en 1931 (según los datos suministrados por las publicaciones del Consejo de la Energía), que ha facturado en 1931, 35 874 025 kilowatios-hora.

El salto de Puentelearrá tiene 40 m y aprovecha 20 metros cúbicos. Recajo es de 8 m, y su caudal, doble, y se proyecta utilizar 55 m³. Hasta 40 m³ su producción estaría en relación de

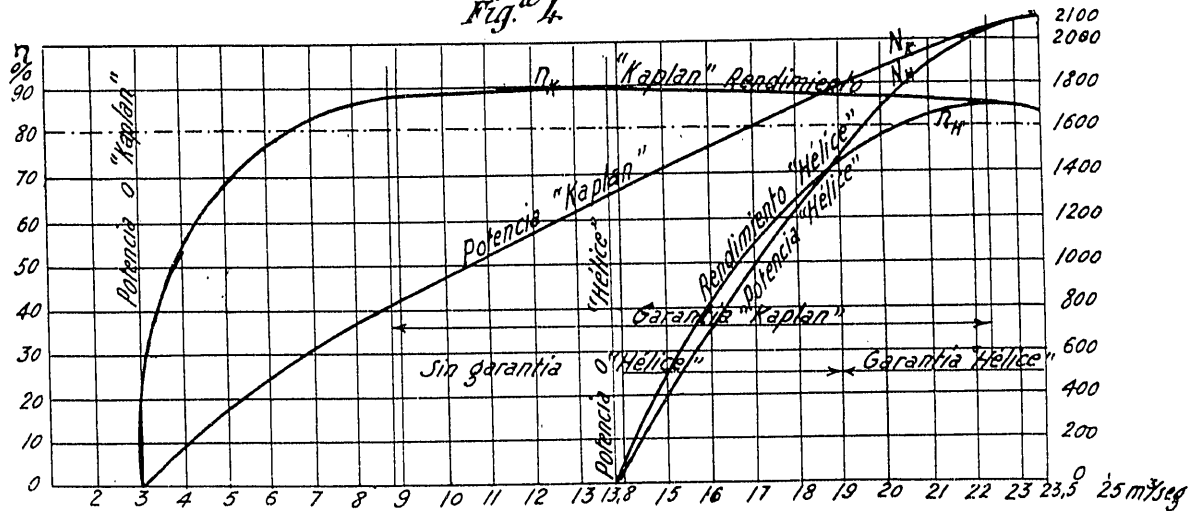
$$\frac{8\,m \times 40\,m^3}{40\,m \times 20\,m^3} = 0,40$$

Comparación de características en función del caudal para turbinas
tipo Kaplan y Hélice Escher Wyss

N_K = Potencia turbina Kaplan
 N_H = " " " Hélice
 η_K = Rendimiento " Kaplan
 η_H = " " " Hélice
 Curvas con — = salto 8,05 m.

Potencia HP

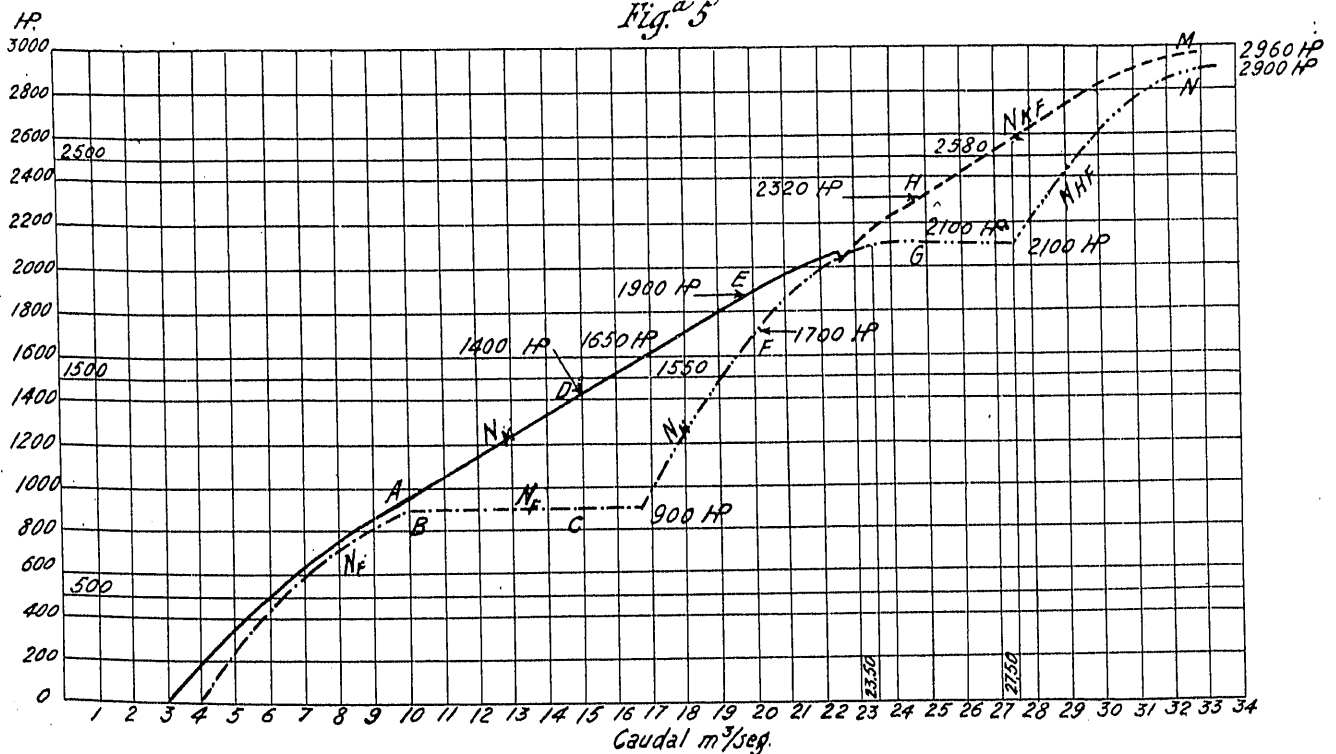
Fig.ª 4



Curvas de potencia desarrollada con el salto de 8,05 m. en función del caudal
con las turbinas "Hélice" y "Kaplan" unidas a la antigua.

