



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACTULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANÁLISIS EX POST EN PROYECTO DE RIEGO
EMBALSE CHACRILLAS

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
INDUSTRIAL

MATÍAS OSVALDO CÁCERES PALMA

PROFESOR GUÍA:
EDUARDO CONTRERAS VILLABLANCA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
RAÚL URIBE DARRIGRANDI
ÓSCAR SAAVEDRA ALLENDES

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Dirección de Obras Hidráulicas
del Ministerio de Obras Públicas del Gobierno de Chile

SANTIAGO DE CHILE

2020

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE:** Ingeniero Civil Industrial.
POR: Matías Osvaldo Cáceres Palma
FECHA: 21/09/2020
PROFESOR GUÍA: Eduardo Contreras V.

ANÁLISIS EX-POST EN PROYECTO DE RIEGO EMBALSE CHACRILLAS

La construcción de un embalse es una obra de gran magnitud que requiere de un trabajo ingenieril de alta envergadura y complejidad. El impacto que puede tener un proyecto de este tipo dentro de una localidad es relevante, ya que por lo general son construidos con el fin de generar riego para cultivos agrícolas en épocas de sequía o para la generación de electricidad; sin embargo, en la mayoría de los casos estos proyectos presentan complicaciones dentro de su etapa de construcción, lo que se traduce en un aumento de costos con respecto al presupuesto original, así como también en cambios en la calidad final de la construcción y en la postergación de la fecha de término.

El Embalse Chacrillas no es la excepción: ubicado en el valle de Putaendo, Región de Valparaíso, desde su inicio de construcción en el 2011 ha presentado diversas complicaciones. El proyecto, que hasta el término de su construcción presentó aumentos de costos del orden del 79,5% más de lo acordado en el contrato, estaba planificado para ser entregado a principios del 2014, pero fue finalmente entregado en el 2017 con 612 días de retraso y todavía algunos problemas. El costo por hectárea regada fue de \$8.136.944, siendo uno de los proyectos de riego más caros ejecutados por el MOP.

Como principal causa de las complicaciones que surgieron dentro de la construcción de la obra se identifica una falta de ingeniería en el proceso de formulación del proyecto, debido a que no se desarrollaron todas las etapas que conforman el ciclo común que siguen este tipo de obras, saltándose las etapas de prefactibilidad y factibilidad. En la misma línea, también se produjeron errores de ingeniería en la certeza de los estudios de suelos que se realizaron en la etapa de diseño, así como también en problemas de planificación en la etapa de construcción del embalse al no cumplir con la nueva regulación ambiental de ese momento.

El siguiente trabajo de memoria consiste en la realización de una evaluación ex post del Embalse Chacrillas, con el fin de obtener conclusiones que permitan identificar lecciones que puedan ser aplicadas para futuros proyectos que sean ejecutados por la DOH.

AGRADECIMIENTOS

Quiero partir agradeciendo a los amigos que conocí en la facultad y que me regalaron tantos momentos y risas que hicieron mucho más amenos mis años de estudiante universitario. Quiero agradecer a Javiera Rojas y Javiera Viñales (refiérase "las javis"), mis primeras amigas mechonas y que gracias a ellas sobreviví plan común.

A los amigos que conocí un día de causalidad en las bancas y con los cuales compartí tantos almuerzos, viernes de carretes e idas a la playa: Scarlett (chicuquita), Dasla, Belu, Samy, Guille, Ivania, Malú, Dani, Gualla Bruno, y Felino.

A mis amigas de Rancagua Carli, Magui, Vane, Nadia, Vale C y Vale M, que aunque la vida nos hizo partir caminos al salir de tan glorioso e inexistente pueblo, cada vez que nos juntamos volvemos a sentirnos como adolescentes de dieciocho y es como si siguiéramos en el colegio.

A mi familia, mis padres Laura y Osvaldo, que desde chico me dieron todo para poder convertirme en la persona que soy hoy. A mis hermanos Diego y Nico, que me orientaron durante mis años universitarios. A mis tías Viviana y Chabela, que cada vez que viajaba me mandaban lleno de comida a la capital. A mis primos, y en especial a la Naty por todo su cariño.

A mis profesores guía y coguía Eduardo y Raúl, que a pesar de las adversidades de la pandemia me pudieron acompañar durante todo este proceso y pudimos sacar este trabajo adelante. A los funcionarios de la DOH que participaron en esta memoria, y que gracias a su disposición y confianza en mí pude obtener toda la información que necesitaba.

A la Naty, mi cuñi, por su preocupación y cariño, por regalarme uno de los mejores veranos antes de hacer la tesis, y por aportar en esta memoria desde su sabiduría geológica.

Por último, pero no menos importante, darle las infinitas gracias a la persona que me acompañó desde el día uno y que me sacó adelante en los momentos más duros. Víctor, doy gracias a la vida por haberte conocido. Muchas gracias por darme los días más felices de mi vida universitaria. Eres un modelo a seguir y te admiro inmensamente. Gracias por ser parte de mi vida, por ser mi partner de viaje, mi mejor amigo y mi amor.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS DE LA MEMORIA	3
3. MARCO TEÓRICO	4
3.1. Glosario de términos utilizados en esta memoria	4
3.2. Estudios de sobrecostos en proyectos de construcción de gran envergadura	6
3.2.1. Proyectos públicos	6
3.2.2. Proyectos privados	8
3.2.3. Teoría del principal-agente o Top Down	9
4. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN EX-POST	20
4.1. Procedimiento para realizar una evaluación ex-post a corto plazo	20
4.2. Variables estudiadas en la evaluación ex-post	22
5. CONTEXTO DE GRANDES PROYECTOS DE RIEGO	24
5.1. Institucionalidad	26
5.2. Marco legal para Obras de Riego y embalses	32
5.3. Ciclo de grandes proyectos de riego	32
6. DESCRIPCIÓN DEL EMBALSE CHACRILLAS Y COMUNA DE PUTAENDO	36
6.1. Descripción del proyecto de Embalse Chacrillas	36
6.2. Zona de influencia	37
6.3. Características de construcción	39
7. EVALUACIÓN EX POST - ETAPA EX ANTE E INICIO DEL PROYECTO	41
7.1. Ciclo de proyecto de riego Embalse Chacrillas	41
7.2. Estudio de diseño	43
7.3. Financiamiento de obras	44
7.4. Presupuesto oficial	45
7.5. Licitación	46
7.6. Adjudicación	47
7.7. Contrato	48
7.8. Conclusiones de la etapa de ex ante del proyecto	49

8. EVALUACIÓN EX POST - ETAPA DE EJECUCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	50
8.1. Problemas en la construcción	50
8.2. Modificaciones del alcance del contrato	51
8.3. Obras complementarias al alcance del contrato	52
8.4. Participación ciudadana y medio ambiente	54
8.5. Conclusiones de la etapa de ejecución de la construcción del proyecto	54
9. EVALUACIÓN EX POST – ETAPA DE CIERRE DE ENTREGA DEL PROYECTO	55
9.1. Recepción provisional de la puesta en marcha	55
9.2. Recepción definitiva de la puesta en marcha	56
9.3. Filtraciones	56
9.4. Funcionamiento	57
9.5. Conclusiones de la etapa del cierre del proyecto	58
10. CONCLUSIONES	59
10.1. Cumplimiento de objetivos	59
10.2. Validez de proyecciones	59
10.3. Nivel de estudio de diseño de construcción poco detallado	61
10.4. Ingeniería insuficiente	61
10.5. Comparación con otros proyectos de embalses de riego.	63
11. RECOMENDACIONES	64
11.1. Respetar ciclo de los proyectos	64
11.2. Importancia de estudios de mecánica de suelo y rocas	66
11.3. Fortalecer conexión entre organismos estatales	66
11.4. Mejorar la validez de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA)	67
12. BIBLIOGRAFÍA	69
13. ANEXOS	71
Anexo 1: Organigrama Ministerio de Obras Públicas.	71
Anexo 2: Organigrama Dirección de Obras Hidráulicas.	72
Anexo 3: Ubicación geográfica de Embalse Chacrillas y su zona de riego.	73

<i>Anexo 4: Metodología utilizada en la evaluación ex-post del proyecto de riego Embalse Chacrillas.</i>	74
<i>Anexo 5: Descripción de instituciones pertenecientes al Ministerio de Agricultura.</i>	77
<i>Anexo 6: Indicadores Demográficos comparativos comuna de Putaendo.</i>	79
<i>Anexo 7: Indicadores de vulnerabilidad, ingreso, desigualdad, educación y mortalidad.</i>	81
<i>Anexo 8: Requisitos técnicos para la inscripción en el registro de consultores del MOP.</i>	83

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Funcionarios de la DOH participantes en esta memoria.	21
Tabla 2: Características de construcción del Embalse Chacrillas.	39
Tabla 3: Presupuesto elaborado en el estudio de diseño.	43
Tabla 4: Presupuesto para proyecto de riego Embalse Chacrillas 2009.	44
Tabla 5: Presupuesto oficial construcción de Embalse Chacrillas.	45
Tabla 6: Ofertas económicas para la construcción del Embalse Chacrillas.	46
Tabla 7: Detalle de oferta económica de empresa OHL para la construcción de Embalse Chacrillas.	47
Tabla 8: Resumen del contrato "Construcción Embalse Chacrillas, Putaendo, V Región de Valparaíso".	48
Tabla 9: Detalles de convenios realizados al contrato original del proyecto de construcción de Embalse Chacrillas.	51
Tabla 10: Contratos referentes a obras anexas a la construcción del Embalse Chacrillas hasta el 2016.	53
Tabla 11: Valores proyectados en la licitación de la obra vs. lo ejecutado realmente.	60
Tabla 12: Actores y responsabilidades en causas de sobre costos y postergación de plazo del proyecto.	62
Tabla 13: Comparación con otros proyectos de embalses de riego.	63
Tabla 14: Ciclo de vida de proyectos.	64

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1: Distribución de la muestra de 245 embalses (1934-2007).</i>	14
<i>Ilustración 2: Localización de grandes embalses de la muestra y sus sobrecostos.</i>	16
<i>Ilustración 3: Distribución de costos y plazos fuera del presupuesto original de la muestra de embalses (N=245).</i>	17
<i>Ilustración 4: Desviaciones de costos por litología, tipo de presa y principal uso.</i>	18
<i>Ilustración 5: Cronología del proyecto Embalse Chacrillas.</i>	37
<i>Ilustración 6: Ubicación del Embalse Chacrillas.</i>	38
<i>Ilustración 7: Ciclo del proyecto Embalse Chacrillas, el cual muestra un salto desde la etapa de perfil al diseño de la construcción del proyecto.</i>	42
<i>Ilustración 8: Evolución de costos de la construcción del Embalse Chacrillas.</i>	52
<i>Ilustración 9: Evolución del grado de incertidumbre durante el ciclo del proyecto.</i>	65

1. INTRODUCCIÓN

La memoria a realizar será en conjunto con el Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP), uno de los 24 ministerios del país. Creado en 1887 por el presidente José Manuel Balmaceda, el MOP cuenta con una Subsecretaría y tres Direcciones generales¹ las cuales son encargadas de realizar las distintas labores que el ministerio posee. Con presencia a lo largo del país, el MOP tiene una Secretaría Regional Ministerial en cada una de las quince regiones de Chile, las cuales a su vez están formadas por Oficinas Provinciales y Direcciones regionales. [\[1\]](#)

Dentro del MOP, se trabajará en específico con la Dirección General de Obras Públicas en la unidad ejecutora Dirección de Obras Hidráulicas, la cual tiene como misión *"proveer de servicios de infraestructura hidráulica las cuales permitan la protección del territorio y las personas además de el óptimo aprovechamiento del agua mediante un equipo de trabajo competente, con eficiencia en el uso de los recursos y la participación de la ciudadanía en las distintas etapas de los proyectos, para contribuir al desarrollo sustentable del País"*. [\[2\]](#)

Por otra parte, la visión de la DOH es la de *"Liderar la provisión de servicios de Infraestructura Hidráulica para el progreso sostenible del país, en el ámbito de aptitudes del MOP, con estándares de calidad, con el uso de un proceso territorial integrado, transparente y participativo, con un equipo humano enlazado, competente, reconocido y comprometido con los objetivos estratégicos de la Institución"*. [\[2\]](#)

Dentro de los objetivos que tiene la Dirección de Obras Hidráulicas en los que se centrará esta memoria, se encuentra el suministro de infraestructura de regadío, el cual permite disponer de agua para incorporar nuevas áreas de riego y/o acrecentar el regadío en lugares ya existentes, con el fin de potenciar la agricultura del sector. Además, la DOH es la encargada de proveer la infraestructura de red, tanto primaria como de soltura final,

¹ La dirección General de Aguas, la Dirección General de Obras Públicas y la Dirección General de Concesiones de Obras Públicas

como también proveer de infraestructura para el manejo de causas, esto con el fin de tener una correcta evacuación y drenaje de lluvias en las zonas urbanas, y así reducir los potenciales daños que podrían ser provocados por ellas, como inundaciones o aluviones. Finalmente, es el encargado de proveer de infraestructura para el suministro de agua potable a las localidades rurales tanto concentradas como semiconcentradas, con el fin de ayudar al incremento de la calidad de vida, mediante el mejoramiento de las condiciones sanitarias de este sector. [2]

El actual director de la Dirección de Obras Hidráulicas es Claudio Darrigrandi Navarro, Ingeniero Comercial de profesión, y tal como se muestra en el anexo 1 el organigrama del ministerio, la estructura de la DOH es netamente vertical, la cual cuenta con dos subdirecciones, la Subdirección de Gestión y Desarrollo y la Subdirección de Agua Potable Rural, además de dos divisiones, la División de Cauces y Drenaje Urbano y la División de Riego. [2]

A grandes rasgos, los productos que tiene la DOH se pueden categorizar en cuatro grandes grupos: obras referentes al drenaje de lluvias, al de suministrar agua potable rural, obras de manejo de cauces y las obras de riego, el cual es donde la memoria estará enfocada.

Dentro del marco normativo del MOP, es importante tomar en consideración el Código de Aguas, normado por el DFL N° 1.122, donde se regula la propiedad y el derecho del aprovechamiento de las aguas, además del DFL N° 1.123 el cual regula el sistema de fomento respecto al manejo de obras de riego las que permiten un mejor aprovechamiento de las aguas.

La Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas en el año 2018, invirtió cerca de US\$ 333 millones de dólares en distintas provisiones de infraestructura de riego, donde destacan embalses, canales, colectores de drenaje de agua lluvias, obras fluviales y de control aluvional entre otros, lo cual está en pos del desarrollo económico y social de Chile, donde son todos los habitantes y empresas del país los que se ven afectados mediante los diferentes proyectos realizados por el MOP. [3]

2. OBJETIVOS DE LA MEMORIA

El **objetivo general** de esta memoria es “realizar una evaluación ex-post del proyecto embalse Chacrillas, con el fin de obtener conclusiones y efectuar recomendaciones que permitan identificar lecciones para futuros proyectos ejecutados por la DOH”.

