



**ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO DEL PROYECTO DE
ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA REGADÍO,
EMBALSE BOLLENAR EN RÍO CLARO DE RENGO,
CHILE**

**SOCIOECONOMIC ANALYSIS OF PROJECT
STORAGE FOR IRRIGATION WATER, BOLLENAR
DAM IN RIVER CLARO OF RENGO, CHILE**

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN HIDROLOGÍA
Y GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS**

**Presentado por:
RODRIGO ULISES TORRES DURÁN**

**Dirigido por:
Dr. ALBERTO DEL VILLAR GARCÍA**

Alcalá de Henares, a 30 de junio de 2023

AGRADECIMIENTOS

En especial a mi familia nuclear, por la comprensión y el tiempo entregado para cumplir con los objetivos del máster. Gracias Negrita, Bolita y Poti, los amo.

A mi profesor guía por la claridad en los objetivos y la libertad para desarrollar este TFM. Gracias Alberto.

Y a todos a quienes hacen posible este programa de estudios y a las universidades que lo respaldan. Gracias.

ÍNDICE

1.	RESUMEN.....	1
2.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.1.	Objetivo	3
3.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3
3.1.	Zona de estudio	4
3.2.	Antecedentes técnicos	5
4.	METODOLOGÍA.....	7
4.1.	Análisis Coste-Beneficio	7
4.2.	Valoración de costes y beneficios financieros	7
4.3.	Valoración de costes y beneficios económicos.....	8
5.	RESULTADOS	11
5.1.	Análisis financiero	11
5.1.1.	Costes de inversión.....	11
5.1.2.	Costes de operación	12
5.1.3.	Costes de mantenimiento.....	14
5.1.4.	Beneficios financieros	15
5.1.5.	Resultados análisis financiero	17
5.2.	Análisis económico.....	17
5.2.1.	Costes económicos	17
5.2.2.	Beneficios económicos	20
5.3.	Resultados finales	24
5.4.	Comentarios	24
6.	DISCUSIÓN.....	25
6.1.	Interpretación de los resultados	25
6.2.	Análisis de sensibilidad	26
7.	CONCLUSIONES.....	27

8. BIBLIOGRAFÍA	29
-----------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Costes de inversión embalse y CAE.....	12
Tabla 2 Costes de operación embalse.....	13
Tabla 3 Coste de operación embalse actualizado y CAE	13
Tabla 4 Coste de mantenimiento embalse actualizado y CAE.....	14
Tabla 5 Ingresos anuales por aumento de la demanda de agua	15
Tabla 6 Beneficios netos por aumento incremental del valor de la tierra y CAE	16
Tabla 7 Resumen costes y beneficios Análisis Financiero en CAE	17
Tabla 8 Coste de la calidad del agua embalsada y CAE	19
Tabla 9 Coste por área de inundación y CAE	20
Tabla 10 Beneficio por servicio de agua para riego y CAE	22
Tabla 11 Beneficio anual por servicio de agua para abastecimiento urbano.....	23
Tabla 12 Beneficio por mantenimiento de caudal ecológico y CAE	24
Tabla 13 Resumen Análisis Coste - Beneficio	24
Tabla 14 Análisis de sensibilidad índice relación beneficio-coste	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localización de la zona de estudio.....	5
--	---

TABLA DE ABREVIATURAS

APR	: Agua Potable Rural
MINAGRI	: Ministerio de Agricultura
CNR	: Comisión Nacional de Riego
DOH	: Dirección de Obras Hidráulicas
MOP	: Ministerio de Obras Públicas
CFRD	: Concrete Face Rockfill Dam (Presa de escollera o grava con pantalla de concreto)
CAE	: Coste Anual Equivalente
DAP	: Disposición A Pago
PPA	: Paridad de Poder Adquisitivo
PIB	: Producto Interno Bruto
IPC	: Índice de Precios al Consumidor
INE	: Instituto Nacional de Estadísticas
CLP \$: Peso chileno
€	: Euro
CBR	: Conservador de Bienes Raíces
SISS	: Superintendencia de Servicios Sanitarios
B/C	: Beneficio/Coste

1. RESUMEN

La importancia de la agricultura en Chile, en un escenario de escasez hídrica cada vez más acentuado, es un desafío significativo que están enfrentando todas las regiones del país, y que como es sabido, el agua un recurso vital para el cultivo de alimentos y el mantenimiento de la seguridad alimentaria. Esta escasez se debe a factores como el cambio climático, el crecimiento de la población y la mala gestión del agua.

Para abordar esta problemática, el análisis de alternativas de embalses se ha mostrado como una opción viable. Los embalses permiten almacenar agua durante los períodos de abundancia para su uso posterior en momentos de escasez. Sin embargo, antes de emprender la construcción de un embalse, es necesario realizar análisis socioeconómicos que evalúen la viabilidad del proyecto considerando aspectos como los costes de construcción, mantenimiento y operación del embalse, los beneficios económicos derivados de un suministro seguro de agua para la agricultura, así como los impactos socioeconómicos y ambientales involucrados.

En vista de lo anterior, el presente trabajo se enmarca en analizar la viabilidad del proyecto del embalse Bollenar, utilizando herramientas de análisis financiero y económico donde se aplicarán métodos de valoración para la evaluación de los costes, beneficios y externalidades producidas por el proyecto.

Los resultados obtenidos a partir de ambos análisis permitirán evaluar la viabilidad del proyecto.

A partir de los resultados se presentarán conclusiones sobre la rentabilidad y la factibilidad económica del proyecto, así como recomendaciones para mejorar la evaluación y abordar posibles desafíos identificados.

2. INTRODUCCIÓN

El proyecto de almacenamiento de agua para riego denominado Embalse Bollenar, se presenta como una solución necesaria y urgente a la problemática agrícola que afecta a la Primera Sección del río Claro de Rengo en la Región de O'Higgins.

Este proyecto surge como respuesta a la disminución que ha experimentado el caudal del río en los últimos años, lo que ha generado una grave crisis hídrica en la zona, afectando especialmente a los pequeños agricultores y poblaciones que dependen exclusivamente de los centros de APR asociados a este río. Además, el importante desarrollo agrícola que presenta el sector se ha visto limitado por la falta de obras de regulación que permitan optimizar el manejo de los recursos hídricos.

Lo anterior condujo a que el MINAGRI, por medio de la CNR, hiciera un llamado a licitación pública para el desarrollo de estudios en la zona los cuales propusieran y evaluaran distintas alternativas de embalse, tanto en ubicación como en capacidad de almacenamiento. De esta manera, el estudio de prefactibilidad desarrollado el año 2013 (CNR, 2013) definió que la mejor alternativa de emplazamiento fuera en el sector de Bollenar, motivo por el cual el embalse lleva su nombre. Posteriormente, la DOH organismo perteneciente al MOP, llevo a cabo el estudio de factibilidad en el cual optimizo la tipología y las capacidades del embalse, proponiendo 6 posibles alternativas.

La definición de la mejor alternativa fue garantizada mediante la realización de un estudio socioeconómico a partir del cual se evaluaron las alternativas considerando los costes de la afectación de las obras, el mantenimiento, el tiempo de solución y los riesgos que comprende la solución. La cuantificación de aspectos sociales evaluados en el estudio agrícola, fueron factores determinantes en la elección de la mejor alternativa puesto que entregaron una mayor valoración positiva y generaron menores problemas en el horizonte del proyecto respecto a las otras soluciones.

