

# La Gran Riqueza Hidroeléctrica Organizada en España:

## Los Saltos del Duero, con el mayor Embalse de Europa

La industria de producción, transporte y distribución de la energía hidro-eléctrica, reconocida en todas partes como de superior trascendencia para la economía global, ha sido desde su comienzo producto exclusivo de la economía privada, que supo encontrar los mejores saltos e invertir sin auxilio ni especial garantía más de 4.000 millones de pesetas en realizar su aprovechamiento, logrando electrificar nuestras regiones industriales y difundir el empleo de la electricidad hasta las aldeas.

Si recorriéramos en avión las diversas vertientes que dibujan el relieve del suelo español, que daríamos maravillados el contemplar la cantidad incontable de saltos de agua que de antiguo se aprovechan en todas ellas; mas como resultaría imposible relacionarlos en este trabajo, vamos a limitarnos—siguiendo la práctica internacional—a publicar el detalle de todas aquellas entidades que poseen centrales eléctricas con rendimiento superior a 400 K.V.A.

La riqueza hidroeléctrica de España se halla en las siguientes vertientes:

Vertiente Catalana.  
Cuenca del Ebro.  
Vertientes pirenaicas septentrionales.  
Vertientes levantinas.  
Cuenca del Júcar.  
Cuenca del Segura.  
Vertiente sur del Mediterráneo.  
Cuenca del Guadalquivir.  
Vertiente del Sur Atlántico.  
Cuenca del Guadiana.  
Cuenca del Tajo.  
Cuenca del Duero.  
Cuenca del Miño.  
Vertiente Oeste.  
Vertiente Cantábrica.

### El Embalse del Río Esla, con mas de 6.000.000.000 de Kilovatio-Hora

España es uno de los países europeos que disponen de abundante energía eléctrica, debido al carácter montuoso de su suelo, que da lugar a numerosos saltos de agua, que aprovechados de antiguo en forma de centrales eléctricas permiten aplicar esta fuerza a numerosas industrias y a alumbrado de pequeñas poblaciones y aldeas rurales, siendo de notar a este respecto que nuestro país ha adelantado a casi todos los países del mundo.

Conocida es de nuestros lectores la preocupación española por la racional utilización de agua de sus ríos, que aumentando las zonas regables han de trans-

formar favorablemente grandes extensiones del agro español. Hoy consideramos pertinente dar a conocer a nuestros lectores el desarrollo de una de las mayores empresas hidroeléctricas de Europa, que ha construido el salto de Esla.

El río Duero baña y recorre Castilla la Vieja y León, y por su situación geográfica tiene caracteres especiales, y un aspecto internacional de importancia. Recogidas en sus cabeceras y zonas apropiadas cuantitas de agua sea posible utilizar para fertilizar las se- dientas vegas castellanas, al saltar de nuestra meseta nacional a las tierras bajas portuguesas engendra una colosal fuente de energía que convenientemente regulada y transformada ha de ser para nuestra patria una fuente poderosa de riqueza, cumpliéndonos, además, la satisfacción de entregar a nuestros hermanos los portugueses un río de tal manera transformado y regulado, que nunca más sus impetuosas avenidas volverán a asolar como hasta ahora sus ricas vegas.

Para la evaluación de esta energía, materia más difícil de tratar de lo que a primera vista parece, dada la característica irregularidad de los ríos de la cuenca, que, como todos los españoles, tienen un régimen marcadamente torrencial, se han establecido sobre el río Duero y sus dos principales afluentes, el Esla y el Tormes, cinco estaciones de aforo, distribuidas en la forma siguiente:

Estación núm. 1.—Sobre el río Duero, aguas arriba de Zamora y cerca de Toro.

Estación núm. 2.—Sobre el río Esla, y aguas arriba de la cola del embalse de Ricobayo.

Estación núm. 3.—Sobre el Aliste, afluente del Esla, también aguas arriba de la cola del embalse de Ricobayo.

Estación núm. 4.—Sobre el Esla, aguas arriba de la presa de Ricobayo, y aguas abajo de la confluencia con el Aliste.