Los **objetivos específicos** del estudio son:

- 1) Analizar el proceso de licitación y medir el grado de cumplimiento del objetivo inicial del proyecto de Embalse Chacrillas: *“La construcción de un embalse de riego con una capacidad útil de 27 hm³ y que permita el riego de cerca de 7.100 ha con seguridad 85%”*. [\[4\]](#)
- 2) Estudiar metodologías de análisis ex-post existentes. Concluir y realizar una propuesta, mediante la adaptación y combinación de diferentes metodologías, para la evaluación del proyecto.
- 3) Verificar el cumplimiento de las proyecciones realizadas en la etapa de preinversión y examinar las principales causas de desviación del presupuesto original.
- 4) Identificar oportunidades de mejora que puedan innovar en los procesos y que puedan ser implementados como nuevos procedimientos en futuros proyectos ejecutados por la DOH.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. *Glosario de términos utilizados en esta memoria*

Para poder tener un completo entendimiento del trabajo de memoria, es necesario definir algunos conceptos que serán empleados de forma recurrente. A continuación, se definen algunos términos importantes utilizados a lo largo del estudio:

Capacidad útil de embalse:² Volumen de agua de un embalse, entre los niveles mínimo y máximo, en condiciones normales de explotación.

Derecho de Agua:³ El derecho de aprovechamiento de aguas se encuentra establecido en el Código de Aguas, el cual lo define como un derecho real que recae sobre las aguas y consiste en el uso y goce de ellas. El Código de aguas del año 1981 caracteriza los derechos de aprovechamiento de aguas constituidos (concesionales), clasificándolos de acuerdo con tres criterios:

a) **Según utilización de los caudales**, se dividen en derechos consuntivos y no consuntivos. Los consuntivos permiten a su titular consumir totalmente las aguas en cualquier propiedad, y no obliga a restituir las aguas después de ser utilizadas. Por su parte, los no consuntivos obligan al usuario a la restitución del recurso, respetando ciertas exigencias según lo determine la constitución del derecho.

b) **Según la disponibilidad del recurso**, se dividen en derechos permanentes y eventuales. Los primeros permiten el uso del agua según la dotación asignada, mientras que los eventuales facultan al usuario a

² UNESCO. WMO Glosario Internacional de Hidrología (2nd revised ed., 1992)

³ CENTRO DE ANÁLISIS INTELIS. Estudio de levantamiento de línea base embalses (25 de septiembre de 2013)

utilizar el agua sólo en las épocas con caudal sobrante respecto a los demás derechos permanentes asignados.

c) Según el tiempo de uso del recurso, se dividen en continuos, discontinuos y alternados. Los primeros facultan al titular el uso del agua de forma ininterrumpida en el tiempo, mientras que los discontinuos permiten usar el agua sólo durante períodos limitados, determinados por el título. Los derechos alternados son una categoría especial de los discontinuos, en que las mismas aguas se comparten en un orden rotativo entre dos o más legítimos usuarios.

Embalse (Definición RAE): Depósito de agua que se forma de manera artificial. Habitualmente se construye en la boca de un valle, donde a través del cierre de una presa se puede almacenar agua proveniente de un río o arroyo. Por lo general, un embalse tiene como objetivo almacenar recursos hídricos durante el periodo fluvial, para que, durante la época más seca, puedan ser ocupados para el riego de cultivos.

Evaluación ex ante:³ Es el estudio que identifica y proyecta a futuro los flujos de costos de inversión, ingresos y costos de un proyecto de inversión, que permiten calcular indicadores de rentabilidad privada y social (mediante precios sociales) del mismo, y su variación ante cambios en el valor de los supuestos de costo y demanda utilizados (riesgo). Estos indicadores son posteriormente utilizados para tomar la decisión de realizar o no el proyecto con un nivel de riesgo acotado.

Evaluación ex post:³ Es el análisis de los resultados logrados una vez que el proyecto entra en operación, para medir el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos; permite retroalimentar y actualizar las metodologías, parámetros y supuestos del análisis técnico-económico (evaluación ex-ante), para así entregar insumos que permitan efectuar las correcciones tendientes a perfeccionar los procesos y procedimientos de inversión vigentes. La evaluación ex post puede ser de corto, mediano y largo plazo. Los niveles de evaluación dicen relación con la oportunidad de su aplicación y el grado de detalle de la información analizada, cada una de ellas enfocada a objetivos de distinto grado de profundidad. En términos generales, la evaluación ex post a corto plazo se enfoca en evaluar el grado de

cumplimiento del proyecto en términos de construcción, mientras que las evaluaciones a mediano y largo plazo se centran principalmente en evaluar la operación y el impacto del proyecto respectivamente.

Seguridad de Riego (Definición de la Comisión Nacional de Riego):

Es la relación porcentual entre el número de años en que el caudal disponible para el regadío de un área es suficiente para satisfacer su demanda y el número total de años. Dicho período no podrá ser inferior a 30 años consecutivos. Se entenderá que el caudal es suficiente en un año cualquiera del período estadístico si:

- Existe a lo sumo un mes en que la demanda supera al caudal medio mensual disponible originándose un déficit menor o igual al 15%.
- O bien, cuando existen a lo sumo dos meses consecutivos en los cuales se producen déficits, siendo cada uno de estos inferiores o iguales al 10% de las demandas de los meses respectivos.

3.2. Estudios de sobrecostos en proyectos de construcción de gran envergadura

3.2.1. Proyectos públicos

El aumento de los costos en proyectos públicos de gran envergadura, como es el caso de la construcción de un embalse, no es un tema nuevo. Desde el siglo pasado existen diversos estudios que concluyen la globalidad del problema en diferentes obras de construcción.

En un estudio realizado por Joaquim Miranda Sarmiento y Luc Renneboog titulado "Cost Overruns in Public Sector Investment Projects" [5] se analizan diferentes tipos de proyectos públicos que se han realizado alrededor de todo el mundo con el fin de explicar la causalidad de sobrecostos que estos presentan.

Dentro de los estudios analizados, es interesante destacar el caso de S. Morris, 1990; P. Morris & Hough, 1991 en India, donde se analizaron 290 proyectos realizados entre 1980 y 1990, los cuales presentaron una desviación promedio de su presupuesto inicial de un 82%. Entre sus conclusiones, destacan principalmente la falta de planificación e implementación en los proyectos, además de la burocracia que estos poseen.

Uno de los estudios más completos del último siglo es el realizado por Flyvbjerg et al. en 2002. En este se analizaron 254 proyectos relacionados a inversiones que hicieron países de Europa, Estados Unidos y Japón en carreteras, ferrocarriles y puentes entre los años 1910 y 1998. Entre los resultados, se concluye que el sobrecosto promedio de estos proyectos es del 28%, siendo del 45%, 34% y 20% para ferrocarriles, puentes y carreteras respectivamente. Por otro lado, en un estudio hecho por Blanc-Brude, Goldsmith y Valila .2006 - 2009 se encontró un sobrecosto promedio del 24% para proyectos de carreteras en Europa construidas entre 1990 y 2008.

Más adelante, Flyvbjerg en conjunto con Stewart, 2012; investigaron sobre los sobrecostos relacionados a los proyectos de infraestructura de los juegos olímpicos realizados entre los años 1960 y 2012, donde encontraron que existía un sobrecosto del 179%. De esta manera, concluyeron que la infraestructura asociada a grandes eventos es la que presenta mayor desviación, y por lo tanto, es la más arriesgada. Así lo muestra también la evidencia, que sostiene que entre más grande es el proyecto, mayor será la desviación del costo promedio con respecto al presupuesto inicial.

Del análisis hecho, se estima que la desviación promedio de costos para proyectos públicos (de cualquier índole) es del 24%, donde se nota una notable alza en los años electorales, lo cual podría indicar que el gobierno de turno invierte más, y por lo tanto se desvía del presupuesto original, ya que tiene incentivos para acelerar y concluir los proyectos de infraestructura para poder ser inaugurados durante su periodo de mandato.

3.2.2. Proyectos privados

Los proyectos privados de construcción presentan sobrecostos similares a los proyectos públicos, ya que ambos funcionan de manera similar. Al igual que en el caso anterior, la magnitud del desvío de presupuesto varía dependiendo del tipo de construcción.

En un estudio realizado por Hughes, W. Champion y R and Murdoch, J. [6] en 2015 se indica que existe una correlación entre riesgo y costo excesivo en los proyectos, siendo el caso de la construcción el ámbito más arriesgado. En sus análisis, se encuentran diferentes motivos que explican las causas de sobrecostos, dentro de las cuales se destacan:

- **Daños y lesiones a personas y bienes:** negligencia o incumplimiento de la garantía; asuntos no asegurables; accidentes riesgos no asegurables; pérdidas consecuentes; exclusiones, brechas y plazos en la cobertura del seguro.
- **Dirección de gestión y supervisión:** avaricia; incompetencia; ineficiencia, parcialidad; irracionalidad; mala comunicación; errores en documentos, diseños defectuosos; información, consulta o identificación inadecuada de las partes interesadas; cumplimiento de los requisitos legales; requisitos poco claros; elección inapropiada de consultores o contratistas; cambios en los requisitos.
- **Factores externos: regulación ambiental:** política gubernamental sobre impuestos, trabajo, seguridad u otras leyes; aprobaciones de planificación; restricciones financieras; energía o restricciones salariales; costo de guerra o conmoción civil; Daño malicioso; intimidación; disputas industriales.

- **Ley y arbitraje:** retraso en la resolución de disputas; injusticia; incertidumbre debido a registros deficientes o contrato ambiguo; costo de obtener la decisión; hacer cumplir decisiones; cambios en los estatutos; nuevas interpretaciones del derecho consuetudinario.
- **Pago:** retraso en la liquidación de reclamaciones y la certificación; postergación de pagos; límites legales a la recuperación de intereses; insolvencia; restricciones de financiación; deficiencias en el proceso de medición y valor; los tipos de cambio; inflación.
- **Retraso y disputas:** posesión del sitio; suministro tardío de información; ejecución ineficiente del trabajo; retraso fuera del control de ambas partes; disputas de diseño.
- **Trabajos físicos:** condiciones del suelo; obstrucciones artificiales clima; materiales o mano de obra defectuosos; pruebas y muestras; preparación del sitio; insuficiencia de personal, mano de obra, planta, materiales, tiempo o finanzas.

3.2.3. Teoría del principal-agente o Top Down

En el estudio hecho por D. Kahneman, D. Lovallo en 2003 titulado *Delusion of Success* [\[7\]](#), se plantea la teoría de que la mayoría de los problemas que surgen al realizar un pronóstico en un proyecto ocurren debido a que las decisiones se toman con el conocimiento existente dentro de las organizaciones, lo que usualmente está sesgado por optimismo en los resultados o por un comportamiento estratégico afín de obtener los recursos para financiar los proyectos.

Por otra parte, se postula que otro gran factor que altera en gran medida los sobrecostos de los proyectos son los tomadores de decisiones. Al respecto, existen dos tipos: los que tienen buenas intenciones, y los que deciden tomar una postura oportunista. En el primer caso, esta alteración en el presupuesto se puede deber a errores que cometen como falsas ilusiones de éxito (demasiado optimismo) o sesgos cognitivos vinculados a sólo poseer una visión interna del proyecto. En el otro caso, el tomador de decisión puede optar a tomar una postura oportunista para beneficiarse del problema de información que existe entre el agente (quien construye) y el principal (quien licita). En este caso, dado que el agente posee más información respecto al proyecto, tendrá incentivo de sacar provecho de ésta por sobre el principal.

Es por esto que propone un nuevo método de estimación llamado *Reference Class Forecasting*, basado en ocupar proyectos de características similares como referencia para poder situar los resultados de estos en una distribución de probabilidades e intentar predecir qué ocurrirá, es decir, ocupar información externa (*outside view*) para recopilar información como punto de comparación al momento de evaluar un proyecto en vez de la información interna (*inside view*), la cual tiende a estar sesgada, y así poder realizar una buena aproximación a los costos del proyecto. [7]

Además, Kahneman introduce otro término que ayuda a entender los sobrecostos en los proyectos, *Planning fallacy*, el cual hace referencia a la toma de decisiones de los managers basada en falsas de ilusiones de éxito (donde se cree que a largo plazo es mejor), en contraposición a evaluar de manera adecuada los costos y beneficios de las alternativas con sus probabilidades de ocurrencia. La principal causa es debido a que los managers toman decisiones desde una "inside view" o visión interna, en vez de una "outside view" o visión externa. Mientras que los primeros están sesgados por la visión interna de la empresa y los problemas que poseen y que esperan revolver, los tomadores de decisiones con una visión externa poseen un entendimiento más completo del contexto del proyecto, ya que se preocupan de estudiar proyectos similares completados que permiten revelar los posibles resultados con mayor precisión.

El análisis realizado por *Flyvbjerg* busca dar una explicación a las infraestimaciones de los costos a partir de cuatro aristas, la parte técnica, psicológica, económica y política, para así ver cuál es la que mejor se ajusta

a los datos. Dentro de las principales conclusiones, destaca el hecho de que 9 de cada 10 proyectos está infravalorado, este además es un problema global que afecta a todos los continentes y es más pronunciado en los países en vías de desarrollo que en los países desarrollados. La subestimación de costos es un problema que ha ocurrido desde hace 70 años y pareciera no decrecer a través del tiempo, donde pareciera que no hay ningún aprendizaje para mejorar la estimación de costos.

Por otra parte, la conclusión más relevante del trabajo de *Flyvbjerg et al.* es el hecho de que la subestimación de costos que no puede ser explicada por un error se explica de mejor manera como una tergiversación estratégica, es decir, con información falsa o errada. Las implicaciones políticas hacen referencia a que los legisladores, administradores, inversores y representantes de los medios y miembros del público que valoran los números honestos no deben confiar en las estimaciones de costos y los análisis de costo-beneficio producidos por las empresas postuladoras de proyectos y sus analistas.

B. Flyvbjerg, en su publicación *Delusion and Deception in Large Infrastructure Projects: Two Models for Explaining and Preventing Executive Disaster, 2009*. indica que estas mentiras al momento de postular a un proyecto público vienen dadas por los siguientes puntos [8]:

- Diferencias de interés propio de los actores. Estos actúan en beneficio propio.
- Las asimetrías de información, donde los actores, al tener más información que otros, pueden caer en actitudes inmorales y poco éticas.
- Diferentes preferencias por riesgos de los actores involucrados. El principal es averso al riesgo, ya que quiere invertir de forma

segura. Por otro lado, el agente no utiliza sus propios recursos, por lo que no siente ningún compromiso.