De esta forma, surge la necesidad de viabilizar esta solución de embalse en el sector de Bollenar, más allá de un análisis coste de inversión y beneficios agrícolas aportados por los estudios desarrollados por la CNR y la DOH, donde se valorizarán otros efectos y externalidades causadas por este tipo de obras.

2.1. Objetivo

El presente trabajo se centra en realizar un análisis financiero y económico para evaluar la viabilidad del proyecto Embalse Bollenar, aportando una visión económica más amplia respecto a los estudios realizados por las entidades gubernamentales de Chile. El objetivo principal es determinar si el proyecto es factible desde el punto de vista financiero y económico, aplicando metodologías de valoración que no han sido contempladas y que permitan evaluar los costes de construcción, operación y mantenimiento, y los posibles beneficios e impactos socioeconómicos que generan los servicios de bien público y las externalidades provocadas por la infraestructura.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en la construcción de un embalse cuya función será la de regular los recursos hídricos de la primera sección del río Claro de Rengo, lo que permitirá almacenar agua durante los períodos de alta precipitación, para su posterior uso en el riego durante la temporada de estiaje.

El embalse permitirá garantizar el abastecimiento de agua para riego de aproximadamente 9.000 ha en la zona. Con esto, el embalse Bollenar contribuirá a la seguridad hídrica de los pequeños agricultores y poblaciones dependientes de los centros de APR, y permitirá el desarrollo agrícola de la zona en condiciones óptimas y sostenibles.

La construcción del embalse requerirá la realización de diversas obras civiles, como la construcción de una presa de tipología escollera o CFRD, un vertedero evacuador de crecidas, obras de desvío y entrega, caminos de acceso y otros elementos que permitirán

garantizar la seguridad de la estructura y el correcto funcionamiento del embalse. Asimismo, se llevarán a cabo trabajos de reforestación y protección del entorno natural del embalse, respaldados mediante un plan de manejo ambiental.

El proyecto embalse Bollenar es de gran importancia para la zona, ya que permitirá enfrentar la crisis hídrica que afecta a la primera sección del río Claro de Rengo, y garantizar el abastecimiento de agua para riego en la zona, contribuyendo al desarrollo sostenible de la agricultura local y mejorando la calidad de vida de las poblaciones que dependen del río para su subsistencia.

3.1. Zona de estudio

La zona de estudio del proyecto se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica del río Claro de Rengo, ubicada en la zona centro norte de la VI región de O'Higgins. El río Claro de Rengo nace en las cercanías de la laguna Los Cristales en la precordillera de los Andes, cuya escorrentía discurre de oriente a poniente hasta confluir en el río Cachapoal a la altura del poblado de Pencahue Abajo, siendo su principal afluente. Se caracteriza por poseer un régimen nivo- pluvial, de mayores caudales en invierno, entre junio y julio, y en la época de deshielos en octubre y noviembre.

En cuanto a la flora, el río presenta formaciones típicas de la zona como el matorral chileno. Por el lado de la fauna, en sus orillas se pueden apreciar garzas, codornices, zorros culpeo, entre otras.

La actividad economía ligada al río esta principalmente dirigida a labores agrícolas, siendo los cultivos que predominan en la cuenca los frutales y viñas, pero también se encuentran grandes plantaciones de maíz, trigo, alfalfa.

El proyecto de embalse se emplazará en las cercanías del sector de Bollenar. perteneciente a la comuna de Rengo, aproximadamente a 17,5 Km aguas abajo del tranque Laguna Los Cristales en el río Claro de Rengo.

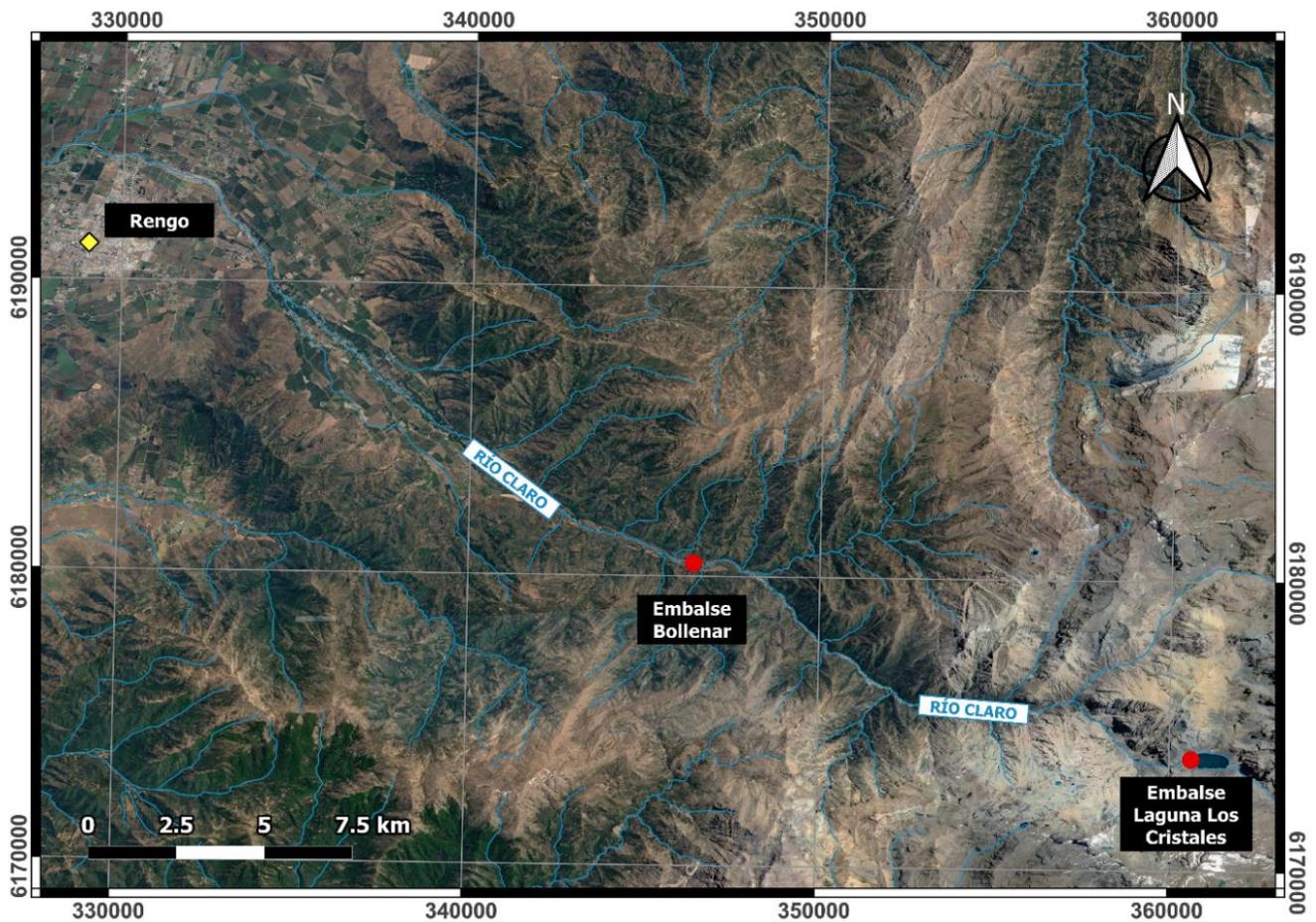


Figura 1 Localización de la zona de estudio.

