

Noviembre de 2009



UB-UPC

EXTRACTO: ANÁLISIS COMPARADO DE ACTUACIONES A
REALIZAR PARA LA MEJORA DE UNA EXPLOTACIÓN
HIDROELÉCTRICA DE 81 Y 37 MW INSTALADAS
ACTUALMENTE



I. OBJETO Y ANTECEDENTES

I.1 Objeto

El presente documento ha sido elaborado basándose en la información facilitada por Endesa Generación para ser publicado como proyecto final de máster. Por motivos de confidencialidad se ha evitado en el conjunto del documento aportar datos que faciliten la ubicación geográfica exacta del emplazamiento hidroeléctrico tratado.

Se trata de un análisis de inversión para la mejora de una explotación hidroeléctrica mediante la construcción de un aprovechamiento de Bombeo Reversible que permita disponer de mayor potencia en la red, así como mejora del actual trasvase entre embalses para minimizar los vertidos que existen en el sistema actual. Se espera poder disponer de una potencial de hasta adicional total de hasta 560 MW.

I.2 Identificación y análisis de la información disponible

El sistema actual de explotación consta de dos embalses enlazados mediante una galería a presión que deriva las aportaciones del Río-1 al Río-2, desde el Embalse-1 al Embalse-2. Este último se utiliza para regular tanto las aportaciones (Río 2) propias como las que se derivan del Río-1.

El Embalse-2 cuenta con una toma de donde parte la tubería forzada que alimenta la central hidráulica CH-1. La CH-1 desagua en el Embalse-3 situado en el Río-1 y que cuenta con escasa capacidad de regulación. Finalmente desde este último embalse parte un canal hacia la central hidráulica CH-2 situada tras la confluencia de los Ríos 1 y 2.

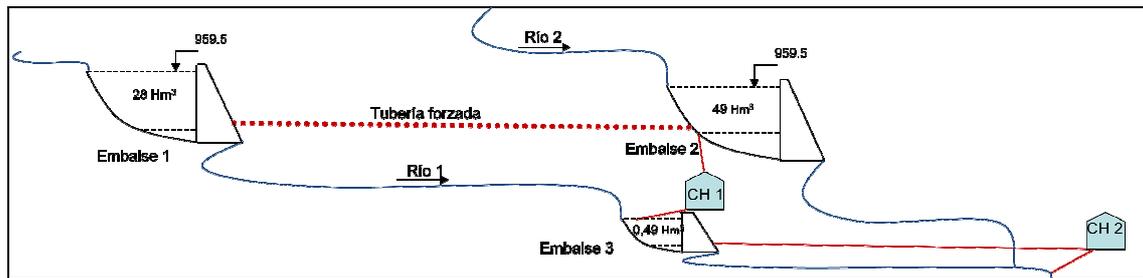


Ilustración I-1. Esquema Altimétrico del conjunto de instalaciones actuales.

I.3 Planteamiento de actuaciones

Con el objetivo de conseguir mayor potencia instalada se plantea la posibilidad de realizar un bombeo reversible considerando dos alternativas posibles según la ubicación del depósito superior; el depósito inferior será el Embalse-2. Por otro lado, para reducir los vertidos que se producen en el Embalse-1 y aumentar la producción, se ha estudiado la posibilidad de ampliar la capacidad del trasvase del Río-1 al Río-2.

I.3.1 Actuación A: Bombeo Reversible sobre el Embalse 2

La propuesta de bombeo utiliza el Embalse 2 como depósito inferior, y como depósito superior uno de nueva construcción. Actualmente este se explota entre las cotas máxima 959,50 y mínima 910,00, con un volumen útil de 59 Hm³. Para el desarrollo del salto de bombeo se han considerado tres posibles variantes, que se diferencian entre ellas, considerando las afecciones que presentan sobre la explotación del embalse de Embalse 2 y de la central CH-1, tanto durante la construcción, como durante la explotación del nuevo aprovechamiento.

Actuación A-1: El objetivo es no alterar el régimen de explotación del Embalse 2, manteniendo sus niveles máximos y mínimos de explotación actuales. Esta variante proporciona un mayor salto máximo y por ende una mayor potencia instalada. Tiene la desventaja que para la construcción de la toma inferior es necesario dejar fuera de servicio el embalse durante un periodo estimado entre seis meses y un año obligando a parar la CH-1 a lo largo de ese periodo, y se incrementan los costes de inversión al necesitar de una tubería forzada de mayor longitud.

Actuación A-2: Para minimizar las afecciones durante la construcción de la toma inferior, se plantea como segunda variante construir la toma inferior a una cota más elevada. Tiene la ventaja adicional de que permite acortar la longitud del circuito hidráulico y por tanto la inversión, pero tiene el inconveniente de que obliga a limitar la carrera del Embalse 2 y en consecuencia del Embalse 1, modificando la cota mínima de explotación y los volúmenes útiles de dichos embalses de los 59 Hm³ actuales a 32 Hm³ en el Embalse 2, y de los 28 Hm³ actuales a 20 Hm³ en el Embalse 1 y por lo tanto aumentando los vertidos del sistema.