- Diferencias en los horizontes de planificación. A un político le interesaría terminar el proyecto en 4 años para que sea inaugurado en su periodo y pueda ser reelecto. En cambio, para los ciudadanos los horizontes son largos.
- Difusa o asimétrica contabilidad, corresponde a que la falta de contabilidad o la escasa transparencia puede derivar en la imposibilidad de responsabilizar a alguien por malos resultados. La falta de claridad en las cuentas ex post de los proyectos puede llevar a que se aprueben proyectos ex ante sin saber en realidad cual es la disponibilidad de recursos y que no maximicen los resultados del principal.

Para evitar que este tipo de engaño estratégico ocurra, se proponen como alternativas de solución para el organismo público la responsabilidad financiera compartida para la licitación de proyectos o simplemente un financiamiento netamente privado del proyecto.

Además, se propone la creación de una "clase de referencia", la cual es un grupo de proyectos con que se comparará el nuevo proyecto. El objetivo es que sean de similares características, por lo que, en grandes proyectos, se sugiere realizar el análisis por partidas, es decir, subdividir el total de la obra en distintos proyectos (ej.: dividir carretera por tramos, puentes, túneles, etc.).

Dado que ya se analizaron las principales razones de por qué existen los sobrecostos en los grandes proyectos a nivel mundial analizando distintas aristas, además de por qué existe a su vez la infravaloración de los proyectos al momento de postular, se procederá a analizar qué es lo que ocurre con los

proyectos que están más relacionados con esta memoria en cuestión, los embalses o presas. Según *Ansar et al, 2014*. dentro de las presas de gran calibre, existe un sobrecosto promedio mundial de un 96%. [9]

A nivel internacional, Chile no es el único país en el que existen sobrecostos en la construcción de embalses. Atif Ansar y Bent Flyvbjerg en su estudio realizado a inicios del 2013, *Should we build more large dams? The actual costs of hydropower megaproject development* [9], se analizan los sobrecostos en la construcción de 245 embalses en 65 países diferentes distribuidos en los cinco continentes, entre los años 1934 y 2007, siendo este el estudio más grande y confiable de su tipo. Del total de la muestra de embalses, 186 proyectos fueron construidos con el fin de hidroeléctrica, mientras que los 59 restantes tuvieron como objetivo el riego de plantaciones, control de inundaciones o suministro de agua. Si bien esta memoria está enfocada en estos últimos, se agregan los primeros para tener una muestra más significativa y así también testear posibles diferencias significativas en costos y plazos de entrega.

Por otro lado, la muestra se distribuye en 219 embalses grandes y 26 embalses gigantes. El standard internacional define los embalses con una muralla mayor a 15 metros como "grandes". A nivel mundial, existen alrededor de 45.000 embalses que son de este tipo. Por otro lado, existen 300 presas en el mundo que son de tamaño monumental; catalogadas como "gigantes", las cuales cumplen con uno de los tres criterios: tamaño mayor a 150 metros, volumen del embalse mayor a 15 millones de m³ o un almacenamiento de la presa mayor a 25 km³.

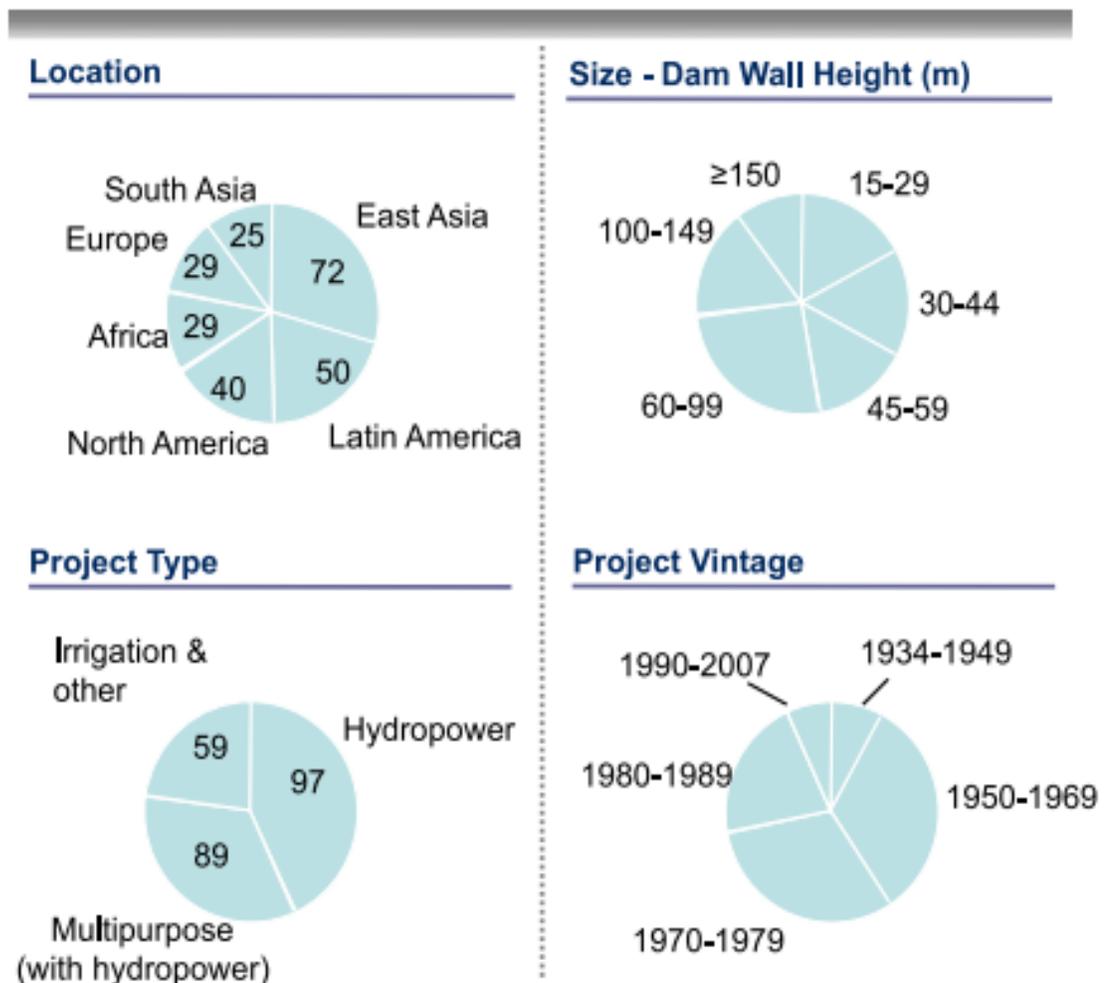


Ilustración 1: Distribución de la muestra de 245 embalses (1934-2007).
 Fuente: B. Flyvbjerg, A. Ansar, A. Budzier, D. Lunn. 2013 «Should we build more large dams? The actual costs of hydropower megaproject development».

Dentro de los resultados que se encontraron en el estudio, se destacan las siguientes observaciones:

1. Tres de cada cuatro embalses sufrieron sobrecostos.

2. Los costos reales fueron en promedio un 96% más alto de lo estimado, con evidencia abrumadora que apunta a que los costos están sistemáticamente sesgados hacia la subestimación de costos.

3. 2 de cada 10 embalses costaron más del doble de lo presupuestado; y 1 de cada 10 costó más del triple.

4. La construcción de embalses a lo largo del mundo sufre de sobrecostos sistemáticos.

5. Los sobrecostos en embalses construidos en América del Norte (n=40) son considerablemente más bajos (M=11%) que los construidos en el resto del mundo (M=104%). También se constató que tres de cada cuatro de los embalses tomados en esta muestra fueron asesorados por firmas norteamericanas en materia económica. Consistente con teorías de anclaje en psicología, se conjetura que esta alianza con la experiencia norteamericana en embalses puede sesgar hacia abajo los costos para el resto del mundo. Expertos pueden estar anclando sus pronósticos a casos familiares en Norteamérica, y no aplicando los ajustes suficientes como, por ejemplo, adecuar de forma correcta el riesgo de la depreciación de la moneda local o la calidad de la gestión local del proyecto. Se postula que, en vez de tratar de replicar de forma optimista el modelo de costos norteamericano, los decididores de proyectos deben enfocarse en considerar la información global de los costos de embalses.

6. El estudio también testeó si es que existen diferencias en el pronóstico de costos para diferentes tipos de proyectos (hidroeléctrica, irrigación o multipropósito), como también en diferentes tipos de represas (terraplén, roca, concreto, etc.). Se llegó a la conclusión de que, estadísticamente, no existen diferencias significativas.

7. Se exploraron también los costos absolutos de grandes presas hidroeléctricas (N=186), las cuales poseen un costo promedio de 1800 millones de USD (2010) con una capacidad promedio de 630 MW. Un MW instalado cuesta en promedio 2.8 millones de USD (2010).

8. Finalmente, se analizó si la estimación de costos ha ido mejorando a lo largo del tiempo. El análisis estadístico sugiere que, independiente del año o de la década de la construcción del embalse, no hay diferencias en el pronóstico de errores. Similarmente, tampoco existe una tendencia lineal que indique una mejora o deterioro en estos pronósticos, es decir, poco se ha aprendido de los errores pasados. Siguiendo la misma lógica, el estudio postula que los pronósticos de costos para grandes presas que se construyen hoy pueden estar tan errados a como lo eran entre el 1934 y el 2007.

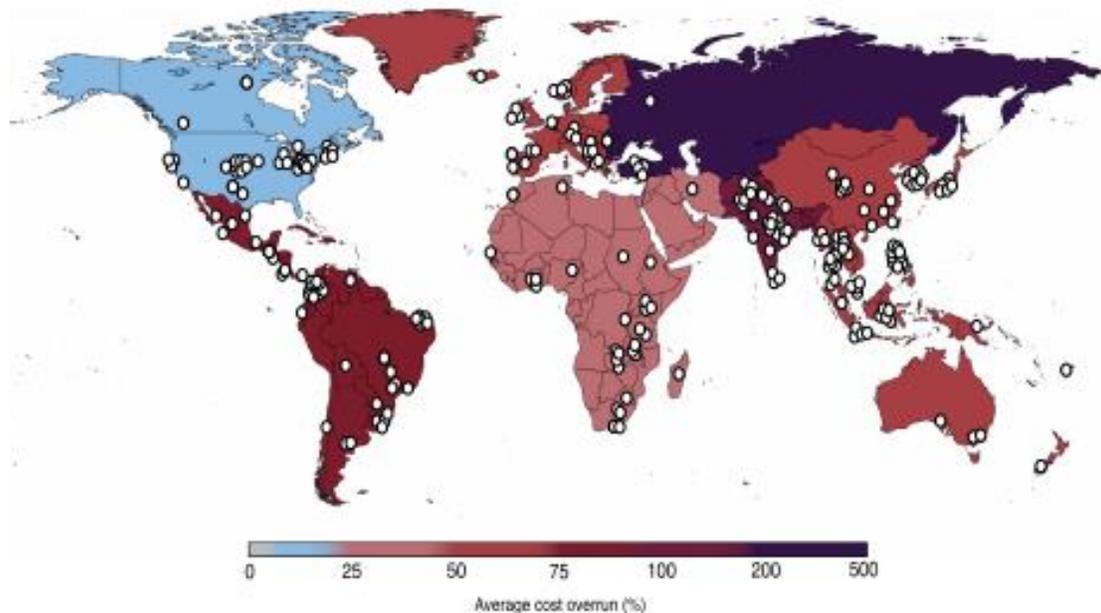


Ilustración 2: Localización de grandes embalses de la muestra y sus sobrecostos.

Fuente: B. Flyvbjerg, A. Ansar, A. Budzier, D. Lunn. 2013 «*Should we build more large dams? The actual costs of hydropower megaproject development*».

Por otro lado, el estudio también contempló el análisis de los plazos de construcción y demoras de entrega de los embalses. Los siguientes puntos fueron sus principales conclusiones:

1. Los embalses grandes toman un tiempo promedio de 8.6 años en construirse.

2. 8 de cada 10 embalses grandes sufren de retrasos en la entrega original.

3. Hay menos variación de sobre plazos de entrega a lo largo del mundo que en sobrecostos. América del Norte presenta un promedio de 27% en sobre plazo de entrega, siendo el mejor país de los analizados. Por otro lado, el sur de Asia presenta un promedio de 83%, mientras que el resto del mundo (en conjunto) presenta un promedio de 42%.

4. Como se muestra en el gráfico, el nivel de grosor de la curva es más delgado que en el caso de sobrecostos. Se concluye que los costos tienen un riesgo mucho mayor a salirse fuera de control en comparación con los sobre plazos de entrega.

5. Finalmente, no se encontró evidencia de que la estimación de fecha de entrega haya mejorado a lo largo del tiempo.

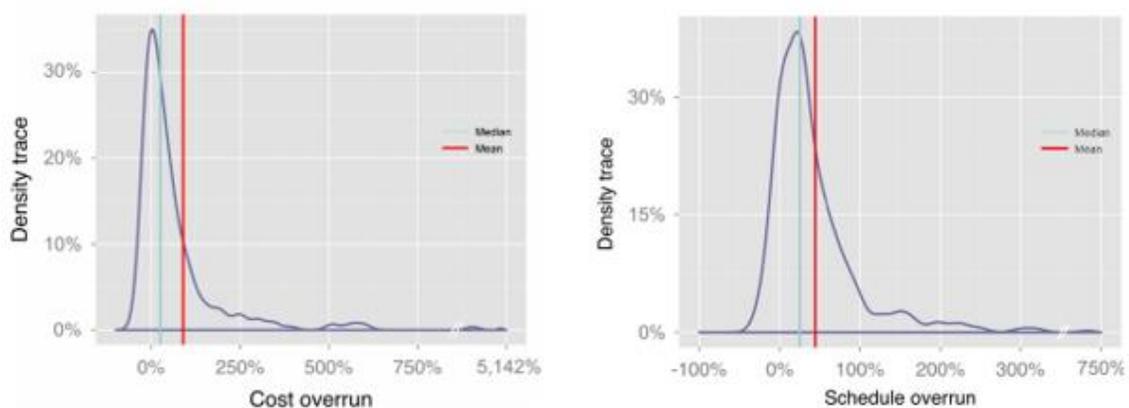


Ilustración 3: Distribución de costos y plazos fuera del presupuesto original de la muestra de embalses (N=245).

Fuente: B. Flyvbjerg, A. Ansar, A. Budzier, D. Lunn. 2013 «Should we build more large dams? The actual costs of hydropower megaproject development».

Por otro lado, en un análisis sobre 98 presas en Australia realizado por C. Petheram, T.A. McMahon, 2019. [10] se tomaron en consideración 138 variables independientes dentro de las cuales se encuentra la característica de la presa y su propósito, el tipo de terreno, además de atributos climáticos. Esto se puede analizar más en detalle en la *Ilustración 4*, donde con respecto a la litología del terreno, es la roca sedimentaria la que presenta el mayor sobrecosto (161%), con respecto al tipo de presa, la presa de materiales sueltos, formada por rocas y tierras sueltas sin cementar, presenta el mayor sobrecosto con un 161%. Por último, con respecto al propósito de este proyecto, las presas de riego son las que presentan la mayor cantidad de sobrecostos con un 222%. [9].