3.2. Antecedentes técnicos

El proyecto en su conjunto está conformado por la construcción de nuevas obras y el mejoramiento de los canales de regadío de las redes matriz y secundaria.

La principal obra de construcción es el muro de presa, de tipología CFRD mixta o escollera mixta, conformada de enrocado de cantera como de grava fluvial, con un volumen de rellenos de 5.441.000 m³ y una altura de 106,5 m. Esto permitirá el almacenamiento de 59 millones de m³, de los cuales 54,5 millones de m³ corresponden al volumen de regulación para regadío y el restante al volumen muerto. La superficie máxima de inundación es de aproximadamente 143 ha.

Dentro de las denominadas obras anexas del embalse, se tiene la obra de desvío y entrega, compuesta de una ataguía de aguas arriba, a construir en grava provenientes de los yacimientos fluviales, un canalón de entrada para conducir las aguas del desvío hacia el túnel, el portal de entrada, el túnel de entrada del desvío de una longitud de 165 m hasta la caverna de válvulas; obra que alojara la válvula mariposa de corta de la obra de entrega de la presa, el desagüe de fondo, la obra de desvío del río durante la construcción y el tapón de fondo del embalse; el túnel de salida del desvío con una extensión de 291 m hasta el portal de salida y el canalón de salida del desvío el cual se encarga de conducir las aguas desde el túnel hasta su restitución al río. La obra de entrega para el riego se realizará a través del túnel de desvío del embalse.

Por otra parte, también dentro de las obras anexas, se tiene la obra de evacuación de crecidas, concebida por un vertedero frontal de 45 m de ancho que se encontrara ubicado en el estribo derecho de la presa, un rápido de descarga del mismo ancho con una longitud de 280 m y un salto de esquí como estructura de disipación de energía.

A lo anterior, se debe sumar la construcción de dos estaciones fluviométricas para el apropiado manejo de los caudales que entran y salen de la presa, y obras de acceso o caminos los que se adecuaran para ingresar a las obras y mantener la vialidad existente del lugar.

En cuanto a los canales de regadío, para la red matriz se realizarán trabajos de mejoramiento de la geometría y del revestimiento, mientras que para la red secundaria se mejorará la geometría, el revestimiento y las obras de entrega a los usuarios.

Debido a que un porcentaje de la totalidad de las hectáreas regadas por el embalse se encontrarán sobre la cota de riego por gravedad, se requerirán de sistemas de impulsión por bomba para llevar el agua a estos lugares.

Por último, se requerirá de un plan de manejo ambiental, el cual se generará producto de medidas de mitigación de efectos ambientales negativos encontrados durante las fases de construcción y operación del embalse.

4. METODOLOGÍA

El análisis financiero y económico es una herramienta esencial para evaluar la viabilidad y el rendimiento económico de un proyecto de infraestructura hídrica. Esta metodología proporciona una visión integral de los aspectos financieros y económicos que se han de valorar para la toma de decisión sobre la viabilidad del embalse.

4.1. Análisis Coste-Beneficio

El análisis Coste-Beneficio es una metodología utilizada para evaluar proyectos, políticas o decisiones, que consiste en comparar y valorar los costes y beneficios asociados. Su objetivo principal es determinar si los beneficios esperados de una acción justifican los costes incurridos.

El análisis coste-beneficio proporciona información clave para la toma de decisiones informadas, al permitir evaluar las implicaciones financieras y socioeconómicas de diferentes opciones. Ayuda a identificar los proyectos más rentables, maximizando los beneficios para la sociedad o la organización y optimizando la asignación de recursos limitados. Además, puede ayudar a evaluar el impacto de las externalidades y a tomar medidas para minimizar los costes y maximizar los beneficios a largo plazo.

4.2. Valoración de costes y beneficios financieros

El análisis financiero es una herramienta que se utiliza para evaluar la rentabilidad de un proyecto desde la perspectiva de una entidad individual, ya sea un propietario o una compañía. Este tipo de análisis se enfoca exclusivamente en contabilizar los flujos de caja, es decir, los costes y beneficios en forma de efectivo que se generan a lo largo del proyecto, sin considerar el origen o naturaleza de estos. Esto significa que incluso si una parte de los flujos proviene de subsidios o impuestos, estos se considerarán como beneficios o costes para el inversor, respectivamente (Arrojo, 1998).

El objetivo principal es evaluar la capacidad del proyecto para generar ingresos en efectivo y determinar su rentabilidad en función de esos flujos. No obstante, es relevante mencionar que el análisis financiero no toma en cuenta los costes y beneficios que no son valorados por el mercado. Esto incluye aspectos sociales y ambientales que pueden estar asociados al proyecto, pero que no se reflejan en términos monetarios. Estos valores intangibles, como el impacto en la comunidad local o la sostenibilidad ambiental, no se consideran en el análisis financiero tradicional.

Es importante tener en cuenta estas limitaciones al realizar un análisis financiero, ya que, si bien proporciona información valiosa sobre la rentabilidad desde la perspectiva de un inversor privado, no captura todos los aspectos y efectos del proyecto en su totalidad.

Para la obtención de los costes financieros del proyecto, los cuales comprenden los costes de inversión, operación y mantenimiento del embalse, se ha de remitir a los valores proporcionados en el estudio de la DOH, al igual que para el horizonte temporal de operación, la vida útil de las obras y tasa de descuento.

En base a la tasa de descuento indicada, se expresarán los costes de inversión, operación y mantenimiento en función del CAE.

Por otra parte, los beneficios financieros se estimarán en base a los datos entregados por el estudio de la DOH que no fueron valorados directamente en ingresos, como el aumento de la demanda de agua y el aumento incremental del precio de la tierra a partir de los predios que pasaran a tener una seguridad de riego mayor al 85%, o en otras palabras, que pasaran de seco a regadío según el proyecto.

Finalmente, la suma de los costes y beneficios involucrados nos entregara el coste total financiero del proyecto.

4.3. Valoración de costes y beneficios económicos

El análisis de tipo económico se construye desde la perspectiva de la inversión pública, buscando el desarrollo de la economía y la justificación del uso de los recursos necesarios

en el aumento del bienestar de la sociedad (Arrojo, 1998). Los costes y beneficios para este tipo de análisis provienen de los servicios de uso público y de las externalidades provocadas por el proyecto en la zona, que derivan en efectos no cuantificables debido a que no generan ingresos o pérdidas monetarias tangibles. Por lo tanto, podemos hablar de externalidades positivas cuando los efectos que se generan han de aumentar el bienestar social, mientras que las externalidades negativas generan efectos que repercuten en el menoscabo del bienestar de la sociedad.

Muchas de las externalidades que se suscitan por la construcción y operación de un embalse, están asociadas a impactos de tipo ambiental, haciéndose necesaria su estimación económica, lo que también incluye los posibles beneficios ambientales que se generan. Por este motivo y con la finalidad de cuantificar estos efectos, se realiza su valoración económica a través de métodos de valoración.