Estación núm. 5.—Sobre el Tormes, aguas arriba del embalse de Carballino y en las proximidades de Villamayor.

Estudiados, pues, los ríos en estos puntos estratégicos y durante largos años, se ha llegado a la conclusión de que la energía hidroeléctrica de la cuenca del Duero se puede valorar en 6.000.000.000 de kilovatios-hora anuales, cifra enorme, que el lector podrá apreciar mejor al saber que, según la estadística, muy completa, de la Cámara Oficial de Productores y Distribuidores de Electricidad, la producción total de todas las Centrales españolas, tanto hidráulicas como térmicas, en el año de 1931 fué de 2.681.342.233 kilovatios-hora.

### El Embalse del Esla

Recursos hidráulicos de la cuenca. El río Esla ha sido elegido para ser el primero en contribuir al grandioso plan; en efecto, por medio de él se regulariza el régimen torencial de tal manera, presa de la serie, la de Villardiegua, que el caudal regulado para la segunda podrá dar más de 6.000.000.000 kilovatios-hora anuales con un gasto mínimo.

Trece años de aforos continuados han permitido adquirir un conocimiento perfecto acerca del régimen hidráulico del río. Esla. La aportación media del río es de 5.750.000.000 m<sup>3</sup> de agua en año astronómico, y el caudal medio diario resulta ser de 182.33 m<sup>3</sup> por segundo. Referidos estos datos a los 17.020 km<sup>2</sup> de extensión que tiene la cuenca dan un caudal específico de 10.7 litros por segundo y km<sup>2</sup> de cuenca, llegándose a la conclusión de que la riqueza hidráulica del Esla es superior a la del Duero antes de su confluencia, a pesar de ser su cuenca tres veces menor.

La distribución de las aguas en las diversas épocas del año coincide con la de los restantes ríos españoles, lo cual avala en mayor grado el efecto regulador del embalse. El caudal desciende en pleno estiaje a la cifra inverosímil de 0.500 m<sup>3</sup> por segundo, mientras que las máximas avenidas alcanzan valores del orden de 5.000 m<sup>3</sup> por segundo. El régimen de primavera es abundantísimo en aguas, y garantiza que aun en los años de mayor sequía se llenará el embalse.

La regulación media que se puede alcanzar mediante el embalse del Esla es de 96 m<sup>3</sup> por segundo, o sea unas doscientas veces el caudal de estiaje del río y unas siete veces el caudal de estiaje del Duero a su entrada en Portugal.

### Descripción del Embalse

El río Elsa, afluente de la margen derecha del Duero, tiene su nacimiento en las montañas leonesas y desemboca en el Duero algunos kilómetros aguas abajo de Zamora.

En conjunto la dirección del río es rectilínea así como la de sus afluentes, encajados todos en la dirección casi constante de los estratos de su cuenca; corre por un valle limitado al Norte por el término de Bretó, cerca de Benavente, y al Sur por a cererada granítica de Ricobayo, que lo separa del cauce del Duero. Constituye el valle así definido el vaso del embalse creado, y su posición es tal, que recoge la totalidad de las aportaciones de la cuenca del Esla.

Las condiciones geológicas del embalse, constituido todo él por terrenos primeros, son inmejorables, y las topográficas son tales que, con una presa de 100 m. de altura y 260 m. de cuerda en su coronación, se consigue un embalse de 1.200.000.000 m<sup>3</sup>, y en cuanto a las circunstancias demográficas basta decir que en una superficie ocupada de 5,000 hectáreas se inundan por completo tres pueblos y se afectan otros ocho en menos de un tercio de su población.

En planta el embalse forma una Y cuyo pie es un tramo del río Esla de 9,7 kms. de longitud, estando constituidos los dos brazos por el tramo inmediata-

mente superior de dicho río, con 52,2 kms. de longitud, y por el tramo del río Aliste, de 31,5 kms. entre Vegalatrave y su desembocadura en el Esla.