	No.	Mean cost overrun (%)
<i>Lithology</i>		
Regolith	7	149%
Sedimentary [#]	19	161%
Hard rock ¹	14	49%
<i>Dam type</i>		
Earth embankment	8	161%
Rockfill embankment	18	143%
Concrete gravity	11	67%
Concrete arch	3	59%
<i>Primary purpose</i>		
Irrigation	14	222%
Hydropower	2	-13%
Water supply	23	87%
All dams	40	120%

Ilustración 4: Desviaciones de costos por litología, tipo de presa y principal uso.

Fuente: B. Flyvbjerg, A. Ansar, A. Budzier, D. Lunn. 2013 «*Should we build more large dams? The actual costs of hydropower megaproject development*».

Si se generalizan todas las presas, el sobrecosto promedio es de un 120%, con rangos que varían desde un 48% hasta un 825%.

El estudio también hace un análisis de los costos finales de la presa, expresados en 2016 AUD, los cuales varían de \$17 MM a \$1277 MM, con un costo promedio de \$86 MM (equivalentes a \$46.849.428.800 CLP). A su vez, se hace un análisis de los costos por ML (donde ML = 10³ m³) y los costos varían desde los \$393/MLAUD a \$2040/MLAUD, con un costo promedio de \$981/MLAUD (\$534.000 CLP).

Por otra parte, se realizaron distintas regresiones de mínimos cuadrados buscando darle una explicación al costo final de la presa, además del costo/ML, donde fueron 83 las variables consideradas y se consiguió un buen modelamiento con un R^2 ajustado de un 79%. Se sugiere considerar variables similares para el análisis de costos del embalse Chacrillas.

Dentro de las conclusiones estadísticas que se encuentran en el estudio de C. Petheram y T.A. McMahon [\[10\]](#), se destaca el número de años de construcción como una de las principales causantes del sobre costo, mostrando un 42% de variación expresada como una relación del costo estimado, explicado por un retraso en el proyecto o un problema técnico y/o industrial.

4. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN EX-POST

De acuerdo con el marco teórico definido en el capítulo anterior, en esta sección se plantea la metodología para realizar la evaluación ex-post del proyecto de riego Embalse Chacrillas.

4.1. *Procedimiento para realizar una evaluación ex-post a corto plazo*

El procedimiento para realizar una evaluación ex-post a corto plazo consta de las siguientes etapas:

- a) **Recopilación de información de la situación ex-ante:** En esta etapa se busca recopilar la información referente al proceso de preinversión que justifica la ejecución del proyecto. Específicamente, se deben obtener los estudios de perfil, prefactibilidad, factibilidad y diseño del proyecto, según sea la disponibilidad del caso.

- b) **Recopilación de información de la situación ex-post:** Se debe recolectar la información de la situación ex-post de las variables identificadas para realizar la evaluación ex-post a nivel de producto y proceso (ver 4.2.).

- c) **Comparación de la situación ex-ante con respecto a la ex-post:** Una vez recopilada la información ex-ante y ex-post de las variables relevantes, se debe realizar una comparación entre el comportamiento pronosticado y el efectivo observado. Además, se debe verificar el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos al inicio del proyecto.

- d) Estudio y explicación de las diferencias observadas:** Se deben estudiar las diferencias observadas, tratando de identificar las causas que llevaron a que se produjeran dichas diferencias. En esta etapa resulta fundamental realizar entrevistas a la inspección técnica de la obra, a funcionarios relevantes de instituciones públicas relacionadas con el proyecto, la junta de vigilancia o asociación de canalistas, entre otros que puedan entregar información relevante para explicar la causalidad de las diferencias observadas.
- e) Conclusiones y recomendaciones:** Finalmente, la evaluación ex-post debe presentar conclusiones y recomendaciones que sean pertinentes tanto para introducir mejoras en la operación del proyecto, como para retroalimentar el proceso de preinversión de grandes obras de riego.

La mayor parte de la información recolectada ha sido facilitada por la contraparte, así como también ha sido extraída de entrevistas realizadas a distintos profesionales de la DOH. A continuación, en la Tabla 1 se muestran los funcionarios con los que se estuvo en contacto y se realizaron entrevistas.

Tabla 1: Funcionarios de la DOH participantes en esta memoria.

NOMBRE	DEPARTAMENTO	CARGO
Marcela Salinas	Planificación	Analista de Planificación
Camila Contreras	Construcción	Directora Regional Subrogante
Luis Vidal Lagos	Proyectos de Riego	Inspector Fiscal de Consultoría
Emerson Picon Del Aguila	Proyectos de Riego	Inspector Fiscal de Consultoría
Juan González Ortega	Proyectos de Riego	Inspector Fiscal de

		Consultoría
Rafael Vallebuona Stagno	Proyectos de Riego	Asesor técnico Proyectos de Riego
Mario Rosales Montenegro	Construcción	Inspector Fiscal de Obras
Yusef Lidid	Construcción	Jefe de Proyecto

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Variables estudiadas en la evaluación ex-post

Para realizar la evaluación ex-post del Embalse Chacrillas, es necesario definir las variables que son consideradas como posibles factores que implican los sobrecostos y los sobre plazos del proyecto. La información respecto a estas variables se obtiene mediante los datos entregados por el Departamento de Proyectos de Riego, el Departamento de Construcción de Obras de Riego y el Departamento de Diseño de Obras de Riego pertenecientes al MOP, y los datos obtenidos en línea del Banco Integrado de Proyectos (BIP), del MDS.

Las variables propuestas han sido escogidas en conjunto con la contraparte de la DOH de manera consensuada, y con ellas se busca medir las dimensiones de los resultados a nivel de eficacia, calidad, economía y eficiencia, según corresponde. A continuación, se muestran las variables que serán consideradas para la evaluación del proyecto:

a) Presupuesto del proyecto

Corresponde a medir el monto y porcentaje de variación entre el presupuesto inicial y final, en las distintas etapas del ciclo del proyecto, por tipo de obra (obras principales, complementarias, anexas y de interferencia).

b) Sobre plazos de entrega del proyecto

Considera los tiempos proyectados del tiempo total de la construcción del embalse en los estudios de preinversión, como la diferencia entre lo licitado y lo cumplido.

c) Componentes adicionales contratadas en la obra

Corresponde a los gastos adicionales incurridos que no estaban especificados en los estudios de preinversión y en la licitación.

d) Estudios adicionales realizados con respecto al contrato inicial

Corresponde al gasto en estudios adicionales que no estaban contemplados en los estudios de preinversión y en la licitación.

e) Inyecciones adicionales que se implementaron en el embalse

Corresponde a las inyecciones adicionales que no estaban contempladas en los estudios de preinversión y en la licitación.

f) Cambio de profesionales clave del proyecto

Contempla el cambio de profesionales clave del proyecto en sus distintas etapas.

g) Instrumentación

Corresponde al cálculo de instrumentos proyectados en las etapas de diseño y licitación que permiten el buen funcionamiento del embalse, y lo que realmente se necesita para su correcta operación.

h) Porcentaje de asentamiento

Corresponde a la evaluación de la calidad de la obra.

5. CONTEXTO DE GRANDES PROYECTOS DE RIEGO

Una presa de riego es una obra de gran complejidad y envergadura, ya que tiene como principal objetivo aprovechar los recursos hídricos en la época de menor oferta de agua, donde además existe una mayor demanda para el riego de cultivos. Durante la época de lluvia, se puede encontrar agua para riego en ríos y canales sin mayor problema; sin embargo, de no ser por la construcción de un embalse de riego que retenga el agua, esta seguiría su flujo normal perdiéndose en el mar. Además de entregar un bien social a la comunidad agrícola, algunos embalses también fomentan el turismo local estacionario y crean un control sistemático a las crecidas de agua en la época más fluvial.

El proyecto a analizar será el embalse Chacrillas, el cual comenzó su construcción en el año 2011 y fue entregado finalmente en 2017. El objetivo de la obra es potenciar la producción agrícola del valle de Putaendo, el cual dados sus recursos de suelo y clima permite obtener una alta rentabilidad de la actividad agropecuaria; sin embargo, el aprovechamiento eficiente de estos recursos se ha visto frenado por la poca seguridad de disponer oportunamente de aguas para riego, principalmente debido a la inexistente regulación de los ríos Putaendo, Chalcao y Rocín. El embalse Chacrillas busca finalmente regular los caudales del río Rocín, afluente del río Putaendo, para así otorgar una seguridad de riego de un 85%, para un total de 7.100 hectáreas. [\[4\]](#)

El proyecto de construcción del Embalse Chacrillas presenta una variación de más de un 32,7% de lo presupuestado en el Contrato original, y sumando lo gastado en obras anexas a la construcción del embalse (que deben ser contabilizadas ya que forman parte del correcto funcionamiento del embalse), su monto de desviación total asciende a poco menos del 79.5% de lo inicialmente estipulado.

Con respecto al financiamiento de estas obras, según funcionarios del MOP, existe una restricción presupuestaria por el Ministerio, el cual paga a las empresas encargadas de realizar estos proyectos a medida que se cuenta con los recursos, y no de manera inmediata o parcial. Como hipótesis por validar, también se cree que esto provoca un gran atraso en los proyectos, lo cual se traduce en un aumento monetario importante del proyecto, ya que significa

que los trabajadores sean empleados por más tiempo, así como también sucede con el arriendo de maquinarias y la contratación de la mano de obra. Dado lo anterior, el proyecto se tiene que reevaluar, lo que finalmente causa que aumenten los sobrecostos.

Otra hipótesis de causalidad de sobrecostos que se postula, con respecto a la licitación, es que cuando la DOH indica que un proyecto es licitado, este no está bien resuelto, ya que el nivel de ingeniería y los respectivos estudios no son suficientes para empezar la construcción. Los contratistas, al saber esto de antemano, estratégicamente eligen un precio bajo para ofrecerse a realizar el proyecto, dado que saben con certeza que más tarde se le agregaran costos al proyecto que no fueron considerados en el diseño y tendrán más utilidades.

Por otra parte, es importante tomar en cuenta el hecho de que un proyecto de riego de esta magnitud implica la contratación de gran cantidad de maquinaria, la cual sin una buena gestión puede atrasarse y con ello atrasar el proyecto, lo cual genera pérdidas monetarias, molestia con la comunidad, burocracia (necesidad de aumentar los contratos de los trabajadores, por ejemplo), etc.

Para finalizar con las hipótesis de sobrecostos, cabe mencionar que la construcción de un embalse está asociado a contaminación, inundación de ríos y muerte de la flora y fauna local, lo cual implica problemas con el medio ambiente, con el organismo regulador estatal y con la comunidad cercana. Estos eventos, si no son previstos de forma ex-ante, generarán nuevos costos, como multas por irregularidades ambientales, y también aplazamientos para la entrega del proyecto.

5.1. Institucionalidad

En la formulación de un proyecto de riego participan distintas instituciones que son responsables de las distintas etapas del proyecto:

a) Comisión Nacional de Riego

La Comisión Nacional de Riego (CNR) fue creada con el objetivo de coordinar las iniciativas del sector público, con el fin de asegurar el incremento y el mejoramiento de la superficie regada del país. [\[11\]](#)

Está conformada por dos organismos: el Consejo de Ministros, integrado por los titulares de los Ministerios de Agricultura, Hacienda, Obras Públicas, Economía y Desarrollo Social y Familia, y la Secretaría ejecutiva.

El Consejo de Ministros cumple una función conductora y coordinadora de las instituciones del subsector riego y opera en la planificación, evaluación y definición de los proyectos de riego que se le presentan, aprobando la ejecución de las obras de riego que se ejecuten con fondos fiscales. La Secretaría Ejecutiva actúa como organismo asesor del Consejo, ejecutor de los acuerdos y como agencia operativa e institución con funciones privativas en determinadas materias de riego.

Sus principales objetivos son: contribuir a la formulación de la política nacional de riego; mejorar la eficiencia del riego a través de proyectos de desarrollo y transformación productiva; focalizar los esfuerzos hacia el desarrollo de regiones extremas del país y grupos de productores en situación vulnerable; fomentar la inversión privada en obras de riego, mediante la optimización de inversiones y recomendar al Presidente la asignación de subsidios en riego y drenaje; y evaluar la

factibilidad técnica y económica de inversiones en obras rentables de riego de las cuencas hidrográficas del país.

En lo que se refiere a su relación con el sector privado, la CNR apoya la consolidación y el fortalecimiento de las organizaciones, a través de la capacitación y diferentes instrumentos según sus niveles y necesidades, con el objeto de que se conviertan en modernas, participativas y eficientes y realicen una mejor gestión de sus recursos hídricos. [\[12\]](#)

b) Ministerio de Obras Públicas

El Ministerio de Obras Públicas (MOP) es uno de los 24 ministerios del país. Creado en 1887 por el presidente José Manuel Balmaceda, el MOP cuenta con **una Subsecretaría y tres Direcciones generales**: la **Dirección General de Aguas**, que tiene la función primordial de aplicar el Código de Aguas; la **Dirección General de Obras Públicas**, que articula la gestión técnica de los servicios de infraestructura; y la **Dirección General de Concesiones de Obras Públicas**, que administra el sistema de explotación de obras públicas fiscales concesionadas. [\[1\]](#)

El MOP es territorialmente desconcentrado y existe una Secretaría Regional Ministerial en cada una de las quince regiones del país, las que están a su vez conformadas por Direcciones Regionales y Oficinas Provinciales. A nivel nacional son más de 8.700 personas las que trabajan en el Ministerio.

c) Dirección de Obras Hidráulicas

La Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) es una de las unidades ejecutoras de Dirección General de Obras Públicas. Tal como su nombre lo

indica, es la unidad encargada de gestionar las obras públicas referentes a usos de agua.

A grandes rasgos, la DOH trabaja en cuatro grandes grupos: obras referentes al drenaje de lluvias, obras encargadas de suministrar agua potable rural, obras de manejo de cauces y las obras de riego de cultivos. La planificación y construcción de un embalse entra dentro de esta última categoría.