Por un lado, están aquellas metodologías que se basan en la observación indirecta de los mercados existentes, interpretando las señales del mercado sobre los bienes que se vinculan con el servicio o externalidad ambiental que se está analizando.

Entre los métodos indirectos se encuentran los siguientes:

- Método de los costes hedónicos

Se basa en la idea supuesta de complementariedad de un conjunto de atributos de mercado. En sí, pretende explicar el valor de un bien, conformado por una serie de atributos, en función de cada uno de ellos y sus valoraciones de mercado. En otras palabras, ha de identificar la importancia relativa de cada atributo en el valor asignado por el mercado a un bien, con lo cual es posible determinar cómo cambiará dicho valor al variar la cantidad en que se encuentra presente cada uno de los atributos, lo que en consecuencia permite predecir precios.

- Método de los costes de viaje

Se basa en la valorización de un bien ambiental mediante la utilización de los gastos que realizan las personas para llegar a un lugar o recurso natural, tales como el coste

de desplazamiento, tiempo de viaje, equipamiento, valor de entrada al lugar. De esta forma se puede obtener una medida de la disposición a pagar por las características de un cierto lugar.

Una segunda línea de metodologías se caracteriza por la creación de mercados ficticios o artificiales, a partir de los cuales se extrae información directa de precios para la valoración de los servicios o externalidades ambientales.

Entre los métodos directos se encuentran:

- Método de valoración contingente

Se basa en la formulación de una encuesta a un grupo objetivo sobre la valoración de un bien medioambiental. El método se va construyendo en función de las respuestas entregadas por los individuos en términos de la cantidad máxima que pagarían o su DAP por la compra del bien. Generalmente el valor medio es el escogido para valorizar el bien.

- Método de precios de mercado

Como su nombre lo indica, se basa en la utilización de estudios de mercado, uso de estadísticas y de la observación directa para asignar el precio al bien ambiental en análisis.

En ciertos casos, para poder cuantificar las externalidades se acudirá a referencias de estudios internacionales donde se hayan medido perjuicios o beneficios similares empleando técnicas de valoración económica como las que se han presentado en este trabajo.

Además, cabe señalar que para aquellas valoraciones de externalidades en las que se emplea un DAP de un estudio donde el grupo objetivo o población en análisis sea de otro país, se debe actualizar el DAP en función de la PPA de ambos países. La PPA es un modelo de referencia general que se utiliza para medir la capacidad de compra de la moneda de un país respecto a otra, con el fin de establecer las diferencias relativas en torno al poder de adquisición de bienes. La comparación se realiza considerando los PIB de cada país en

función del coste de vida, utilizando como moneda común el dólar.

Por último, una vez obtenida la valorización monetaria correspondiente a los servicios y/o externalidades bajo análisis, se complementará a los costes y beneficios financieros para determinar la viabilidad socioeconómica del proyecto de embalse Bollenar.

5. RESULTADOS

En el presente capítulo se procederá con la aplicación las metodologías previamente descritas para valorizar y evaluar los costes y beneficios tanto financieros como económicos, cuyos resultados permitirán dirimir la viabilidad del proyecto. Para la actualización de los resultados se utilizarán los datos de la variación que experimenta el IPC informado por el INE de Chile (www.ine.gob.cl), salvo que sea indicado otro tipo de actualización. Los resultados serán expresados en CAE y utilizando como tipo monetario el Peso Chileno (CLP \$) y el Euro (€). al día 15 de junio de 2023 el cual se valorizó en \$866,02 CLP según el Banco Central de Chile (www.bcentral.cl).

En cuanto a la tasa de descuento a emplearse, esta se ha definido en un 12% y el periodo de amortización en 30 años según el estudio de factibilidad (DOH, 2022).

5.1. Análisis financiero

5.1.1. Costes de inversión

El proyecto de embalse se ha de construir en base al conjunto de obras y mejoramientos presentados a continuación, donde se ha considerado para la vida útil del proyecto el horizonte temporal para el periodo de amortización definido en este capítulo, con excepción de las obras de embalse y red de canales que tendrán una vida útil de 50 años. Para la determinación del coste del embalse actualizado, se ha utilizado la variación experimentada por el IPC. Los costes de inversión se presentan en la siguiente tabla junto con el resultado en CAE.

- Variación IPC febrero 2020 – mayo 2023: 26,0 %

Tabla 1 Costes de inversión embalse y CAE

Nº	Actividad u obra	Costes de inversión (CLP \$)	Costes de inversión actualizados (CLP \$)	Vida Útil (años)	CAE (CLP \$)	CAE (€)
1	Instalación de faenas	689.000.000	868.140.000	30	107.774.075	124.448
2	Habilitación de terreno	1.645.000.000	2.072.700.000	30	257.312.559	297.121
3	Presa	41.004.000.000	51.665.040.000	50	6.221.331.736	7.183.820
4	Obra de desvío y entrega	8.649.000.000	10.897.740.000	50	1.312.269.490	1.515.288
5	Vertedero	8.714.000.000	10.979.640.000	50	1.322.131.615	1.526.676
6	Caminos y estaciones fluviométricas	3.110.000.000	3.918.600.000	30	486.469.336	561.730
7	Plan de manejo ambiental	2.577.000.000	3.247.020.000	30	403.096.939	465.459
8	Mejoramiento red matriz	3.827.000.000	4.822.020.000	50	580.651.560	670.483
9	Mejoramiento canales derivados	7.025.000.000	8.851.500.000	50	1.065.868.097	1.230.766
10	Sistema de bombeo	2.096.000.000	2.640.960.000	30	327.858.434	378.581
	COSTE DIRECTO	79.336.000.000	99.963.360.000			
11	Gastos Generales y Utilidades (45 %)	35.701.000.000	44.983.260.000	30	5.584.386.425	6.448.334
12	Contingencia	17.970.000.000	22.642.200.000	30	2.810.885.523	3.245.751
	SUBTOTAL	133.007.000.000	167.588.820.000			
13	Expropiaciones	7.179.000.000	9.045.540.000	30	1.122.946.420	1.296.675
	TOTAL	140.186.000.000	176.634.360.000		21.602.982.210	24.945.131

5.1.2. Costes de operación

Los costes de operación se estimaron en base a la revisión y análisis de los costes operacionales de los principales embalses construidos en Chile mediante el financiamiento estatal del Decreto con Fuerza de Ley N° 1.123, lo que incluyó la información de los procesos de licitación y adjudicación de las consultorías de operación y vigilancia de los embalses que seguían en propiedad del estado, entre los cuales estaban el embalse Ancoa, Chacrillas, Valle Hermoso y El Bato, y los costes declarados en las memorias anuales de las Juntas de Vigilancia de algunos embalses que ya estaban en traspasados y en manos de los

regantes, como el embalse Puclaro y Corrales (DOH, 2022). Con esta información, en la tabla siguiente se presentan los costes anuales de operación.