Actuación A-3: Esta se diferencia de las anteriores por el emplazamiento del depósito superior que permite utilizar como toma en el Embalse-2 la toma existente hacia la CH-1 mediante una derivación en forma de T. Esta alternativa minimiza la afección a la explotación actual durante la construcción y además no modifica los niveles característicos de explotación del Embalse-2. Sin embargo salto bruto máximo es menor, y el caudal del equipo reversible se ve condicionado por la capacidad actual de la toma a la CH-1

I.3.2 Actuación B: Mejora del trasvase Embalse1-Embalse2

De la serie histórica de hidrología disponible que va desde el año 1977 al 1999, se desprende una aportación de media anual en el Embalse-1 de 427 hm³, con unos vertidos medios anuales de 57.51 hm³ distribuidos a lo largo del año tal como muestra la **iError! No se encuentra el origen de la referencia..**

Actuación B-1: Realización de un túnel trasvase paralelo al existente y de características similares. Esta actuación ampliará la capacidad de trasvase entre los dos embalses, dotando al sistema de una mayor capacidad de regulación.

Actuación B-2: Minicentral a pie de presa del Embalse-1, que permita turbinar tanto el caudal ecológico del orden de 1 m³/s, así como parte de los vertidos. Esta actuación, aunque no permite reducir los vertidos, permite turbinar parte de estos.

II. ANALISIS ECONÓMICO

Partiendo de los ingresos previstos y valor de inversión de las diferentes alternativas, se analizará la rentabilidad del proyecto en base al Periodo de Retorno (PR) e Índice de Potencia (IP), Valor Actual Neto y Tasa Interna de Rentabilidad.

Para el cálculo del VAN y TIR se ha considerado una tasa de inflación (g) de 0.03, rentabilidad aparente (k) de 0.06 y una tasa unitaria de incremento de costes de explotación (z) de 0.03. Se deduce un rentabilidad real de 0.029.

II.1 Análisis de rentabilidad Actuaciones A

Alternativas	Consumo GWh	Producción GWh	O&M	Ingresos	Inversión	PR (años)	IP (€/kW)	VAN	TIR
A1 Q45 276 MW	666	551	608 500 €	15 170 468 €	251 779 051 €	17.3	911	-30 340 683 €	1.74%
A1 Q60 366 MW	782	643	712 500 €	18 481 491 €	269 845 743 €	15.2	737	-898 980 €	2.88%
A1 Q70 427 MW	826	678	752 000 €	20 218 498 €	297 884 486 €	15.3	698	-2 915 916 €	2.82%
A1 Q90 547 MW	930	761	845 500 €	22 407 638 €	321 945 060 €	14.9	589	4 350 365 €	3.04%
A2 Q45 269 MW	637	511	901 198 €	13 684 945 €	201 290 099 €	15.7	748	-10 741 506 €	2.40%
A2 Q60 359 MW	761	610	1 012 698 €	17 493 817 €	231 755 564 €	14.1	646	14 024 276 €	3.48%
A2 Q70 418 MW	808	647	1 054 698 €	19 273 535 €	253 545 894 €	13.9	607	18 580 093 €	3.59%
A2 Q90 537 MW	905	725	1 142 198 €	21 553 929 €	281 921 601 €	13.8	525	23 200 156 €	3.67%
A3 Q60 345 MW	880	726	802 722 €	18 960 196 €	186 615 365 €	10.3	541	83 992 436 €	6.74%

Tabla II-1. Actuación A, análisis de rentabilidad

II.2 Análisis de rentabilidad Actuaciones B

Actuación	Producción GWh	O&M	Ingresos	Inversión	PR (años)	IE (c€/kWh)	IP (€/kW)	c	VAN	TIR
B-1	25.98	2 598 €	1 847 957 €	26 678 180 €	14.5	103	-	1.19	1 792 090 €	3.50%
B-2 Q1 357 kW	2.05	29 743 €	178 822 €	1 196 019 €	8.0	58	3349	0.72	819 657 €	8.86%
B-2 Q2 714 kW	2.26	32 804 €	197 223 €	1 303 287 €	7.9	58	1825	0.71	919 165 €	9.02%
B-2 Q3 1071 kW	2.46	35 688 €	214 565 €	1 559 617 €	8.7	63	1456	0.77	863 984 €	7.82%

Tabla II-2. Actuación B, análisis de rentabilidad

III. CONCLUSIONES

Del análisis de rentabilidad de las Actuaciones A, se deduce que las Actuaciones A-1 y A-2 resultan poco atractivas, al exigir que la tasa de rentabilidad real se mantenga en valores del cercanos a 0.03, y suponen un gran coste de inversión.

La Actuación A-3, con un coste de inversión y potencia instalada menor, dispone de un depósito superior de mayor capacidad que permite el funcionamiento del bombeo reversible durante más horas al año. Esto se traduce en unos ingresos similares que en las anteriores alternativas y mayor rentabilidad. Además ofrece una reserva rodante inmediata mucho mayor

La Actuación B-1 se descarta por su baja rentabilidad y porque no aporta una solución definitiva a la regulación de la cuenca.

La Actuación B-2, aunque tampoco soluciona los problemas de vertidos, supone una inversión mucho más pequeña y de gran rentabilidad. Se considera, como opción más rentable, la instalación de un equipo con caudal de diseño de 3 m³/s por presentar un índice de potencia inferior a las otras dos contempladas.

IV. RECOMENDACIONES

Se propone llevar a cabo la Actuación A-3, para la que el tiempo de recuperación de la inversión es del orden de 10 años, y la actuación B-2 por su bajo coste de inversión y corto período de retorno.

En caso de querer disponer de mayor potencia de bombeo se recomienda llevar a cabo la Actuación A-2, con un caudal de equipamiento de 90 m³/s, combinada con la actuación B-2 con un caudal de equipamiento mayor al propuesto en este apartado, que permitiría turbinar los vertidos extras provocados por la reducción del volumen útil del Embalse-2.