La DOH realiza proyectos de suministro de infraestructura de regadío, con el fin de permitir disponer de agua para incorporar nuevas áreas de riego y/o acrecentar el regadío en lugares ya existentes, con el fin de potenciar la agricultura del sector. Además, la DOH es la encargada de proveer la infraestructura de red, tanto primaria como de soltura final, como también proveer de infraestructura para el manejo de causes, esto con el fin de tener una correcta evacuación y drenaje de lluvias en las zonas urbanas, y así reducir los potenciales daños que podrían ser provocados por ellas, como inundaciones o aluviones. Finalmente, es el encargado de proveer de infraestructura para el suministro de agua potable a las localidades rurales tanto concentradas como semiconcentradas, con el fin de ayudar al incremento de la calidad de vida, mediante el mejoramiento de las condiciones sanitarias de este sector. [\[2\]](#)

d) Dirección General de Aguas del MOP

La Dirección General de Aguas (DGA) es el organismo del Estado que se encarga de promover la gestión y administración del recurso hídrico en un marco de sustentabilidad, interés público y asignación eficiente, como también de proporcionar y difundir la información generada por su red hidrométrica y la contenida en el Catastro Público de Aguas con el objeto de contribuir a la competitividad del país y mejorar la calidad de vida de las personas.

Sus funciones están indicadas en el D.F.L. N° 850 de 1997 del Ministerio de Obras Públicas y referidas a las que le confiere el Código de

Aguas, D.F.L. N° 1.122 de 1981 y el D.F.L. MOP N° 1.115 de 1969. Estas funciones se ejercen a través de su organización, en los Departamentos de: Hidrología, Administración de Recursos Hídricos, Conservación y Protección de Recursos Hídricos, Estudios y Planificación, Legal, Administración y Secretaría General, Centro de Información de Recursos Hídricos, y la Unidad de Fiscalización Externa en formación. [\[13\]](#) [\[14\]](#)

e) Ministerio de Agricultura

El Ministerio de Agricultura, junto con presidir el Consejo de Ministros de la CNR y de dirigir a su Secretaría Ejecutiva, tiene varias instituciones que se relacionan de distinta manera con el subsector riego. Dichas instituciones corresponden a la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). [\[15\]](#)

f) Departamento de Inversiones del Ministerio de Desarrollo Social

El Ministerio de Desarrollo Social (MDS), en conjunto con el Ministerio de Hacienda, es el encargado de administrar el Sistema Nacional de Inversiones, que comprende un conjunto de normas, técnicas y procedimientos que ordenan el proceso inversionista del sector público y cuyo principal objetivo es mejorar la calidad de la inversión pública nacional, asignando recursos a iniciativas de mayor rentabilidad social y económica, de acuerdo con los lineamientos del gobierno. [\[16\]](#)

El MDS, a través del Banco Integrado de Proyectos (BIP) del Departamento de Inversiones, es el encargado de analizar los proyectos de inversión en obras de riego que postulan a financiamiento público en cada una de sus etapas sucesivas (prefactibilidad, factibilidad, diseño y ejecución), y emitir un resultado del análisis técnico económico (RATE). Una vez que un proyecto cuenta con la recomendación favorable (RS) del MDS se puede solicitar al Ministerio de Hacienda la asignación de los recursos para la ejecución del proyecto. [\[17\]](#)

g) Dirección de Presupuesto del Ministerio de Hacienda

El Ministerio de Hacienda tiene como misión «Gestionar eficientemente los recursos públicos a través de un Estado moderno al Servicio de la ciudadanía; generando condiciones de estabilidad, transparencia y competitividad en una economía integrada internacionalmente que promuevan un crecimiento sustentable e inclusivo». [\[18\]](#)

La Dirección de Presupuesto (DIPRES) del Ministerio de Hacienda es el organismo técnico encargado de proponer la asignación de los recursos financieros del Estado, orientar y regular el proceso de formulación presupuestaria y regular y supervisar la ejecución del gasto público. [\[19\]](#)

h) Organizaciones de Usuarios de Agua

En el ámbito del sector privado, es importante el rol que cumplen las Organizaciones de Usuarios de Agua, los que de acuerdo con la legislación chilena son responsables de la distribución de las aguas en relación con los derechos de aprovechamiento constituidos sobre ellas. Existen tres tipos de organizaciones de usuarios para este fin, **Comunidades de Aguas, Asociaciones de Canalistas y Juntas de Vigilancia.** [\[20\]](#)

Conforman una **Comunidad de Agua**, dos o más personas que utilizan aguas de un mismo canal o embalse o usan en común la misma obra de captación de aguas subterráneas. Las personas que se encuentran en la situación descrita pueden reglamentarla y constituirse en Comunidad de Aguas, con el objeto de tomar las aguas, repartirlas entre los usuarios, construir, explotar, conservar y mejorar las obras de captación, acueductos y otras que sean necesarias para su aprovechamiento.

Las personas naturales o jurídicas que poseen derechos de agua de un mismo canal o embalse o que usan en común la misma obra de captación de aguas subterráneas pueden conformar una **Asociación de canalistas**. La misión de esta organización es la de distribuir adecuadamente las aguas del canal u obra, y mantener y administrar la infraestructura de distribución, para lo cual está facultada para cobrar una cuota a sus socios. A las asociaciones de canalistas también le son aplicables las normas legales referidas para el caso de las comunidades de agua.

Las personas naturales o jurídicas y las organizaciones de usuarios que en cualquier forma aprovechen aguas de una misma cuenca u hoyo hidrográfica, podrán organizarse como **Junta de vigilancia**. Estas se constituyen y se rigen por las disposiciones descritas en el Código de Aguas y sus propios estatutos. Del mismo modo, en cada sección de una corriente natural que se considere como corriente distinta para los efectos de su distribución podrá organizarse como Junta de Vigilancia.

Las principales funciones de las Juntas de Vigilancia son: a) Administrar y distribuir las aguas que tienen derecho sus miembros en los cauces naturales; b) Explotar y conservar las obras de aprovechamiento común y realizar los demás fines que le encomiende la ley dentro de su ámbito jurisdiccional; c) Proteger los derechos de sus integrantes, y ejercer las demás atribuciones que le confieren el Código de Aguas y los Estatutos; d) Construir nuevas obras relacionadas con su objeto o mejorar las existentes, con autorización de la Dirección General de Aguas. Una Junta de Vigilancia está conformada sobre la estructura de una corporación de derecho privado que no persigue fines de lucro, y sus órganos de decisión y administración son la Asamblea General, el Directorio y el Presidente del Directorio. Respecto a la gestión de los derechos de aprovechamiento constituidos en las Juntas de Vigilancia, cabe destacar que el total de éstos se divide en acciones que se distribuyen entre los interesados en proporción a sus derechos de aprovechamiento. [\[21\]](#)

5.2. Marco legal para Obras de Riego y embalses

La construcción de grandes obras de riego está regulada por el Decreto de Fuerza de Ley (DFL) N.º 1.123/1981 del Ministerio de Justicia y su Reglamento DS 285/1995 del Ministerio de Obras Públicas, que establece la normativa que rige la ejecución de obras de riego por el Estado en todas sus etapas, desde el anteproyecto hasta el traspaso de la obra a los usuarios.

Por otro lado, la ejecución de las obras públicas realizadas por el sistema de Concesiones se efectúa al amparo de la Ley de Concesiones de Obras Públicas: DECRETO MOP N.º 900 del 31/10/1996 y su reglamento N.º 956 del 06/10/1997.

Finalmente, los subsidios directos a la inversión privada en proyectos de riego y drenaje tanto para obras comunitarias (obras civiles extra prediales para la conducción y distribución de agua y para drenaje), como para obras individuales (tecnificación, puesta en riego y drenaje al interior del predio), se otorgan al amparo de la Ley N.º 18.450 de Fomento a la Inversión Privada en Obras Menores de Riego y Drenaje, para inversiones que tengan el objeto de "... incrementar el área de riego, mejorar el abastecimiento de agua en superficies regadas en forma deficitaria, mejorar la eficiencia de la aplicación del agua de riego o habilitar suelos agrícolas de mal drenaje y, en general, toda obra de puesta en riego, habilitación y conexión".

5.3. Ciclo de grandes proyectos de riego

El Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego [\[12\]](#) estipula las especificaciones que deben seguir los grandes proyectos de riego que son ejecutados por el Estado.

Un proyecto de riego surge desde la problemática que tiene una población para tener una seguridad de riego en sus cultivos. Por lo general, este problema es canalizado por una institución regional, como una

municipalidad o una intendencia, quienes gestionan el perfil del proyecto. Estos estudios son enviados a la CNR, los cuales se encargan de juntar todos los perfiles de los proyectos identificados para realizar el Estudio Integrado de Recursos Hídricos, correspondiente al estudio de prefactibilidad de los proyectos. Este estudio tiene como objetivo mejorar la calidad y la precisión de los antecedentes con los cuales se tomará la decisión de realizar el proyecto.

En esta etapa, la CNR presenta al Consejo de Ministros la cartera con los proyectos que cumplan con los criterios definidos previamente para avanzar a la etapa de Factibilidad, priorizados según VAN, acompañados de otros indicadores socioeconómicos (IVAN, TIR, etc.), descartando las opciones menos efectivas y seleccionando las mejores, que serán entregados a la DOH.

El Consejo de Ministros podrá hacer modificaciones a la priorización de proyectos entregada por la CNR basado en criterios de interés público no incorporados en la evaluación socioeconómica del proyecto, como soberanía geopolítica, intereses étnicos u otros. En cualquier caso, la DOH recibirá una cartera de proyectos priorizados con todos los antecedentes técnicos y de gestión por parte de la Comisión Nacional de Riego para que desarrolle los estudios de factibilidad de dichas iniciativas.

Para obtener el financiamiento para los estudios de prefactibilidad y factibilidad, así como también para las próximas etapas del proyecto (diseño y ejecución), este debe ser evaluado por el departamento de inversiones del MDS, el cual debe otorgar un RATE de Recomendación Satisfactoria (RS) para que el proyecto pueda efectivamente invertir en el estudio de factibilidad, diseño o la ejecución de la obra, según sea el caso. Una vez alcanzado este estado, se debe solicitar al Ministerio de Hacienda los fondos para llevar a cabo el proyecto.

Una vez que la DOH tiene la cartera de proyectos, el Departamento de Proyectos de Riego se encarga de licitar los estudios de factibilidad para evaluar de forma técnica y económica cada uno de ellos. Esta evaluación debe contener estudios específicos por áreas técnicas, evaluaciones socioeconómicas, estudios de análisis ambiental y los antecedentes para integrar a la ciudadanía con el proyecto.

Terminada esta etapa, la DOH junto con la CNR presentan al Consejo de Ministros la cartera con los criterios definidos en la etapa de Factibilidad para avanzar a la etapa de diseño, y que el Consejo de Ministros determine si el proyecto continúa vía el Modelo de Ejecución de Grandes Obras Hidráulicas con Capacidad de Generación o si se desarrolla a través de DFL 1.123 o la Ley de Concesiones.

En el caso de proyectos de riego, este continúa bajo el DFL 1.123, en el cual la DOH vuelve a licitar, esta vez, el estudio de diseño del proyecto. Este documento debe tener, entre otros aspectos, los planos de las obras, las especificaciones técnicas generales y especiales, los planos y antecedentes expropiatorios, presupuestos de las obras, estudio o declaración de impacto ambiental y la difusión y participación ciudadana fuerte.

Luego, para que el Consejo de Ministros apruebe un proyecto para la etapa de ejecución, se requiere la existencia de una organización de usuarios interesados por el proyecto y las modelaciones que le permitan al Consejo decidir sobre la base de criterios técnicos las condiciones para seguir adelante con la obra. Una vez que el Consejo de Ministros define las condiciones de financiamiento se procede a gestionar la firma de escrituras de compromiso de reembolso, conforme a lo establecido en el DFL 1.123. El no cumplimiento de algunos de los requisitos mencionados será causal de postergación del proyecto para su ejecución.

Nuevamente, la DOH, esta vez el Departamento de Construcción de Riego, gestionan la licitación para la construcción del embalse. Para esto, primero realizan una revisión de los antecedentes del diseño del proyecto y sus obras anexas para luego preparar las bases de la licitación. Se llama a licitación, se evalúan las propuestas que les llegaron y se adjudica una empresa constructora. Una vez en esta etapa, se procede a formalizar el inicio del contrario, la entrega del terreno y dar pie a la ejecución de las obras

Durante el período en que se está realizando la obra, se le asigna a esta un inspector fiscal, el cual comúnmente va acompañado de una asesoría de inspección fiscal, los cuales son encargados de fiscalizar constantemente la obra, con una relación periódica y muy estrecha entre el inspector y el encargado del proyecto por parte de la empresa encargada de la realización de estos proyectos.

Cuando un proyecto presenta una variación o desviación en su planificación, lo cual ocurre comúnmente debido a la falta de tiempo, falta de recursos, mala planificación, distintas complejidades del proyecto etc., se realizan resoluciones para aprobar estos aumentos, el cual tiene que ser autorizado por el inspector fiscal. Lo anterior quiere decir que cuando el Ministro de Obras Públicas licita un proyecto por el decreto con fuerza de ley N° 1.123 no lo hace con responsabilidad compartida, sino que lo realiza mediante responsabilidad netamente por parte del estado, es decir, el estado es el que entrega todo el capital paulatinamente para que se realice el proyecto y la empresa privada funciona netamente como empresa contratista y solo se preocupa de ejecutar el proyecto [\[10\]](#).

Luego, cuando se terminan las obras, el Contratista le comunica por escrito al Inspector Fiscal dicho término. Si el Inspector Fiscal verifica en terreno que las obras están terminadas y ejecutadas de acuerdo con lo contratado, solicita al Departamento de Construcción de Riego de la DOH dictar la Resolución de Nombramiento de la Comisión de Recepción Provisoria del Contrato. Esta comisión tiene 20 días para constituirse en terreno y verificar el fiel cumplimiento del Contrato. Si se encuentran observaciones, no se recibe la obra y se le otorga un plazo a la Empresa Contratista para subsanar las observaciones, para luego volver a evaluar. Por otro lado, en caso de que los trabajos efectuados estén de acuerdo con el contrato, se procede a firmar el Acta de Recepción Provisoria. Según lo estipulado en el Contrato, se tiene una garantía de 1 año para verificar su correcto funcionamiento. Terminado este año, el Departamento de Construcción de Riego dicta una Resolución nombrando la Comisión de Recepción Definitiva. De forma similar al caso anterior, si no se encuentran observaciones, o estas son subsanadas por la Empresa Contratista, se procede a firmar el Acta de Recepción Definitiva. Finalmente, se procede a la liquidación de los contratos, y cumplido esto se da por terminado el contrato.

6. DESCRIPCIÓN DEL EMBALSE CHACRILLAS Y COMUNA DE PUTAENDO

6.1. Descripción del proyecto de Embalse Chacrillas

El valle del río de Putaendo se ubica en la V región, 115 km al norte de Santiago. Tiene recursos de suelo y clima que permiten obtener una alta rentabilidad de la actividad agropecuaria. En efecto, dichos recursos facilitan la producción de fruta para exportación y consumo interno del país, lo que ha incentivado en los últimos años el desarrollo de estos rubros. Sin embargo, el aprovechamiento eficiente de estos recursos se ha visto frenado por la poca seguridad de disponer oportunamente de aguas para riego, derivada de la insuficiente regulación del río Putaendo.