Tabla 2 Costes de operación embalse

Descripción	Unidad	Cantidad	Costes	
			PU (CLP \$)	Total (CLP \$)
Profesionales				
Administrador del embalse	mes	12	3.700.000	44.400.000
Encargados de operaciones				
Técnico en construcción	mes	12	2.500.000	30.000.000
Técnico electromecánico	mes	12	2.500.000	30.000.000
Topógrafo	mes	12	3.000.000	36.000.000
Alarife	mes	12	950.000	11.400.000
Guardias de seguridad	mes	72	850.000	61.200.000
Asesorías y técnicos ocasionales				
Especialistas	día	24	475.000	11.400.000
Técnico ocasional	día	24	190.000	4.560.000
Seguridad Industrial (visita semanal)	día	52	170.000	8.840.000
Movilización				
Camionetas (incl. combustible y mantención)	mes	24	1.900.000	45.600.000
Bote a motor (incl. combustible y mantención)	mes	12	550.000	6.600.000
Elementos de oficina				
Elementos de oficina	mes	12	120.000	1.440.000
COSTE DIRECTO				291.440.000
Gastos Generales y utilidades (38%)				110.747.200
TOTAL ANUAL				402.187.200

El coste total de operación ha de actualizarse mediante la variación del IPC, por lo que se obtiene el siguiente coste de operación actualizado y su expresión en CAE:

- Variación IPC febrero 2020 – mayo 2023: 26,0 %

Tabla 3 Coste de operación embalse actualizado y CAE

Coste de operación anual actualizado (CLP \$)	Coste de operación anual actualizado (€)
506.755.872	585.155

5.1.3. Costes de mantenimiento

Los costes de mantenimiento se han estimado considerando que equivalen al 0,5% de los costes directos del valor de inversión para las obras que se presentan a continuación:

- Presa
- Obra de desvío y entrega
- Vertedero
- Caminos y estaciones fluviométricas
- Mejoramiento red matriz
- Mejoramiento canales derivados
- Sistema de bombeo

Por lo tanto, se tiene que los costes de mantención y su expresión en CAE son los siguientes:

Tabla 4 Coste de mantenimiento embalse actualizado y CAE

Obra	Costes de inversión actualizados (CLP \$)	Costes de mantención (CLP \$)	Horizonte temporal (años)	CAE (CLP \$)	CAE (€)
Presa	51.665.040.000	2.583.252.000	30	320.694.352	370.308
Obra de desvío y entrega	10.897.740.000	544.887.000	30	67.644.265	78.109
Vertedero	10.979.640.000	548.982.000	30	68.152.633	78.696
Caminos y estaciones fluviométricas	3.918.600.000	195.930.000	30	24.323.467	28.086
Mejoramiento red matriz	4.822.020.000	241.101.000	30	29.931.160	34.562
Mejoramiento canales derivados	8.851.500.000	442.575.000	30	54.942.879	63.443
Sistema de bombeo	2.640.960.000	132.048.000	30	16.392.922	18.929
TOTAL	93.775.500.000	4.688.775.000		582.081.678	672.134

5.1.4. Beneficios financieros

- Beneficios por el aumento de la demanda de agua

Remitiéndonos al estudio de factibilidad (DOH, 2022), se ha valorizado este efecto en función de las transacciones de agua realizadas mediante compraventas para derechos de aprovechamiento de agua para uso consuntivo efectuadas en la zona del proyecto. De esta manera se estimó el valor del agua alcanza un valor de \$687.000 CLP por cada litro por segundo (l/s) de aprovechamiento, el que fue actualizado por el estudio en el año 2020 a \$854.519 CLP.

Por otra parte, el estudio indica que la demanda bruta de agua por hectárea en el mes de máxima demanda (enero) es de 0,82 litros por segundo (l/s/ha) y que la cantidad de hectáreas que pasarán producto del embalse a tener una seguridad de riego mayor al 85% serán cerca de 3.387 ha. Con lo anterior, se obtuvo que la demanda de agua producto de las tierras que serán regadas por el embalse o, más bien, de aquellas que pasaran de seco a riego es de 2.777 litros por segundo (l/s) al mes.

Con el valor del agua por cada litro por segundo y la demanda de agua obtenida, se obtiene el valor de los ingresos anuales generados por el aumento de hectáreas regadas, cuyo valor se presenta a continuación junto con su actualización en función de la variación de la UF:

- Variación IPC febrero 2020 – mayo 2023: 26,0 %

Tabla 5 Ingresos anuales por aumento de la demanda de agua

Ingresos (CLP \$)	Ingresos actualizados (CLP \$)	Ingresos actualizados (€)
7.119.000.000	8.969.940.000	10.357.659

Los ingresos presentados consideran los 3 meses del año de mayor demanda en los cuales se requiere de riego diario en Chile (diciembre, enero y febrero).

- Beneficios por el aumento incremental del valor de la tierra

Al igual que el beneficio anterior, los valores de este efecto se han obtenido a partir del estudio de factibilidad (DOH, 2022), donde se estimaron los beneficios netos en función de del precio por hectárea de la tierra en situación tanto de riego como secano y las hectáreas que pasarán producto del embalse a tener una seguridad de riego mayor al 85%.

Para aquello, se estimaron los valores medios de la tierra (\$/ha) por provincias, considerando aquellas cercanas al proyecto y que estuviesen asociadas a predios cuyo desarrollo agrícola fuese medio-alto (zonas de riego), y aquellas asociadas a predios con un menor desarrollo agrícola (zonas de secano). La diferencia entre el valor de una hectárea de riego y una de secano aplicada a las 3.387 nuevas hectáreas que pasaran de secano a riego, resulta en la obtención del beneficio neto del proyecto. No obstante lo anterior, el estudio de factibilidad (DOH, 2022) analizó 2 escenarios para la obtención de este diferencial o incremento, de los cuales se obtuvo una valorización de \$7.253.340 CLP y otro de \$12.255.974 CLP, motivo por el cual se determinó utilizar en el presente trabajo el promedio entre ambos precios, cuyo valor es de \$9.754.657.

Entonces, considerando las hectáreas que pasaran de riego a secano y aplicando el valor incremental de la tierra o diferencial, se obtiene el beneficio neto del proyecto, el cual se presenta a continuación junto con su actualización en función de la variación del IPC y el CAE respectivo:

- Variación IPC febrero 2020 – mayo 2023: 26,0 %

Tabla 6 Beneficios netos por aumento incremental del valor de la tierra y CAE

Beneficio neto (CLP \$)	Beneficio neto actualizado (CLP \$)	Horizonte temporal (años)	CAE (CLP \$)	CAE (€)
33.039.023.259	41.629.169.306	30	5.167.997.339	5.967.527

5.1.5. Resultados análisis financiero

En la siguiente tabla se presentan los resultados anuales de los costes y beneficios financieros evaluados:

Tabla 7 Resumen costes y beneficios Análisis Financiero en CAE

Análisis financiero	CLP \$/AÑO	€/AÑO
Costes de inversión	21.602.982.210	24.945.131
Costes de operación	506.755.872	585.155
Costes de mantenimiento	582.081.678	672.134
Beneficios por aumento de la demanda de agua	8.969.940.000	10.357.659
Beneficios por aumento incremental precio de la tierra	5.167.997.339	5.967.527

El análisis financiero resultante muestra que el valor de la inversión del proyecto es superior a los beneficios obtenidos producto de la ejecución del embalse, lo que no estaría justificando su ejecución. Sin embargo, este primer análisis debe ser contrastado con la valorización de los servicios originados y las externalidades provocadas por la construcción del embalse, información que permitirá determinar la viabilidad de la obra.

