

4.2 APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO REGULADO

A continuación se estudiará la posibilidad de realizar una central de regulación; para ello se hará un cálculo simplificado suponiendo que en vez de turbinar $1 \text{ m}^3/\text{s}$ durante las 24 horas del día, se turbinarán $3 \text{ m}^3/\text{s}$ sin parar durante las 8 horas del día con mayor precio horario del mercado diario.

En primer lugar si se quiere turbinar únicamente en las horas punta debería incrementarse la altura del azud para conseguir un embalse con capacidad suficiente para la regulación diaria, por lo tanto es necesario saber qué capacidad se necesitaría almacenar. Si durante las 24 horas del día el río lleva aproximadamente $1 \text{ m}^3/\text{s}$ y en el caso supuesto se almacena durante 8 horas y se produce durante otras 8 horas, y así sucesivamente, la capacidad necesaria de almacenaje será:

Hora	Caudal del río medio (m^3/s)	Caudal Turbinado (m^3/s)	Reserva Aguas Arriba (m^3)
23:00 (Día anterior)	1	0	3600
0:00	1	0	7200
1:00	1	0	10800
2:00	1	0	14400
3:00	1	0	18000
4:00	1	0	21600
5:00	1	0	25200
6:00	1	0	28800
7:00	1	3	21600
8:00	1	3	14400
9:00	1	3	7200
10:00	1	3	0
11:00	1	0	3600
12:00	1	0	7200
13:00	1	0	10800
14:00	1	0	14400
15:00	1	0	18000

Hora	Caudal del río medio (m^3/s)	Caudal Turbinado (m^3/s)	Reserva Aguas Arriba (m^3)
16:00	1	0	21600
17:00	1	0	25200
18:00	1	0	28800
19:00	1	3	21600
20:00	1	3	14400
21:00	1	3	7200
22:00	1	3	0
23:00	1	0	3600
0:00	1	0	7200
PRODUCCIÓN	TOTAL= $1 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 =$ $86400 m^3/día$	TOTAL= $3 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 8 =$ $86400 m^3/día$	

Figura 1 – Capacidad de almacenaje necesaria para un aprovechamiento hidroeléctrico regulado

$$60(s) \times 60(\text{min}) \times 8(h) \times 1\left(\frac{m^3}{s}\right) = 28800 m^3/s$$

Una vez se conoce el volumen de agua que se debería almacenar para turbinar $3m^3/s$ durante 8 horas al día, se calcula qué altura debe tener el azud para almacenar semejante volumen. El azud actual tiene una altura de 0,5 m y la lámina de agua se encuentra a la cota 734,5 ms.n.m. Si se incrementa la altura del azud 2 metros el nivel del agua aumentaría 2 metros, por lo que la lámina de agua se encontraría en la cota 736,5 ms.n.m; si se incrementa el azud 4 metros, el nivel del agua aumentaría 4 metros y la lámina de agua se encontraría en la cota 738,5 ms.n.m; etc.

Por lo tanto, puesto que se conocen las líneas de nivel cada 2 metros, se puede calcular aproximadamente la superficie inundada correspondiente a cada altura del azud. Sabiendo el valor de las superficies delimitadas por cada línea de nivel y la alineación del azud, se puede estimar el volumen comprendido entre dos superficies con la siguiente expresión:

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \times \Delta Cota$$

Tras medir las superficies correspondientes en AutoCAD, se obtienen los siguientes resultados:

Altura del muro (m)	Superficie inundada (m ²)	Volumen de agua (m ³)
0,5	487	243,5
2,5	5050	5781
4,5	33956	44787
6,5	97575	176318

Figura 2 – Volumen almacenado con respecto a la altura del azud

Si se representa en un gráfico el volumen de agua almacenado y los valores de la altura del muro, podemos aproximar la curva a una función polinómica, obtener su ecuación y despejar la altura del azud necesaria para contener 28800 m³:

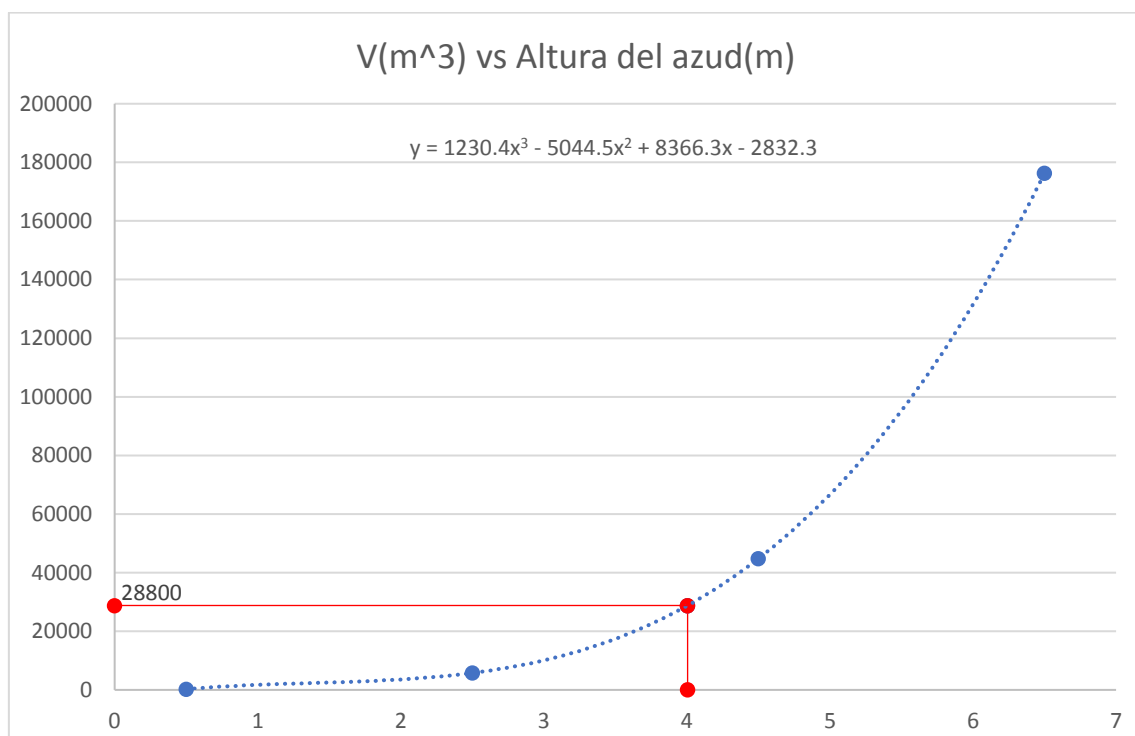


Figura 3 – Altura del azud necesaria para almacenar un volumen determinado

Por lo que la altura del azud tiene que ser de 4 m y la superficie inundada será la correspondiente a la línea de nivel 738 ms.n.m.

En la siguiente imagen se muestra la relación entre las alturas del muro, las superficies que inundarían y los volúmenes comprendidos entre dichas superficies:

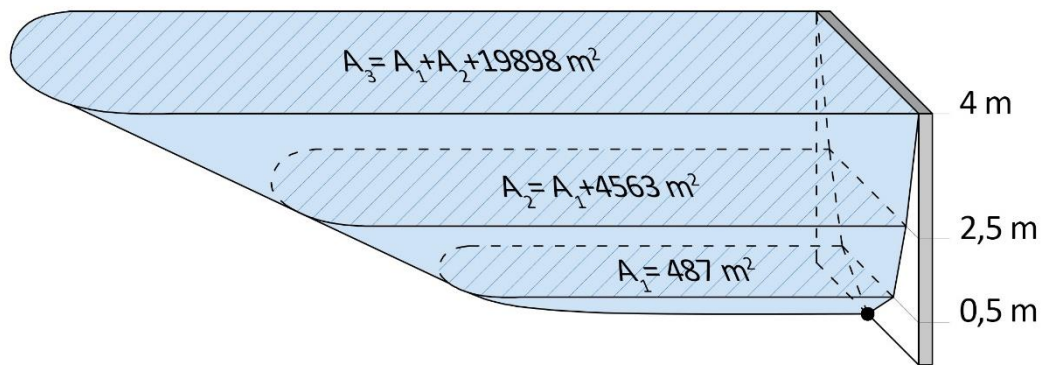


Figura 4 – Superficies inundadas según la altura del azud (en perspectiva).