El río Putaendo está formado por los ríos Chalaco y Rocín, este último recibe al río Hidalgo como afluente. Ninguno de los nombrados cuenta con regulación y por lo tanto no se puede asegurar el riego del valle Putaendo.

Actualmente el principal sistema de riego de la zona lo constituye el Canal Putaendo, que capta sus aguas desde el río Putaendo a un par de kilómetros aguas abajo de la confluencia del estero Chalaco y del río Rocín.

De acuerdo con el estudio antes mencionado, actualmente se encuentran bajo riego del orden de 6.000 ha. Sin embargo, la disponibilidad hídrica sólo permite regar con seguridad de 85% cerca de 2.200 ha.

Por las razones antes expuestas, las Comisión Nacional de Riego encomendó en 1998 a la Asociación de Profesionales Proyecto Putaendo Ltda., encabezada por la firma Geofun Ltda., el estudio denominado "Estudio Integral de Optimización del Regadío del Valle de Putaendo – V Región". El estudio determinó que la mejor solución para el valle era la construcción de un embalse en el río Rocín, denominado embalse Chacrillas.

El proyecto de Embalse Chacrillas se ubica en la provincia de San Felipe, V Región. Consiste en la construcción de una presa en el río Rocín, ubicado 2,4 km aguas arriba de la confluencia de éste con el estero Chalaco. El embalse tendrá una capacidad útil de 27 hm³ y permitirá el riego de cerca de 7.100 ha (6.000 ha actuales y 1.100 ha nuevas con potencial de cultivo) con seguridad 85%.



Ilustración 5: Cronología del proyecto Embalse Chacrillas.

Fuente: Elaboración propia.

6.2. Zona de influencia

La zona de influencia del embalse Chacrillas se puede definir en base a su propósito principal, el cual es mejorar la regulación de la cuenca o subcuenca del principal río que afecta. En efecto, todos los predios agrícolas, localidades y empresas que se ubiquen al interior de dicha cuenca, verán modificada la continuidad del flujo de agua cruda en el cauce del río, por lo que serán aquellos que reciban el impacto o beneficio directo de la regulación del embalse. En este caso en particular, el principal río afectado corresponde al río Putaendo, por lo que se puede definir la zona de influencia como el espacio territorial ocupado por la cuenca del río Putaendo en la V Región, hasta la confluencia con el Río Aconcagua. Dicha definición coincide, en este caso, con el área de influencia directa del proyecto respecto a los impactos

hidrogeológicos y con el área de influencia indirecta respecto a los impactos hidrológicos (el área de influencia directa hidrológica, según el estudio, corresponde solamente al Río Rocín, desde la zona inundada a la confluencia con el río Putaendo).

En la Ilustración 6 se presenta esquemáticamente la ubicación del Embalse y su zona de influencia (identificada en verde como la zona de riego).

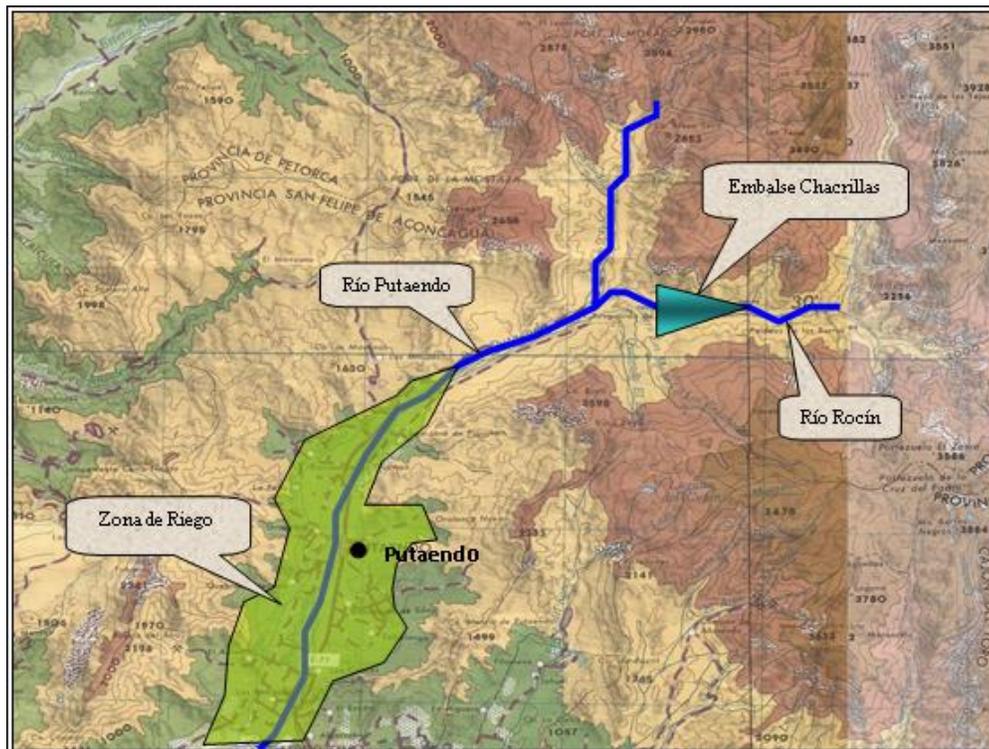


Ilustración 6: Ubicación del Embalse Chacrillas.

Fuente: Estudio de Ingeniería, Diseño Embalse Chacrillas, Informe Final, diciembre 2002. EDIC.

6.3. Características de construcción

El proyecto considerará la construcción de un muro de tipo CFRD (presa de gravas con pantalla de hormigón), mayoritariamente construido con rellenos provenientes de las excavaciones que se harán para fundar la obra y de los aluviales gruesos permeables que se obtendrán del empréstito localizado en el Estero Chalaco aguas arriba de la confluencia con el Río Rocín, situado a 2.5 km del lugar de emplazamiento del muro.

En la Tabla 2 se muestra la caracterización y dimensiones generales del Embalse:

Tabla 2: Características de construcción del Embalse Chacrillas.

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	CANTIDAD
Cota de Coronamiento	m.s.n.m.	1.338,5
Longitud de Coronamiento	m	319
Nivel Aguas Máximo	m.s.n.m.	1.337,5
Nivel Aguas Mínimo	m.s.n.m.	1.264
Capacidad del Embalse	hm ³	31
Volumen de Regulación	hm ³	27
Cota de Fundación Plinto	m.s.n.m.	1.233,3
Altura de Presa	m	102.5
Ancho de Coronamiento	m	10

Fuente: Estudio de Ingeniería, Diseño Embalse Chacrillas, Informe Final, diciembre 2002. EDIC.

Como obras anexas se contempla la construcción de un evacuador de crecidas (como principal obra de seguridad de la presa), un túnel de desvío, obras de toma, conducción, entrega y desagüe de fondo, y la construcción de ataguías para el desvío del caudal aguas arriba.

Como obras complementarias se espera realizar caminos de acceso al embalse, camino en la ribera norte del embalse, reposición y habilitación de camino por la ribera sur del embalse para el tránsito de animales y personas, camino de acceso a obras, modificación de canal de regadío existente y el traslado de una línea eléctrica de media tensión que será realizado por Chilquinta.

En resumen, la construcción del Embalse Chacrillas es una importante obra que permite suplir el actual déficit de agua, permitiendo de esta forma no sólo expandir la superficie actualmente cultivada, sino también cambiar los patrones de cultivo, con el subsecuente incremento de la productividad.

7. EVALUACIÓN EX POST - ETAPA EX ANTE E INICIO DEL PROYECTO

7.1. Ciclo de proyecto de riego Embalse Chacrillas

A diferencia de la mayoría de los proyectos de embalses, el caso de Chacrillas presentó diferencias con respecto al ciclo que comúnmente siguen los proyectos de riego.

El proyecto titulado "Construcción de Embalse Chacrillas de Putaendo" fue un proyecto impulsado por la Municipalidad de Putaendo hacia finales de los años noventa. La institución se encargó de realizar el perfil del proyecto y de enviarlo a la CNR para su revisión.

Desde este punto, la CNR es la encargada de gestionar los estudios de prefactibilidad para poder encontrar indicadores sociales y económicos que permitan categorizar los proyectos que son más rentables que otros; no obstante, según funcionarios del MOP, el proyecto de construcción del Embalse Chacrillas no presentó un estudio de prefactibilidad, sino que fue rápidamente impulsado por el Ministro de Obras Públicas de ese entonces (1998), el cual hizo pasar el proyecto desde su etapa de estudio de perfil directamente a la etapa del estudio de diseño, y así fue entregado a la DOH para que se gestionara su licitación.

Otra peculiaridad que tuvo este proyecto de riego fue su financiamiento, ya que en su primera instancia fue desarrollado dentro de la Ley de Concesiones de Obras Públicas, con el fin de que un tercero quedara a cargo de la construcción y el funcionamiento del embalse. Siguiendo este proceso, se asumió que la entidad privada realizaría los estudios de prefactibilidad y factibilidad. De la misma forma, se proyectaba que, una vez adjudicada la empresa concesionada, esta se haría responsable de realizar un nuevo estudio de diseño de la construcción de la obra, el cual sería más específico y acabado que el realizado por la DOH.

Sin embargo, una vez hecho el estudio de diseño de la construcción del Embalse Chacrillas gestionado por la DOH, la naturaleza del proyecto cambió, y en adelante se estableció que su financiamiento sería por medio del DFL 1.123, por lo cual la obra dejaba de ser concesionada y sería construida por un tercero que, finalizada la obra, sería entregada a los usuarios para su funcionamiento. A pesar de este cambio, el proyecto siguió en su etapa de diseño de la construcción de la obra, saltándose los estudios de prefactibilidad y factibilidad.

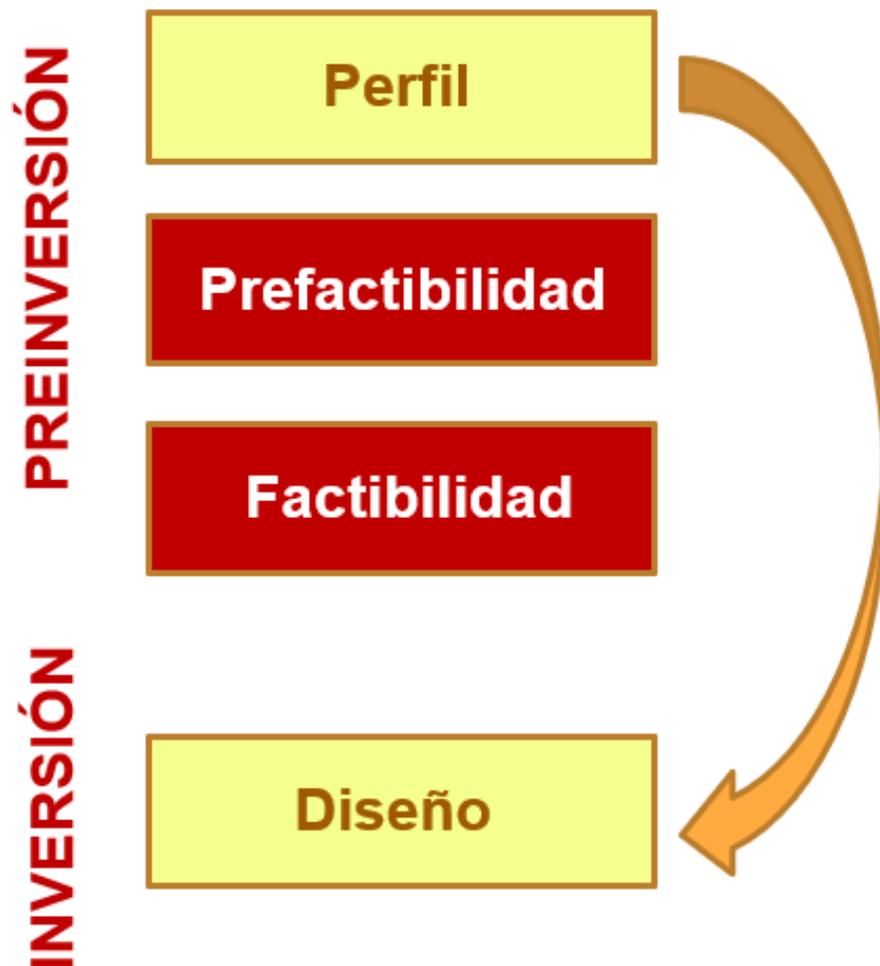


Ilustración 7: Ciclo del proyecto Embalse Chacrillas, el cual muestra un salto desde la etapa de perfil al diseño de la construcción del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

7.2. Estudio de diseño

Como resultado de un acuerdo entre el Gobierno Regional, la Gobernación, Municipalidad y el Ministerio de Obras Públicas, la Dirección de Obras Hidráulicas licitó la consultoría para realizar la ingeniería de detalle del embalse Chacrillas.

La consultoría se la adjudicó la empresa EDIC Ingenieros, la cual inició los estudios a finales del año 2000 y a principios del 2001. El informe final fue entregado en 2002. El estudio tuvo como principal objetivo la confirmación y optimización del sitio de la presa, y la elaboración de la ingeniería de detalle de las obras a un nivel que permita su construcción.

En la Tabla 3 se muestra el resumen que entregó el estudio de diseño de la construcción de la obra.

Tabla 3: Presupuesto elaborado en el estudio de diseño.

OBRA	COSTO (\$CLP 2020)
Muro de Presa y Vertedero	24.958.920.610
Túnel de Desvío y Obra de Entrega	5.344.280.595
Camino de Acceso	4.278.426.179
Expropiaciones	252.432.283
Instalaciones Eléctricas	29.511.736
Total	34.863.571.403

Fuente: Estudio de Ingeniería, Diseño Embalse Chacrillas, Informe Final, diciembre 2002. EDIC.

7.3. Financiamiento de obras

En 2009, el MDS aprobó satisfactoriamente el proyecto, otorgando un presupuesto mostrado en la Tabla 4:

Tabla 4: Presupuesto para proyecto de riego Embalse Chacrillas 2009.

ASIGNACIÓN PRESUPUESTARIA	MONTO (\$CLP 2020)
Consultorías	2.213.633.651
Obras Civiles	37.226.095.640
Terrenos (Expropiación)	1.414.248.504
Total	40.853.977.795

Fuente: BIP

7.4. Presupuesto oficial

En enero de 2010, 8 años después de haberse realizado el estudio de diseño, se firmó el presupuesto oficial de la construcción de la obra.

La Tabla 5 muestra el resumen del presupuesto para la construcción del proyecto con los montos ajustados al valor presente.

Tabla 5: Presupuesto oficial construcción de Embalse Chacrillas.

ITEM	COSTO (\$CLP 2020)
Instalaciones de faena	1.478.254.077
Presa y Vertedero	20.131.590.490
Túnel de desvío	3.793.852.697
Camino público	4.261.998.943
Mitigación Ambiental	2.119.943.254
Subtotal	31.785.639.461
IVA (19%)	6.039.271.498
Varios Proforma	82.734.605
Total	37.907.645.564

Fuente: Departamento de proyectos de riego de la DOH.