5.2. Análisis económico

5.2.1. Costes económicos

i. Calidad del agua embalsada

La valorización económica de esta externalidad se basa en como el cambio de las condiciones del agua producto de la construcción del embalse puede resultar en una implicancia negativa o positiva para los habitantes que habitan aguas abajo de dicha obra. En vista de las múltiples implicancias que se suscitan en la entrada en operación de un embalse, que han sido indicadas en el estudio de factibilidad (DOH, 2022), el efecto de la calidad del agua embalsada se considera una externalidad negativa y por ende un coste económico.

Los principales problemas que afectan directamente la calidad de las aguas y que se han de manifestar producto de la operación del embalse son las siguientes:

- Sedimentación: es implícita de los embalses y se asocia a los volúmenes muertos considerados en el volumen total de almacenamiento. Se ha estimado que el valor máximo de sedimentos totales afluentes al embalse en 50 años, considerando sólidos en suspensión y el arrastre de fondo, es de 4.452.000 m³.
- Riesgo de disminución del oxígeno disuelto y eutrofización: la acumulación de agua y su estancamiento por un tiempo prolongado, estimado en 6 a 7 meses, provocará la disminución de parámetros como el oxígeno disuelto, lo cual puede traer consigo el aumento de la probabilidad de eutrofización al pasar de un sistema léntico a lotico.
- Deterioro del ecosistema dependiente de cauce aguas abajo: el caudal controlado por embalse que escurrirá hacia aguas abajo provocará un cambio permanente en el régimen de escurrimiento del río Claro, al pasar este de un sistema lótico a léntico, alterando el hábitat tanto de la fauna terrestre como acuática y la pérdida de especies de esta última. Además, muchas de las actividades económicas que son dependientes del río también se verán afectadas, haciendo de su permanencia algo incierto como el desarrollo de la actividad ganadera.

Entonces, para valorizar esta externalidad, se ha de emplear la metodología de valoración contingente utilizando como apoyo el estudio de “Valoración económica de los beneficios ambientales de no mercado derivados de la mejora de la calidad del agua: Una estimación en aplicación de la Directiva Marco del Agua al Guadalquivir” (Martín-Ortega et al., 2009), el cual aplica esta metodología para obtener mediante encuestas la DAP de la población afectada sobre la mejora de la calidad del agua. Para ello, se hará uso de los resultados obtenidos de la DAP por agua mejorada de “buena calidad”, cuyo valor es de 31,79 euros por hogar al año. El valor de la DAP para agua de “muy buena calidad” fue desestimado debido a que la calidad del agua embalsada proveniente de un afluente natural no puede tener una calificación de muy buena si esta se compara con aguas que son tratadas y cuyo destino es la población.

Ahora bien, como la DAP escogida es representativa de la población afectada del país en el cual se realizó el estudio, que para este caso es España, se debe de actualizar la DAP para emplearse en Chile mediante el uso de la PPA. Esto se logra utilizando los registros del PIB per cápita de cada país informados por el Banco Mundial (<https://datos.bancomundial.org/>), con los cuales se obtendrá un factor de conversión. Entonces, se tiene que el PIB per cápita de España, según el valor informado por el Banco Mundial en el año 2021, es de 30.103, 5 dólares, mientras que el PIB per cápita de Chile para el mismo año es de 16.265,1 dólares. Por medio del cociente entre el PIB de España y Chile, es que se obtiene el factor de actualización del DAP, cuyo valor es de 1,85, el cual ajusta de 31,79 a 17,18 euros el valor del agua de buena calidad por hogar al año.

Con la DAP actualizada a Chile, solo queda estimar la población representativa sobre la cual aplicar este valor. Debido a que la población afectada perteneciente a la cuenca del río Claro se concentra casi en su totalidad en la comuna de Rengo, es que se escoge su población como representativa para la cuantificación de la externalidad. Según el último Censo realizado en el año 2017 por el INE de Chile, la comuna de Rengo posee una población total de 58.825 habitantes. Además, y según el mismo Censo, se tiene que el tamaño promedio de personas por hogar es de 3,1, lo cual resulta en un número aproximado de 18.976 hogares en la comuna de Rengo. Por lo tanto, el coste por la externalidad evaluada y su CAE respectivo, queda representado en la siguiente tabla:

Tabla 8 Coste de la calidad del agua embalsada y CAE

Coste calidad del agua embalsada (€)	Coste calidad del agua embalsada (CLP \$)	Horizonte temporal (años)	CAE (CLP \$)	CAE (€)
9.780.230	8.469.875.131	30	1.051.481.278	1.173.628

ii. Área de inundación

Esta externalidad fue valorizada en el estudio de factibilidad (DOH, 2022) pero no fue representada como un coste económico, pasando a ser parte implícita del coste de las expropiaciones, actividad incorporada en el coste de inversión del proyecto.

Por tal motivo, es que determinará su valorización como coste económico, pero no será incorporada como tal ya que, como se dijo anteriormente, se encuentra implícita dentro de los costes de inversión. En primer lugar, para la determinar el valor considerado por esta externalidad, se debe definir cuál es el área de inundación que el proyecto de embalse ha determinado según su proyección. Para este caso, el proyecto considera una superficie de inundación máxima de 143 ha. A continuación, se debe conocer cuál es el valor de la tierra inundada por el embalse. El estudio de factibilidad (DOH, 2022), aplicando una metodología de precios hedónicos, realizó la recopilación de los valores de expropiación de terrenos ubicados en cuencas aledañas y en sectores cercanos al estudio, la que fue complementada con los registros que posee el CBR regional, determinado una valorización de terreno para predios urbanos y rurales. Debido a la naturaleza del terreno en el cual se genera la inundación, se escoge el valor obtenido para predios rurales, el cual es de \$24.280.323 CLP por hectárea.

Por lo tanto, el coste asociado a esta externalidad, actualizado en base a la variación del IPC y su respectivo CAE, queda definido como sigue:

- Variación IPC febrero 2020 – mayo 2023: 26,0 %

Tabla 9 Coste por área de inundación y CAE

Coste área inundada (CLP \$)	Coste área inundada actualizado (CLP \$)	Horizonte temporal (años)	CAE (CLP \$)	CAE (€)
3.472.086.189	4.374.828.598	30	543.107.223	627.130

5.2.2. Beneficios económicos

- i. Suministro de servicio de agua: uso agrícola

Este beneficio fue cuantificado en el estudio de factibilidad (DOH, 2022), por lo que se remitirá a este para obtener sus resultados. Sin embargo, es importante describir como se obtuvo dicha valoración.

Para la determinación del valor de los beneficios provenientes del servicio de agua para riego, se desarrolló un completo estudio agroeconómico en el cual se determinaron los flujos de los beneficios agrícolas netos para los predios y su expansión al área beneficiada, considerando para tal efecto el análisis de 2 situaciones en función de la existencia y la no existencia del proyecto de embalse:

- Situación sin proyecto o actual optimizada

Esta situación es aquella en la cual se optimiza la situación actual mediante un conjunto de acciones tendientes a efectuar cambios en la actividad agropecuaria del área, sin incluir en ellas la realización de las obras planteadas en el proyecto del embalse y cuya inversión no puede superar el 5% de las inversiones efectuadas en la situación con proyecto. En este sentido, esta situación supone que los cultivos que se desarrollan en el área de influencia a lo largo del horizonte temporal del proyecto son susceptibles de sufrir un mejoramiento implementando programas de asistencia técnica y capacitación. Para lograr aquello se incorporan mejoras en el manejo del cultivo, fertilización, uso de semillas de mejor calidad, entre otras. Con ello se busca que los rendimientos de los cultivos se incrementen y por ende mejoren la situación actual.

