



4. EJERCICIOS

EJERCICIO 6.1. En un río se está evaluando la construcción de una central hidroeléctrica. Para ello se construirá un embalse de regulación, del que partirá un canal que debe transportar un caudal continuo durante todo el año. Dicho canal finaliza en un embalse de cola para la regulación semanal de la turbinación. Del embalse de cola parten las conducciones forzadas hacia la central hidroeléctrica. La duración de las obras será de 4 años.

Si la tasa de actualización es del 10%, estudiar la rentabilidad de la inversión propuesta. Además, verificar si se obtiene una tasa interna de retorno (TIR) superior o inferior al 10%, considerando los siguientes parámetros:

OBRA	DIMENSIONES	COSTES CONSTRUCCIÓN (€)	PERIODO AMORTIZACIÓN
Embalse de regulación	90 hm ³	600.000 €/hm ³	60 años
Embalse de cola	8,14 hm ³	600.000 €/hm ³	60 años
Canal	34,25 m ³ /s	60.000 €/(m ³ /s)	60 años
Central hidroeléctrica	50.797 MW	600 €/kW	15 años

Los costes de construcción se concentran al comienzo de cada año y los beneficios al final de cada año. Los únicos beneficios provienen de la venta de la energía producida (79.461 MWh) a 7 cents €/kWh.



Para comenzar, calculamos el valor de la inversión inicial y los ingresos generados por la venta de energía:

	DIMENSIONES	COSTES UNITARIOS	COSTES TOTALES (€)	INGRESOS (€)
Embalse de regulación	90 hm ³	600.000 €/hm ³	54·10 ⁶ €	
Embalse de cola	8,14 hm ³	600.000 €/hm ³	4,8·10 ⁶ €	
Canal	34,25 m ³ /s	60.000 €/(m ³ /s)	2,05·10 ⁶ €	
Central hidroeléctrica	50.797 MW	600 €/kW	30,47·10 ⁶ €	
Energía producida	79.461 MWh	0,07 €/kWh		5,56·10 ⁶ €
			91,32·10 ⁶ €	5,56·10 ⁶ €

Nos indican que el periodo de amortización (vida útil) de las obras es de 60 años y de la central 15.

Por tanto, el periodo de actualización (intervalo de tiempo durante el que se realizará la evaluación económica del proyecto) a considerar será el mínimo común múltiplo de los periodos de amortización de los diferentes componentes del proyecto:

$$\text{m.c.m. (15 años, 60 años)} = 60 \text{ años}$$





Tema 6. Economía del agua

Inversión inicial → Dado que la obra se realiza en 4 años, repartiremos el coste total de inversión ($91,32 \cdot 10^6$ €) en dicho periodo de tiempo.

$$C_{inv} = \frac{91,32 \cdot 10^6}{4} = 22,83 \cdot 10^6 \text{ €}$$

Como menciona el enunciado, estos costes de inversión se concentran al comienzo del año.

Gastos de explotación → Una vez que se realiza la construcción, los gastos a realizar serían los relativos a explotación y mantenimiento, que en este caso no se consideran (0 €).

Gastos por reposición del equipo de turbinación → Se indica que el periodo de amortización de estos elementos es de 15 años, por lo cual, transcurrido ese tiempo se realizará una reposición de los equipos, igual a su coste inicial ($30,47 \cdot 10^6$ €)

Ingresos por venta de energía → En un año se producen 79.461 kWh de energía, vendiéndose a 0,07 €/kWh por lo que se tiene un beneficio anual de $5,56 \cdot 10^6$ €