7.5. Licitación

Ese mismo año se inició la apertura de ofertas económicas para la licitación pública de la construcción del embalse. La licitación se hizo por medio del registro de consultores del MOP, quienes debían cumplir con la categoría requerida. En este caso (grandes presas) la categoría es 4.7 y ser prima superior (ver anexo 7). Al cerrar el proceso, habían postulado 7 empresas constructoras y consorcios, las cuales, tras pasar por la evaluación de ofertas técnicas, todas aprobaron los requisitos y las exigencias de las bases para ser consideradas como elegibles.

Las ofertas económicas son las presentadas en la Tabla 6:

Tabla 6: Ofertas económicas para la construcción del Embalse Chacillas.

	CONTRATISTAS Y/O CONSORCIOS	VALOR OFERTA (\$CLP 2020)
1	Consortio Arauco S.A.	40.224.358.470
2	Empresa Constructora BCF S.A.	41.178.275.450
3	Consortio Constructora Conpax S.A.	39.185.732.280
4	Consortio Sacyr Chile	37.359.233.230
5	Consortio Comsa de Chile S.A.	51.451.903.420
6	Consortio Besalco S.A.	33.892.685.590
7	Obrascon Huarte Lain S.A. (OHL)	32.179.986.914

Fuente: Departamento de proyectos de riego de la DOH.

7.6. Adjudicación

La adjudicación de la licitación se la llevó la empresa Obrascon Huarte Lain S.A. (OHL) el 21 de enero de 2011, por el monto de \$24.096.063.543.

El detalle de la oferta económica es la que se muestra en la Tabla 7:

Tabla 7: Detalle de oferta económica de empresa OHL para la construcción de Embalse Chacrillas.

ITEM	COSTO (\$CLP 2020)
Instalación de faenas	1.686.210.297
Presa y Vertedero	19.619.792.667
Túnel de Desvío	3.605.025.835
Camino público	0 (eliminado)
Mitigación Ambiental y Participación Ciudadana	1.844.801.161
Subtotal Obras Civiles	26.755.829.960
IVA (19%)	5.083.607.692
Varios proforma	340.549.262
Total	32.179.986.914

Fuente: Departamento de proyectos de riego de la DOH.

7.7. Contrato

La firma del contrato denominado "Construcción Embalse Chacrillas, Putaendo, V Región de Valparaíso" fue firmado el 10 de mayo de 2011.

A continuación, se muestra la Tabla 8 referente a los montos y plazos del contrato (desde ahora, se referirán a estos como montos y plazos originales):

Tabla 8: Resumen del contrato "Construcción Embalse Chacrillas, Putaendo, V Región de Valparaíso".

MONTO DEL CONTRATO (\$CLP 2020)	32.179.986.914 (IVA INCLUIDO)
FECHA DE ADJUDICACIÓN	21/01/2011
FECHA INICIO CONTRATO	10/05/2011
PLAZO DE CONSTRUCCIÓN	915 DÍAS CORRIDOS

Fuente: Departamento de proyectos de riego de la DOH.

7.8. Conclusiones de la etapa de ex ante del proyecto

Como se ha mencionado antes, el proyecto no contó con los estudios de prefactibilidad y factibilidad. El estudio de diseño de la construcción del embalse fue realizado por la DOH, en un contexto en que se pensaba que el embalse iba a ser construido por medio de la ley de concesiones.

La empresa Obrascon Huarte Lain S.A. (OHL) se adjudicó la construcción de la obra el 21 de enero de 2011. Su valor de la oferta fue un 14% más bajo que el valor presupuestado por la DOH.

8. EVALUACIÓN EX POST - ETAPA DE EJECUCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO

8.1. *Problemas en la construcción*

En la etapa de construcción del embalse se presentaron dos principales complicaciones que afectaron en los costos de la obra.

En primer lugar, durante el transcurso de la licitación y el inicio de la construcción de la obra, hubo una **modificación en la ley N.º 19.300**, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, la cual impidió la construcción de la obra en el lugar estipulado en el diseño y se tuvo que buscar otro yacimiento.

Por otra parte, en la parte geológica, se encontró que **la roca era de peor calidad de lo que se había proyectado** en los estudios. Mientras hacían el relleno de la obra, se encontraron serios problemas de oquedades (espacios huecos en la roca) en el lado derecho de la presa, por donde se iba a instalar el túnel. A pesar de ello, se decidió seguir con el proyecto en el lugar, rellenando primero el lado izquierdo y después igualando con el lado derecho.

Las obras fueron terminadas con fecha 15 de julio de 2015.

8.2. Modificaciones del alcance del contrato

Durante la construcción del embalse se realizaron seis modificaciones al contrato original, denominados convenios. Estas modificaciones buscan ajustar los montos y plazos estipulados originalmente en el contrato a los cambios en el diseño de construcción del proyecto.

Las modificaciones en el contrato se resumen, a grandes rasgos, en 5 aspectos: aumento de valores de obras menores o iguales al 30%, aumento de valores de obras mayores al 30%, disminución de valores de las obras, aumento por ejecución de obras extraordinarias, y modificación de plazos de entrega.

El resumen de los convenios realizados en la construcción del embalse son los presentados en la Tabla 9.

Tabla 9: Detalles de convenios realizados al contrato original del proyecto de construcción de Embalse Chacrillas.

CONVENIO	MONTO AGREGADO (\$CLP 2020)	PLAZO AGREGADO (días)	VARIACIÓN C/R AL MONTO ORIGINAL
Convenio N°1	382.666.884	12	1,2 %
Convenio N°2	303.844.247	39	0,9 %
Convenio N°3	9.357.363.604	120	29,1 %
Convenio N°4	346.974.359	60	1,1 %
Convenio N°5	111.884.160	170	0,3 %
Convenio N°6	32.380.554	211	0,1 %
TOTAL	10.535.113.808	612	32,7 %

Fuente: Departamento de construcción de la DOH.

La Ilustración 8 muestra la evolución del presupuesto original con respecto a los distintos convenios que fueron modificados al contrato.



Ilustración 8: Evolución de costos de la construcción del Embalse Chacrillas.

Fuente: Elaboración propia, a partir de documentos facilitados por el departamento de construcción de la DOH.

8.3. Obras complementarias al alcance del contrato

Además de la construcción del embalse, se desarrollaron distintas obras que complementan el funcionamiento de este, y que por consiguiente, entran dentro de la evaluación ex-post debido a los costos incurridos. Debido a falta de información, sólo se tienen los datos hasta el año 2016, por lo que queda pendiente actualizar este punto. El resumen de estas obras se detalla en la siguiente Tabla 10.

Tabla 10: Contratos referentes a obras anexas a la construcción del Embalse Chacrillas hasta el 2016.

CONTRATO	CONTRATISTA	PRESUPUESTO (\$CLP 2020)	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO
Inyecciones Complementarias de Impermeabilización y Consolidación	OHL	2.754.148.357	Dic-13	Dic-14
Camino Provisional de conectividad ECH	OHL	203.588.098	Nov-13	Dic-13
Construcción Rápido de Descarga y Cámara de Entregas	OHL	6.102.421.381	Ago-14	Jul-15
Ejecución Pavimentación Ruta E-525	INCOSS	495.985.994	Ago-13	Jun-15
Construcción Camino de Conectividad	CONPAX	4.995.380.492	Jul-14	May-15
Rellenos sobre pantalla de Hormigón ECH	CONPAX	226.801.909	Abr-14	Jun-15
Piezómetros Casagrande	LAS LENGAS	278.873.825	Dic-15	Abr-16
TOTAL		15.057.200.056		

Fuente: Departamento de construcción de la DOH.

8.4. Participación ciudadana y medio ambiente

Dentro del contrato de obra se incluyeron bases referentes a la gestión ambiental, territorial y de participación ciudadana que debían ser cumplidas por el contratista, de acuerdo con las bases y reglamentos estipuladas en el contrato.

En relación con el área de participación ciudadana, el Contratista dio cumplimiento a las Especificaciones Especiales de Participación Ciudadana, no habiendo tenido ningún tipo de sanción relativo a la materia, durante el transcurso de las obras.

Por otra parte, el Contratista tuvo una actitud reticente al cumplimiento de las Especificaciones Especiales Ambientales y en la Resolución de Calificación Ambiental, razón por las que fue sancionado en varias ocasiones por la Inspección Fiscal.

8.5. Conclusiones de la etapa de ejecución de la construcción del proyecto

La construcción de la obra presentó 6 modificaciones al alcance del contrato original, lo que ocasionó una desviación del presupuesto original en un orden de un 32,7% más de lo acordado en el contrato. Esta desviación se debe principalmente a las complicaciones que ocurrieron al momento de construir la obra, que fueron la diferencia del tipo de suelo real versus lo proyectado; y un cambio en la regulación ambiental que obligó a cambiar de ubicación el embalse.

Por otro lado, se gastó \$15.057.200.056 en obras adicionales a la construcción del embalse (que no estaban previstos en ninguna otra etapa del proyecto), lo que corresponde a un aumento del 46,8% del valor inicial del contrato.

9. EVALUACIÓN EX POST – ETAPA DE CIERRE DE ENTREGA DEL PROYECTO

9.1. *Recepción provisional de la puesta en marcha*

La recepción provisional del embalse fue el 07 de marzo de 2016. Para firmar este acuerdo, se realizaron dos informes que entregaban la información necesaria para determinar que las obras del contrato estaban terminadas y ejecutadas a conformidad.

En el primer informe, con fecha 22 de octubre de 2015, se señala que las obras estaban terminadas y ejecutadas de acuerdo con los planos, especificaciones y reglas de la técnica, no obstante, se constató la presencia de algunas filtraciones en la ladera del sector derecho de la presa, específicamente en el túnel de salida y en la caverna de válvulas. Como no era posible determinar si estas filtraciones eran consecuencia de las obras ejecutadas o por fallas geológicas de las laderas en que se apoya la presa, se consideró la necesidad de solicitar la visita a terreno de especialistas en la materia, para que realizaran un estudio e investigación, que permitiera determinar si las causas a dichas filtraciones pudieran tener relación con el proceso constructivo.

Así, se solicitó una investigación y creación de un segundo informe, con fecha 07 de marzo de 2016, el cual estipuló que las inyecciones del proyecto original del contrato se realizaron adecuadamente y conforme al proyecto entregado, y que las filtraciones presentadas no son consecuencia de los trabajos ejecutados, por lo que se procedió dar curso a la Recepción Provisional sin observaciones de las obras del contrato Construcción Embalse Chacrillas.

9.2. Recepción definitiva de la puesta en marcha

La recepción definitiva del embalse se realizó el 22 de agosto de 2017. Para firmar el acuerdo, el Inspector Fiscal y la Comisión de Recepción Definitiva realizaron una visita a terreno el 21 de junio de 2017, donde se realizó un informe de recepción definitiva con las observaciones por resolver de la obra.

El Contratista, mediante una carta dirigida al Inspector Fiscal, informó el 10 de agosto de 2017 que había subsanado las observaciones realizadas por la Comisión de Recepción Definitiva.

Finalmente, la Comisión de Recepción Definitiva confirma que las observaciones realizadas en la visita a terreno, en tema de instalaciones, montaje, instrumentación, manual de operaciones y túnel de desvío, fueron resueltas y que las obras están terminadas y ejecutadas en conformidad con las especificaciones técnicas.

9.3. Filtraciones

Según funcionarios de la DOH, cuando se construyen embalses siempre existe la posibilidad de que ocurran filtraciones; sin embargo, debido al tipo de roca en Chile, es poco frecuente que existan filtraciones en embalses en el país.

Con la puesta en funcionamiento del Embalse Chacrillas, se han encontrado filtraciones más allá de lo esperado. Tales filtraciones han incidido en inyecciones y obras adicionales que han aumentado el costo del proyecto.

El grado de filtraciones que existe no es extremadamente alto, pero son mucho más que en embalses de similares dimensiones que hay en Chile. Las

proyecciones dicen que esta puede alcanzar los 800 litros por segundo, que comparado con el caudal medio anual del Río Rocín afluente al embalse de 7.852 de litros por segundo, corresponden al 10% del total de agua acumulada.

Sin embargo, lo que más preocupa es el lugar donde se originan las filtraciones. Hasta el momento, no se sabe el lugar exacto donde se ocurren las filtraciones. Se prevé que es en el túnel por el lado derecho de la presa, y otras que ocurren al pie de esta.

Por otro lado, debido a la humedad que se origina por las filtraciones en el túnel, han ocurrido desprendimientos de roca fracturada en la bóveda de este. Al respecto, se han hecho arreglos para prevenir estos accidentes, como sistematizar el tránsito del agua en todo el túnel hacia una tubería, de tal manera que las filtraciones no sean en toda la bóveda. Además, en enero de 2020, se terminó la construcción de un dren que está interceptando la mayoría de las filtraciones a través de un dren. Con esto se espera tener un cálculo más preciso de la cantidad de agua filtrada, y también se espera evitar eventuales riesgos estructurales, ya que esto aliviará el nivel de humedecimiento de los rellenos de la presa.

Se han realizado varias iniciativas para tratar de ubicar los orígenes de las filtraciones, siendo la más importante la contratación de una empresa con sonar, que les ha dado algunas luces, pero nada determinante, de las vías de las filtraciones.

9.4. Funcionamiento

Actualmente hay una empresa que está a cargo de la administración del embalse, la cual hace reportes diarios de los volúmenes almacenados y los niveles de filtración.

Debido a que se ha visto que los niveles de humedecimiento se proyectan significativamente altos y puedan eventualmente generar un riesgo estructural, el protocolo de llenado no se ha cumplido, y sólo se ha ocupado el 2/3 de la capacidad total del embalse.

Hasta septiembre de 2019, el embalse acumulaba 6.629.468 metros cúbicos, de los cuales 4 millones de metros cúbicos deben quedar como piso del embalse, y el resto puede ser distribuido. Los principales usuarios de agua son los regantes, Esva y los comités de agua potable rural.

9.5. Conclusiones de la etapa del cierre del proyecto

La recepción provisional y definitiva del embalse se efectuó sin mayores observaciones; sin embargo, con la puesta en marcha de la operación se descubrieron filtraciones importantes que ponen en riesgo el correcto funcionamiento del embalse. Hasta la fecha se han realizado diversas obras e inyecciones para reparar este problema, siendo la última y final en enero de este año.

10. CONCLUSIONES

10.1. Cumplimiento de objetivos

El objetivo del proyecto es *“La construcción de un embalse de riego con una capacidad útil de 27 hm³ y que permita el riego de cerca de 7.100 ha (6.000 ha actuales y 1.100 ha nuevas con potencial de cultivo) con seguridad 85%”*.