Con el embalse lleno se podrá, por tanto, navegar en una longitud de más de 90 kms., y para darnos exacta cuenta de lo que esto significa debemos recordar que el lago Lemán, el mayor de Europa, tiene solo 72 kms. de largo. Junto al punto de encuentro de los dos ríos se encontraba situado el pueblo de San Pedro de la Nave, totalmente inundado en la actualidad, cuya iglesia parroquial, joya del arte visigótico de fines del siglo VII y monumento nacional, ha sido cuidadosamente desmontada, y reedificada de nuevo, fuera del alcance de las aguas.

Precisando algunas cifras diremos que la cota del máximo embalse es la de 681 m. sobre el nivel del mar y que el fondo del río en el punto de ubicación de la presa está a la cota 590, siendo la capacidad del vaso entre esas dos cotas de 1.200.000.000 de m<sup>3</sup>, por tanto, el mayor embalse de Europa y uno de los mayores del mundo.

### Presa del Embalse del Esla

En el punto que la toponimia local designa con el nombre del "Llamas Frías", en los términos de Ricobayo y Muelas del Pan, en la provincia de Zamora, se ha cerrado el valle con una presa de hormigón de 100 m. de altura sobre el fondo del río, 5.260 m. de cuerda en la coronación.

La presa es de planta curva, con radio de 250 m. y el perfil alojado triangular, con talud de 0,80 en el paramento de aguas abajo y de 0,05 en el de aguas arriba; el espesor en la coronación, por la cual pasa una carretera, es de 9 metros, consiguiéndose éste mediante la adición de un triángulo invertido al perfil de cálculo.

La hipótesis de cálculo supone una densidad de la fábrica de 2.400 kgs. y una subpresión igual a la presión total hidrostática en el paramento de aguas arriba de la presa, y nula en el paramento de aguas abajo.

La carga máxima de trabajo resulta en el caso de no existir subpresión, y con la densidad indicada de 21,50 kg/cm<sup>2</sup> para los 100 m. de altura de la presa. El procedimiento de cálculo seguido ha sido el Pigeaud, y para determinar la anchura en la coronación, con el radio de 250 m., se han utilizado las fórmulas de Jacobsen.

El cubo de hormigón empleado en la construcción de la presa ha sido de 380.000 m<sup>3</sup> con una dosificación media de 200 kgs. de cemento por m<sup>3</sup>.

Comparadas las características de cubo de presa y embalse se llega a la relación de:

$$\frac{\text{Volumen de embalse}}{\text{Volumen de hormigón}} = 3.150$$

Es decir que por cada m<sup>3</sup> de hormigón se embalsan 3.150 m<sup>3</sup> de agua, lo cual da idea del precio ínfimo a que ésta sale, y, por tanto, el de la energía que con ella se produce.

Es también interesante la relación:

$$\frac{\text{Volumen de embalse}}{\text{Altura de presa}} = 12 \text{ millones}$$

Es decir, que por cada metro de altura de presa se embalsan 12 millones de m<sup>3</sup>; sin embargo, y como consecuencia natural de la forma del valle, esta relación, si es verdadera como media, es diferente para las diversas alturas, así como los cinco primeros metros crean en embalse de tan solo 100.000 m<sup>3</sup>, el último metro da una capacidad de 52.000.000 de m<sup>3</sup>.

Como accesorios de la presa se han construido: un muro de guarda en su coronación, una galería de inspección y drenaje que corre paralelamente al paramento de aguas arriba a la altura de la cimentación, provista de pozos de inyección y drenaje.

El aliviadero, o lugar por donde vierten las aguas que sobran en el embalse, se ha construido a través de un pequeño puerto que forma la ladera izquierda. La anchura del canal es de unos 100 m. y la altura de desagüe de las compuertas es de 8 m. La excavación del aliviadero, todo él en roca, ha representado un cubo de 375.000 m<sup>3</sup>, material que ha sido empleado en la construcción de la presa.

El vano de desagüe se ha distribuido en cuatro trozos de 25 m. equipados con compuertas Stoney.