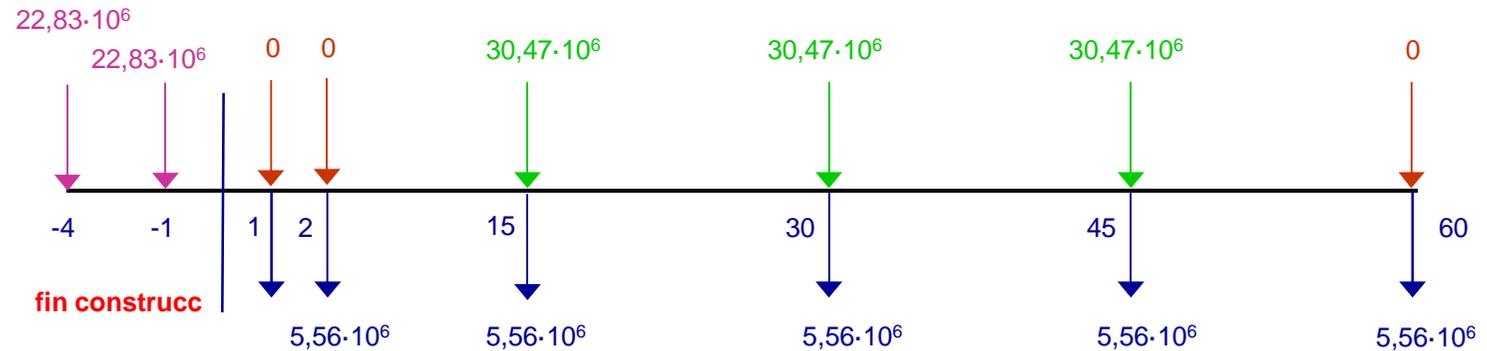
En el esquema de la página siguiente indicamos el conjunto de factores que intervienen:





PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 6. Economía del agua



Planteamos el cálculo del VAN en el año -4 (año origen de la inversión), siendo éste la diferencia entre el beneficio y el coste del proyecto:

$$VAN = B - C$$

En primer lugar obtenemos el **beneficio bruto total (B)** que es la capitalización de los beneficios obtenidos en el año de terminación de las obras (año 0):

$$B = b \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n}$$

$$B = 5,56 \cdot 10^6 \cdot \frac{(1+0,1)^{60} - 1}{0,1 \cdot (1+0,1)^{60}} = 55,41 \cdot 10^6 \text{ €}$$



A continuación actualizamos el valor obtenido del beneficio (B) al año origen de la inversión (año -4).

$$B = 5,56 \cdot 10^6 \cdot \frac{(1+0,1)^{60} - 1}{0,1 \cdot (1+0,1)^{60}} \cdot \frac{1}{(1+0,1)^4} = 37,84 \cdot 10^6 \text{ €}$$

A continuación, obtenemos el **coste total (C)** que es la suma de todos los costes (inversiones + gastos periódicos + otros gastos).

Comenzamos con la inversión. Debemos actualizar las inversiones realizadas en los años -3, -2 y -1 al año -4 que es el de referencia:

$$I = 22,83 \cdot 10^6 \left(1 + \frac{1}{1,1} + \frac{1}{1,1^2} + \frac{1}{1,1^3} \right) = 86 \cdot 10^6 \text{ €}$$

Actualizamos los gastos de reposición de las turbinas al año -4, teniendo en cuenta que estos se producen en los años 15, 30 y 45 de la vida útil de la instalación (la inversión inicial incluye el primer gasto del equipo de turbinación)

$$G_{turb} = 30,47 \cdot 10^6 \left(\frac{1}{1,1^{19}} + \frac{1}{1,1^{34}} + \frac{1}{1,1^{49}} \right) = 6,4 \cdot 10^6 \text{ €}$$



Por tanto, el coste total será igual a $92,4 \cdot 10^6$ ($86 \cdot 10^6 + 6,4 \cdot 10^6$)

Finalmente obtenemos el $VAN = B - C$ en el año -4 (comienzo de la inversión):

$$VAN = 37,84 \cdot 10^6 - (86 \cdot 10^6 + 6,4 \cdot 10^6) = -54,56 \cdot 10^6$$

Al obtener un valor del $VAN < 0$ podemos afirmar que la inversión no es rentable.

Aplicamos otro criterio, como es la relación beneficio coste, obteniendo un resultado similar:

$$\frac{B}{C} = \frac{37,84 \cdot 10^6}{92,4 \cdot 10^6} = 0,40$$

Esta relación señala que por cada euro gastado se obtiene un beneficio de 0,40 € con lo que se comprueba la escasa rentabilidad de la inversión.

Dado que el TIR es la tasa de actualización que hace el $VAN = 0$, es decir, que los beneficios se igualen a los costes, en este caso es necesario que los beneficios aumenten.

Para aumentar los beneficios hay que bajar la tasa de actualización, por lo que el valor de i será $< 10\% \rightarrow TIR < 10\%$