Los 28000 m^3 de almacenaje necesarios para turbinar $3 \text{ m}^3/\text{s}$ durante 8 horas quedarían comprendidos entre el A_3 y el A_2 .

A continuación, se muestra un esquema en planta de las superficies inundadas:

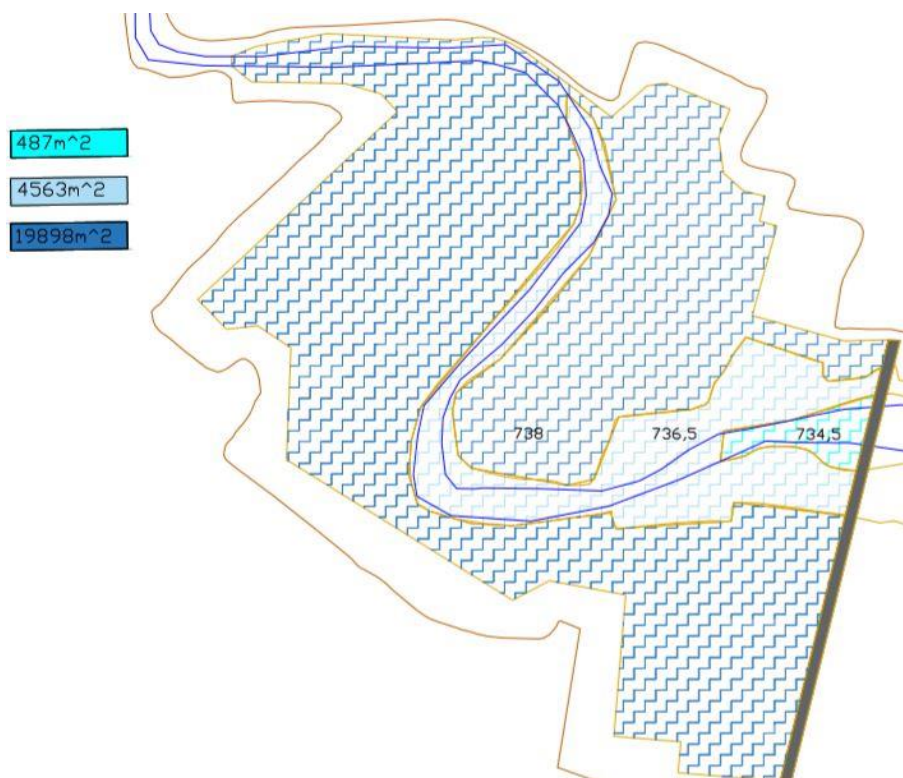


Figura 5 – Superficies inundadas según la altura del azud (en planta).

El principal problema de esta alternativa es que la zona inundada es excesivamente grande. Muchas tierras de cultivo se verían afectadas y sería necesario expropiar las



parcelas correspondientes, con lo que los costes se incrementarían. Por otro lado, habría que considerar la necesidad de la construcción de un contraembalse aguas abajo para reducir los impactos ambientales debidos a la liberación repentina del triple de agua de lo que el río suele llevar. Es cierto que el río tiene caudales variables a lo largo del año y en ocasiones lleva más de $3m^3/s$, no obstante, como se ha estudiado, suele llevar caudales en torno a $1m^3/s$ y no es natural que un tramo del río lleve únicamente el caudal ecológico durante 8 horas y durante las 8 horas siguientes lleve $3m^3/s$, además del ecológico. Por lo tanto, es probable que fuera necesario construir dicho contraembalse para regular aguas abajo el caudal que se devuelve al río, con lo que los costes de construcción aumentarían.

En resumen, el beneficio económico obtenido al trabajar en puntas no compensa el incremento de la inversión debido al recrecimiento del muro, las expropiaciones de las parcelas inundadas y la construcción de un contraembalse. Por lo tanto se opta por hacer una central de agua fluyente y no de regulación.