- Situación con proyecto o futura

Esta situación corresponde a la proyección mejorada de las condiciones actuales del área en estudio debido al incremento en la seguridad de riego y de la superficie regada producto de la construcción del embalse. Esto permite suponer un desarrollo agrícola de tipo intensivo e integral que abarque múltiples cultivos en función de las condiciones del suelo y clima de la zona. Al igual que la situación actual optimizada, esta situación se apoya en la implementación de programas de asistencia técnica y capacitación, que permitan a los beneficiarios aumentar la potencialidad productiva de sus predios, mejorando el nivel tecnológico y, por consiguiente, la rentabilidad de los rubros.

Entonces, para cuantificar el beneficio agrícola, en primera instancia y para ambas situaciones se deben obtener los márgenes brutos que se determinan a través de la diferencia entre los ingresos producidos por la actividad agropecuaria del área de estudio y sus respectivos costes operacionales. Esto permite obtener los márgenes para cada año que

abarca el horizonte temporal de operación y para cada tamaño de estrato o predio beneficiado. Al sumar los márgenes por predio, se obtienen los flujos netos totales por año, los que se traen a valor neto presente, aplicando la tasa de descuento del 12%. A continuación, se presentan los valores del margen neto de ambas situaciones.

- Margen neto presente situación actual optimizada: \$-70.546.704.156 CLP
- Margen neto presente situación futura: \$410.441.787.399 CLP

Por lo tanto, la diferencia entre estos dos márgenes nos entrega el valor del beneficio asociado al servicio de agua para riego, el que se presenta a continuación junto con su actualización en función de la variación de la IPC y el CAE respectivo.

- Variación IPC febrero 2020 – mayo 2023: 26,0 %

Tabla 10 Beneficio por servicio de agua para riego y CAE

Beneficio servicio de agua para riego (CLP \$)	Beneficio servicio de agua para riego (€)	Horizonte temporal (años)	CAE (CLP \$)	CAE (€)
606.045.499.359	699.805.431	30	75.236.704.933	86.876.406

ii. Suministro de servicio de agua: abastecimiento urbano

El presente beneficio no fue cuantificado por el proyecto, lo cual lo hace atractivo desde el punto de vista social y económico, en cuanto existe una localidad importante aguas abajo junto con la embotelladora de agua mineral de mayor producción en Chile como es The Coca-Cola Company bajo su producto Vital de Chanqueahue.

Para valorizar este beneficio, se obtienen los datos de la población comunal que pertenecen a la población urbana a partir de la información recabada en el censo realizado en el año 2017 por el INE de Chile y del consumo medio de agua por habitante junto con la tarifa de agua de la empresa sanitaria que dota de agua a la zona, que en este caso es ESSBIO S.A., información entregada por la SISS (www.siss.gob.cl). A continuación, se presentan los datos recabados:

- Población de la comuna de Rengo: 58.825 habitantes
- Porcentaje comunal de población urbana: 72,76 %
- Consumo medio por habitante año 2022: 15,4 m³/hab/mes
- Tarifa de agua cargo al habitante ¹: \$630 CLP/m³

Por lo tanto, con estos datos se obtiene el beneficio total anual por el uso de agua abastecida por el proyecto, el cual se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 11 Beneficio anual por servicio de agua para abastecimiento urbano

Beneficio servicio de agua para abastecimiento (CLP \$)	Beneficio servicio de agua para abastecimiento (€)
4.983.071.774	5.753.992

iii. Mantenimiento de caudal ecológico

Debido a la naturaleza del proyecto, se hace imprescindible la valorización de este ítem, sin embargo, no se tiene información que sustente su cuantificación. Dada esta situación, se determinó utilizar la metodología de valoración contingente, estimando un valor a pagar por los habitantes de la zona por el beneficio que se genera.

Un valor razonable a pagar por habitante beneficiado se estima en \$5.000 CLP, suma que podría optimizarse con la realización de encuestas o estudios de mercado pero que es conservadora en vista de la condición económica del país.

Entonces, al aplicar este pago sobre la población beneficiada correspondiente a la población de la comuna de Rengo, se obtiene el beneficio estimado, el cual se presenta a continuación:

¹ Se escogió la tarifa variable promedio entre el periodo punta y no punta.

Tabla 12 Beneficio por mantenimiento de caudal ecológico y CAE

Beneficio mantenimiento caudal ecológico (CLP \$)	Beneficio mantenimiento caudal ecológico (€)	Horizonte temporal (años)	CAE (CLP \$)	CAE (€)
294.125.000	339.628	30	36.513.753	42.163

5.3. Resultados finales

De la recopilación de todos los costes y beneficios cuantificados, tanto financieros como económicos, se obtiene el siguiente cuadro resumen:

Tabla 13 Resumen Análisis Coste - Beneficio

Análisis	Coste / Beneficio	CAE (CLP \$)	CAE (€)
Financiero	Costes de inversión	21.602.982.210	24.945.131
	Costes de operación	506.755.872	585.155
	Costes de mantenimiento	582.081.678	672.134
	Beneficios por aumento de la demanda de agua	8.969.940.000	10.357.659
	Beneficios por aumento incremental precio de la tierra	5.167.997.339	5.967.527
	Coste calidad agua embalsada	1.051.481.278	1.214.154
Económico	Coste área inundada	0	0
	Beneficio servicio de agua para riego	75.236.704.933	86.876.406
	Beneficio servicio de agua para abastecimiento	4.983.071.774	5.753.992
	Beneficio mantenimiento caudal ecológico	36.513.753	42.163
COSTES TOTALES		23.743.301.038	27.416.574
BENEFICIOS TOTALES		94.394.227.799	108.997.746

5.4. Comentarios

Dentro del análisis de beneficios y costes asociados al proyecto, se descartaron ciertos efectos que probablemente en un proyecto de embalse cualquiera no se obviarían. Tal es el caso de la laminación de avenidas, el turismo y la hidro generación. En el primer caso, tanto el estudio de prefactibilidad (CNR, 2013) como de factibilidad (DOH, 2022) descartaron con justificación el beneficio por daño evitado debido a los escasos registros de inundaciones que se tienen, los cuales fueron mitigados con la construcción y mantención de otras obras

fluviales. En cuanto al turismo, el embalse en su concepción está destinado al riego, lo cual no es atractivo considerando que en las épocas de verano este probablemente no tendrá agua o será un lodazal. En función de lo anterior, la hidro generación no es rentable para el inversor, al no poder generar energía eléctrica en los meses de invierno (no hay caudal pasante).

6. DISCUSIÓN

Con de los resultados obtenidos en el capítulo anterior y para ayudar a la comprensión de estos, se llevará a cabo un análisis de sensibilidad en el cual se evaluarán diferentes escenarios de rentabilidad en función de la modificación de ciertas variables. Para tal efecto, se determinará un indicador de rentabilidad sobre el cual se realizarán estas variaciones.