La capacidad del aliviadero permite, según ensayos que se han hecho en modelos de tamaño reducido, evacuar hasta 4.500 m<sup>3</sup> por segundo, que teniendo en cuenta el efecto retardador del embalse, es más que suficiente para desaguar las máximas avenidas que se calculan como probables y que se prevé no pasarán de 5.400 m<sup>3</sup> por segundo.

#### Aprovechamiento Hidroeléctrico

El tipo de aprovechamiento que se está construyendo consiste en una Central de las llamadas de pie de presa que utiliza el salto variable del embalse. El nivel de aguas en el desagüe corresponde a la cota 593, y la variación en el embalse está comprendida entre las cotas 640 y 681; el salto podrá, pues, variar entre 88 y 46 metros brutos.

Las tomas, en número de cuatro, están situadas en el mismo paramento de aguas arriba de la presa, la cual queda atravesada por cuatro tuberías de 3.60 m. de diámetro. Cada una de estas tuberías alimenta una turbina Francis de eje vertical con una potencia de 50.000 HP. con la mínima altura de salto. Al ser cuatro tuberías completamente independientes se obtiene la máxima seguridad, por lo que al buen servicio de la Central se refiere.

Correspondiendo con cada turbina y directamente acoplada sobre ella se encuentra un alternador de una potencia de 50.000 HP. engendrada a la tensión de 13.800 voltios.

Esta energía será después transformada a las tensiones de 44.000 y 138.000 voltios, para alimentar

con la primera una serie de líneas de distribución de carácter local, y con la segunda las grandes arterias que han de conducir la energía hasta Bilbao y Madrid, límites que actualmente se piensa dar a la zona de distribución. Pero conviene advertir que estos puntos no determinan ni con mucho el límite del radio de acción a tensiones más elevadas, y ya corrientes en el Extranjero, se puede alcanzar hasta los 800 kms., con lo cual se cubre prácticamente toda España.

Hecho el estudio del funcionamiento del embalse en el año más desfavorable de los registrados, el de 1923, se encuentra que descendiendo el embalse hasta la cota 651, y contando tan sólo con la energía permanente, la producción hubiera podido ser de 450.000.000 de kilovatios-hora medidos en las bornas de salida de los transformadores elevadores.

He aquí, a grandes rasgos, ya que de otra manera no puede hacerse dentro de los límites de un artículo de esta clase, descritos las obras realizadas sobre el río Esla, cuyos aguas, después de haber rendido su trabajo, y unidas a las del Duero, pasarán cuando el mercado lo exija, a través de una serie escalonada de saltos de 100 m. de altura cada uno, produciendo en todos ellos una inmensa cantidad de energía, que difundida por toda España contribuirá a aumentar la riqueza y el bienestar del país.

El alumbrado y la motorización de las industrias constituyen sólo parte ínfima de las aplicaciones que ha de tener la energía obtenida en los saltos del Duero, la electrolisis y los hornos en la industria, el motecultivo en la agricultura y a cocina y el calentador en el hogar han de ser los principales clientes, sin perjuicio de otros más pequeños, hasta el límite que señalan los receptores de radio, los relojes eléctricos, etc., etc, que también se beneficiarán de las ventajas de buen servicio y economía que los saltos del Duero han de reportar.

#### El Comercio exterior etc.

(Continuación de la pag. 6)

exportaciones de los últimos tres años; revelan, en efecto, todas las fuerzas naturales y artificiales que han entrado en juego, así como los pactos cooperativos, merced de los cuales algunos países se hallan en los umbrales de la prosperidad.

Las exportaciones de los Dominios Británicos que hoy en día son más del doble de 1933, han acrecido más que las destinadas a cualquiera otra nación. Esto prueba de que el comercio progresa con más fuerza en los países donde la mejoría comercial es más genuína. Política y socialmente estables, los pueblos que integran el imperio inglés, en calidad de productores de materias primas, han sido aventajados por las cotizaciones más altas, así como por el establecimiento económico de la Gran Bretaña. En segundo lugar, vienen los embarques a Hispanoamérica, igualmente fomentados por el alza de los materias primas.