N_K — turbina Kaplan solo
 N_{KF} ---- " " con Francis actual
 N_F ---- " " sola
 N_H ---- " " Hélice
 N_{HF} ---- " " con Francis

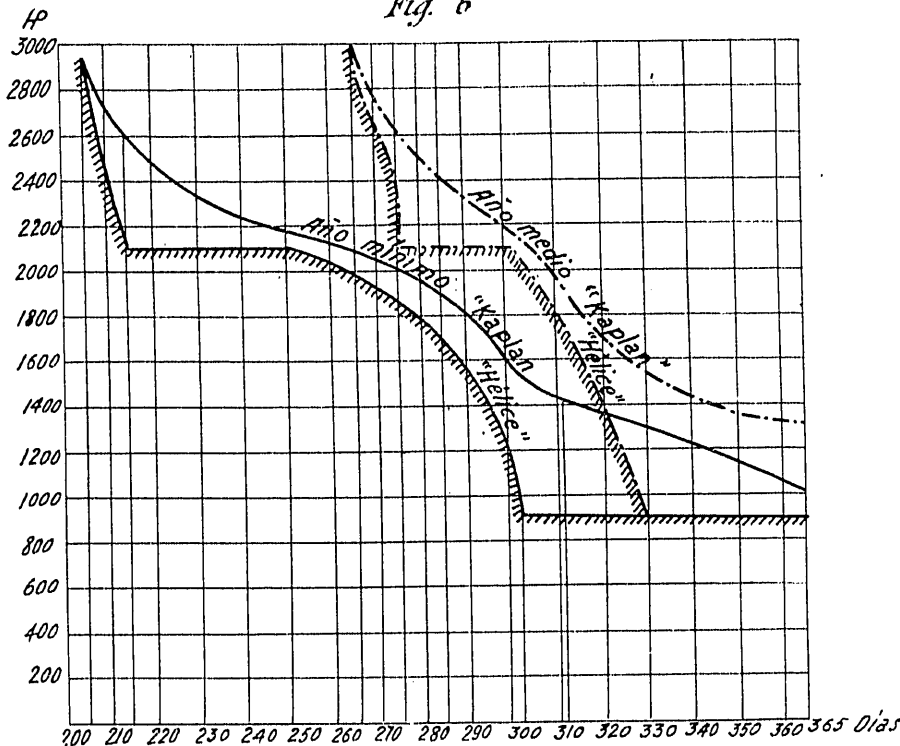
Fig.ª 5



Curvas de Potencias durante el estiaje en Recajo

Año mínimo —————
Año medio 1913-1932 - - - - -
"Francis" y "Kaplan" — · — · —
"Francis" y "Hélice" ————

Fig.ª 6



Sería, por lo tanto, la producción de Recajo $35\,874\,025 \times 0,40 = \dots$	14 349 608
Además de la producción anterior, Recajo utiliza un caudal suplementario de 15 m^3 de aguas invernales, o sea $4\,640\,000\text{ kw-h}$, que, con una utilización de $0,40$, producen...	1 856 000
Que unidos a los anteriormente calculados, suman un total de ...	<u>16 205 608</u>

diéramos llamar de "Potencias clasificadas".
Integradas las diferencias en potencias por días, resulta una diferencia en kw-h de

Año medio	810 000 kw-h
Año mínimo	640 000 kw-h

Es evidente la ventaja de la Kaplan, ya que estos aumentos de potencia y energía se refieren precisamente a aguas bajas, en que la energía tiene mayor valor. Por esta razón se ha adquirido un grupo Kaplan.

Esteban ERRANDONEA Y LARRACHE
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

El problema ferroviario

Contestación obligada

Sin ánimo de controversia, decidido a no entablarla, y considerando que en el artículo publicado por el señor Velao, en el número de la REVISTA de fecha primero de septiembre último, hemos sido injustamente aludidos y atacados los que formamos la ponencia nombrada por la Zona de Madrid de la Asociación, para preparar un dictamen para acudir a la información pública, acordada por la Comisión de Obras públicas del Parlamento, en nombre propio y en el de los compañeros que conmigo constituyeron dicha ponencia, no quiero dejar sin contestación la segunda parte de aquel artículo, escrito en tonos irónicos y despectivos para todos nosotros.

Entendemos que, habiendo sido incluido este asunto por dos veces en las órdenes del día de la Zona de Madrid, el señor Velao, miembro de la Asociación, pudo y debió acudir a las reuniones de dicha Zona en que se trató de tal asunto y de ese modo hubiera tenido más autoridad para juzgar por escrito nuestra modesta labor, nunca en la forma que lo hace, pues seguramente con sus grandes méritos y conocimientos ferroviarios, que gustosamente reconocemos, nos hubiera ilustrado y nuestra labor hubiera sido modificada muy ventajosamente con sus seguras aportaciones, basadas en su experiencia y conocimiento del asunto. No en balde fué durante algún tiempo, a raíz de implantarse la República, director general de Fe-