6.1. Interpretación de los resultados

En primer lugar, definimos la rentabilidad del proyecto mediante la relación beneficio – coste (Guzmán, 2004), calculando el cociente entre los beneficios y los costes totales del proyecto (B/C). El valor obtenido de B/C se interpreta de la siguiente forma:

- Si $B/C > 1$ indica que los beneficios superan los costes, por consiguiente, el proyecto es rentable.
- Si $B/C = 1$ indica que no existen ganancias, por lo que su rentabilidad no está garantizada.
- Si $B/C < 1$ indica que los costes superan a los beneficios, por lo tanto, el proyecto no es rentable.

Entonces, para los costes y beneficios totales obtenidos, la relación beneficio - coste es la siguiente:

$$\frac{B}{C} = \frac{94.394.227.799}{23.743.301.038} = 3,98$$

Por lo tanto, el proyecto es declarado rentable.

6.2. Análisis de sensibilidad

Con el indicador de rentabilidad definido, es posible realizar un análisis de sensibilidad aplicando distintos porcentajes de variación directamente sobre el indicador entre un rango a establecer.

En nuestro caso, para el valor obtenido de 3,98, se analizará su sensibilidad aplicando variaciones porcentuales, en un rango de -25% a +25% en intervalos de 5%, sobre sus variables, o sea, los beneficios y costes totales del proyecto. En base a lo anterior, en la siguiente tabla se presentan los resultados:

Tabla 14 Análisis de sensibilidad índice relación beneficio-coste

B/C	Beneficios totales											
	Variación	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Costes totales	-25%	3,98	4,24	4,51	4,77	5,04	5,30	5,57	5,83	6,10	6,36	6,63
	-20%	3,73	3,98	4,22	4,47	4,72	4,97	5,22	5,47	5,71	5,96	6,21
	-15%	3,51	3,74	3,98	4,21	4,44	4,68	4,91	5,14	5,38	5,61	5,85
	-10%	3,31	3,53	3,75	3,98	4,20	4,42	4,64	4,86	5,08	5,30	5,52
	-5%	3,14	3,35	3,56	3,77	3,98	4,18	4,39	4,60	4,81	5,02	5,23
	0%	2,98	3,18	3,38	3,58	3,78	3,98	4,17	4,37	4,57	4,77	4,97
	5%	2,84	3,03	3,22	3,41	3,60	3,79	3,98	4,16	4,35	4,54	4,73
	10%	2,71	2,89	3,07	3,25	3,43	3,61	3,79	3,98	4,16	4,34	4,52
	15%	2,59	2,77	2,94	3,11	3,28	3,46	3,63	3,80	3,98	4,15	4,32
	20%	2,48	2,65	2,82	2,98	3,15	3,31	3,48	3,64	3,81	3,98	4,14
	25%	2,39	2,54	2,70	2,86	3,02	3,18	3,34	3,50	3,66	3,82	3,98

Para las variaciones obtenidas, se puede ver que el indicador B/C es más sensible a una variación al disminuir los costes. Además, al comparar un escenario de máximo beneficio – mínimo coste versus mínimo beneficio – máximo coste, se aprecia que el escenario que maximiza los beneficios es mucho más sensible. Esto se puede explicar por la mayor valorización monetaria que tienen los beneficios sobre los costes, que queda de manifiesto en el alto valor de la relación beneficio-coste.

En síntesis, se puede inferir que la rentabilidad del proyecto es mayor cuanto menor sean los costes financieros.

7. CONCLUSIONES

A partir de los resultados de costes y beneficios obtenidos, la rentabilidad calculada y el análisis de sensibilidad realizado, se ha concluido lo siguiente:

- El análisis coste – beneficio entregó los resultados de los costes y beneficios totales del proyecto, los que fueron contrastados por el indicador de relación beneficio – coste para determinar que el proyecto es rentable y por lo tanto viable. En cierta forma, la viabilidad del proyecto está en línea con el estudio de factibilidad (DOH, 2022), cuya rentabilidad es positiva, pero en un margen menor.
- Respecto al punto anterior, al analizar solamente los costes y beneficios considerados por el estudio de factibilidad (DOH, 2022) y aplicando el indicador de rentabilidad de relación beneficio – coste, se tiene que la rentabilidad del proyecto (índice de 3,32) es un 20% menor en comparación con el análisis realizado en el presente trabajo con la incorporación de nuevos elementos de valoración tanto positivos como negativos (índice de 3,98).
- Al comparar los costes y beneficios financieros, se puede ver que la componente inversión, operación y mantenimiento en su conjunto era mayor a los ingresos obtenidos por el proyecto, lo que desde el punto de vista del inversor no era rentable, comprometiendo la viabilidad del embalse a los beneficios económicos generados por servicios de bien público y externalidades.
- Los beneficios económicos provenientes del servicio de agua para uso en riego son los que entregan la rentabilidad en casi su totalidad al proyecto, por lo que cualquier otra mejora entregará un mayor valor agregado al embalse. Esto ratifica porque el proyecto en sus etapas anteriores de estudio ha desestimado otros tipos de uso, que solo complicarían su operación en vista del alto potencial agrícola que entrega la zona.

- Es importante mencionar y comentar acerca de los últimos acontecimientos que se han suscitado en estos últimos días de junio en Chile, producto de eventos meteorológicos que hay provocado el desborde de ríos en varias regiones del centro-sur del país y en particular en la zona del proyecto con el río Claro de Rengo. Hasta antes de este episodio climatológico, los estudios realizados, incluyendo el presente trabajo, no registraban antecedentes de caudales de crecidas cuantificables. En la actualidad, estamos en presencia de situaciones de incerteza producto del constante cambio que experimenta el clima, y es por esta razón que muchos de los estudios hídricos a realizarse en el futuro deben considerar metodologías pioneras que absorban actualizaciones periódicas de eventos inusuales que cada vez se harán más frecuentes. El desborde del río Claro es una muestra evidente que la laminación de avenidas en el proyecto de embalse es una variable que debe analizarse, cuya estadística de caudal que se registre prontamente seguramente hará posible su valoración.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Arrojo, P. (1998). *Análisis económico de coste-beneficio del proyecto de construcción del embalse de Castrovido y de la gran zona regable del Arlanza*. Zaragoza: Departamento de Análisis Económico - Universidad de Zaragoza, España.
- CNR. (2013). *Estudio de Prefactibilidad "Mejoramiento del sistema de riego en río Claro de Rengo, Región de O'Higgins"*. Santiago: Ministerio de Agricultura, Chile.
- DOH. (2022). *Estudio de Factibilidad "Construcción embalse Bollenar en la primera sección del río Claro de Rengo, Región de O'Higgins"*. Santiago: Ministerio de Obras Públicas, Chile.
- Guzmán, F. (2004). *Introducción a la Ingeniería Económica*. Bogotá: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia.
- Ortega, J., Berbel, J., y Brouwer, R. (2009). *Valoración económica de los beneficios ambientales de no mercado derivados de la mejora de la calidad del agua: una estimación en aplicación de la Directiva Marco del Agua al Guadalquivir*. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 65-89.