Con respecto a la capacidad útil, definida como volumen del embalse en condiciones normales, se presenta un nivel considerablemente más bajo que el presupuestado, con un promedio cercano a los 9,25 hm³ registrado en 2019. Sin embargo, se espera que este número crezca en los próximos años, principalmente debido a la regularización de las filtraciones y una mejor distribución del recurso hídrico.

Por otro lado, el proyecto cumplió su objetivo en términos de cobertura riego, ya que en la actualidad se estiman que el embalse provee el riego para cerca de 8.000 ha de cultivos, principalmente de frutales. No obstante, existe una deficiencia para cumplir con la seguridad de riego, la cual no se cumple en la totalidad en los meses más secos del año.

10.2. Validez de proyecciones

La construcción de la obra terminó costando un 32,7% más de lo presupuestado en la adjudicación. Por otra parte, las obras complementarias, que no fueron previstas en la etapa de preinversión, correspondieron a un 46,8%, por lo que en total el proyecto terminó costando cerca de un 79,5% más de lo presupuestado.

Por otro lado, el término de la construcción se aplazó 612 días, casi año y medio, de la fecha originalmente impuesta al inicio del contrato.

Finalmente, la mano de obra requerida para la construcción de la obra fue casi tres veces la estipulada por el contratista en el proceso de licitación.

A continuación, en la Tabla 11, se muestra una síntesis de los datos proyectados al inicio del contrato, contrastado con lo realmente ejecutado.

Tabla 11: Valores proyectados en la licitación de la obra vs. lo ejecutado realmente.

CARACTERÍSTICA	LICITACIÓN	REAL
Costo de la construcción de la obra (\$CLP 2020)	\$32.179.986.914	\$42.715.100.722
Obras complementarias (\$CLP 2020)	-	\$15.057.200.056
Costo total del proyecto (\$CLP 2020)	-	\$57.772.300.778
Plazo de construcción	915 días	1.527 días
Mano de Obra Total	6.538	18.667
Mano de Obra Calificada	975	2.519
Mano de Obra Semi Calificada	3.865	12.771
Mano de Obra No Calificada	1.698	3.377

Fuente: Departamento de construcción de la DOH.

10.3. Nivel de estudio de diseño de construcción poco detallado

El proyecto de construcción del Embalse Chacrillas presentó un estudio de diseño poco preciso, sobre todo en su aspecto geológico, ya que la calidad del tipo de suelo previsto fue de menor grado que el existente en la realidad. Este hecho trajo consigo diversos percances, siendo los más importantes el que se decidiera cambiar de ubicación la obra, y que luego de su construcción se produjeran filtraciones en el embalse.

Estos problemas anteriormente mencionados ocasionaron un aumento en los costos del proyecto: el cambio en la tipología de suelo involucró la contratación de nuevos estudios y maquinarias no proyectadas en el presupuesto de la obra; y a su vez, el cambio en la ubicación del embalse produjo un atraso en la construcción del proyecto y de su entrega final, lo que se traduce en un aumento de costos debido a que la maquinaria y la mano de obra se tuvo que emplear por más tiempo.

Bajo estas conclusiones, se puede aceptar la hipótesis de que los contratistas eligen postular con un precio bajo en la licitación ya que saben que más tarde se presentarán complicaciones en la obra y se originarán nuevos beneficios.

10.4. Ingeniería insuficiente

Una vez finalizado el análisis anterior, se puede concluir que el principal factor que afectó la desviación de las proyecciones fue debido a la falta de ingeniería que tuvo el proyecto en sus distintas etapas.

Al hablar de "*ingeniería insuficiente*" no se hace referencia a que no la hubo en absoluto, sino más bien a que esta faltó en algunos aspectos del proyecto tanto en cantidad como en calidad. Esto se puede evidenciar en la falta de estudios de prefactibilidad y factibilidad (cantidad), como en el impreciso estudio de suelos hecho en la etapa de diseño de la construcción

(calidad). A continuación, se presenta la Tabla 12, la cual muestra los roles y responsabilidades de los distintos actores (funcionarios y contratistas) referentes a las causas identificadas que involucraron desviaciones de presupuesto y postergación del plazo de entrega del proyecto.

Tabla 12: Actores y responsabilidades en causas de sobrecostos y postergación de plazo del proyecto.

CAUSA	ACTOR	ROL	ESTADO
Falta de estudios de prefactibilidad y factibilidad	Departamento de diseño de obras hidráulicas, DOH	Gestionar que el proyecto siga de manera correcta el ciclo de vida los proyectos	Resuelto
Estudio de suelos impreciso en diseño de la construcción	Departamento de diseño de obras hidráulicas, DOH - Contratista	Realizar un adecuado estudio de la tipología de suelos que donde se asentará el proyecto	En proceso de resolución
Cambio de asentación del proyecto debido a cambio en la ley ambiental	Departamento de construcción de obras de riego, DOH - Contratista	Gestionar que el embalse se construya en un área adecuada y con el tipo de suelo estudiado adecuadamente	En proceso de resolución

Fuente: *Elaboración propia.*

10.5. Comparación con otros proyectos de embalses de riego.

Dentro de los proyectos de embalses de riego que ha realizado la DOH durante el último tiempo, el Embalse Chacrillas ha sido el proyecto menos eficiente en términos de costos por metro cúbico y beneficios finales. La Tabla 13 muestra otros embalses construidos por la DOH, especificando sus costos y sus capacidades.

Tabla 13: Comparación con otros proyectos de embalses de riego.

EMBALSE	COSTO (CLP 2019)	CAPACIDAD TOTAL(m³)	COSTO POR m³	COSTO POR SUPERFICIE BENEFICIADA (HA)
Ancoa	\$90.985.079.190	80.000.000	\$1.137	\$2.527.363
Corrales	\$36.554.185.392	50.000.000	\$594	\$3.362.082
El Bato	\$41.519.880.000	26.000.000	\$1.298	\$9.885.246
Paloma	\$171.722.431.531	750.000.000	\$229	\$3.179.903
Puclaro	\$54.404.384.521	209.000.000	\$212	\$2.628.113
Santa Juana	\$37.288.450.630	166.000.000	\$183	\$3.107.233
Chacrillas	\$57.772.300.778	31.000.000	\$1.864	\$8.136.944

Fuente: *Departamento de construcción de la DOH.*

Al respecto, se puede apreciar que el Embalse Chacrillas es el proyecto que presenta costos más altos por metro cúbico de su capacidad total, y es el segundo embalse más costoso por superficie beneficiada, sólo presidido por el Embalse El Bato.

11. RECOMENDACIONES

11.1. Respetar ciclo de los proyectos

El ciclo de vida de los proyectos se define como «la instancia ideal de análisis, que implica ir avanzando en éste a medida que se dispone de más información o se disminuye la incertidumbre sobre el comportamiento futuro de las variables. El respeto de este proceso tiene por objetivo contribuir al uso más eficiente de los recursos y genera un mayor nivel de análisis, información y precisión a medida que madura la formulación del proyecto». [\[12\]](#)

Según el grado de complejidad del proyecto, en la etapa de preinversión se pueden acotar etapas si estas son debidamente justificadas; sin embargo, esto aplica a proyectos que son pequeños, de baja escala y que han sido anteriormente ejecutados. Para el caso de un proyecto de construcción de un embalse de riego, dado el gran tamaño y la alta especificidad que tiene, se recomienda que este proyecto desarrolle su ciclo de vida completo, es decir, que pase por sus etapas de idea, perfil, prefactibilidad, factibilidad, diseño, ejecución, puesta en marcha y operación en régimen.

Tabla 14: Ciclo de vida de proyectos.

FASE	ETAPA
Preinversión	Idea – Perfil – Prefactibilidad - Factibilidad
Inversión	Diseño – Ejecución
Operación	Puesta en marcha – Operación en régimen

Fuente: CNR. 2011. «Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego».

Estas etapas no están simplemente para retrasar los proyectos o agregarles burocracia; sino más bien para que en cada fase se pueda estudiar en más profundidad los distintos aspectos que contiene el proyecto, y así se

puedan formular mejores proyectos que sean más certeros con las proyecciones que se realicen en la etapa de preinversión.

Como se ha visto, el proyecto de Embalse Chacrillas pasó desde un estudio de perfil hacia un estudio de diseño de la construcción del embalse, saltándose las etapas de prefactibilidad y factibilidad.

Estos acontecimientos generaron incertidumbre en el proyecto, ya que, al saltarse dos etapas en su formulación, no se alcanzó a profundizar en un nivel de detalle adecuado para hacer mejores proyecciones que se hubieran ajustado mejor con la realidad.

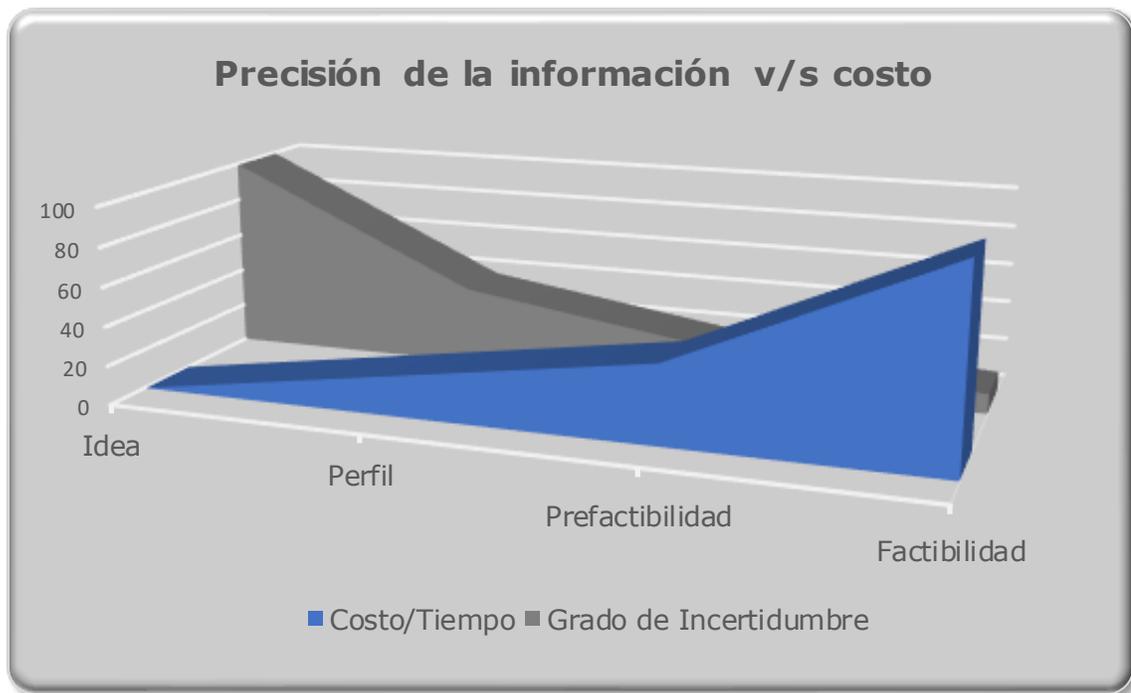


Ilustración 9: Evolución del grado de incertidumbre durante el ciclo del proyecto.

Fuente: Elaboración propia, a partir de manual de la CEPAL "Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas".

Por otro lado, es importante definir en la fase de preinversión los indicadores relevantes de los cambios que se esperan generar con el proyecto, y levantar con detalle la información de la situación previa (base) al proyecto apoyándose, por ejemplo, de la Matriz de Marco Lógico (MML), con el fin de que a futuro esta información ex ante pueda facilitar evaluaciones ex post y se puedan contrastar las situaciones con y sin proyecto.

11.2. Importancia de estudios de mecánica de suelo y rocas

Uno de los problemas más complejos que se presentaron al momento de la construcción de la obra fue la mala calidad geotécnica de la roca donde se iba a ejecutar el embalse. Mientras el estudio de diseño explicitaba que, mayoritariamente, la calidad de la roca era Buena a Muy buena, la calidad de la roca encontrada en el terreno fue mayoritariamente Regular a Buena, observándose incluso un 15% de calidad Regular a Mala y taludes donde la calidad era Mala a Muy Mala.

Debido a esta diferencia entre la calidad considerada por el diseño y la calidad real de las rocas, el proyecto debió ser modificado cambiando el ángulo de los taludes y/o aumentando la fortificación del proyecto original.

Como conclusión al respecto, es crucial tener en cuenta la importancia de los estudios de mecánica de rocas que se hacen en la etapa de formulación del proyecto, ya que, si bien el costo económico de realizar sondajes y ensayos geotécnicos no es despreciable, si no se realizan de manera tal que se garantice el estado de la roca, puede provocar que se incurran en gastos mucho mayores más adelante al momento de construir el embalse.

11.3. Fortalecer conexión entre organismos estatales

Una de las formas en las que se puede apoyar la DOH para resolver estos problemas es generar formas de trabajo interdisciplinario, ocupando los diferentes organismos estatales que posee el gobierno. Para el caso del Embalse Chacrillas, a modo de ejemplo, se podría haber contado con apoyo

del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), del Ministerio de Minería, organismo estatal el cual cuenta con distintos profesionales expertos en analizar tipos de suelo y roca.

Dado el tamaño del proyecto, y el impacto que va a tener en su población, también es relevante contar con el apoyo de otros organismos, como son el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) del Ministerio de Agricultura, el Sistema Nacional de Inversiones (SNI) del Ministerio de Desarrollo Social y Familia, o el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) del Ministerio del Medio Ambiente.

11.4. Mejorar la validez de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA)

Según interpretaciones de Natalia Garrido, geóloga funcionaria del SERNAGEOMIN, el hecho de que la roca haya sido de peor calidad de lo presupuestado se debe a que el diagnóstico o la línea base del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) estuvo mal realizada. Según plantea, el principal problema del SEIA es que el privado presenta información que, como servicio público, no tienen forma de contrastarla, ya que simplemente pueden confiar o no en los datos que están presentando.

Para solucionar este problema para futuros proyectos, se recomiendan dos opciones: otorgar presupuesto a los servicios públicos para realizar una inspección en terreno para validar los datos presentados por la consultora; o bien, exigir que los estudios de suelo y roca sean realizados por laboratorios certificados y externos que puedan otorgar una evaluación objetiva.

La primera opción se presenta debido a que actualmente los servicios públicos no cuentan con presupuesto para evaluar en terreno los Estudios de Impacto Ambiental de los proyectos. Cuando reciben los EIA, deben tomar ciegamente los datos que presenta la consultora y validarlo con estudios y bibliografía existentes, extrapolarlo la información de los territorios cercanos. Según explica Natalia, en el mejor de los casos el profesional evaluador conoce la zona y puede manejar mayores antecedentes sobre el sitio evaluado.

Esta opción plantea que, para proyectos que sean de gran inversión y envergadura (como lo son los de categoría primera superior), los servicios públicos deban realizar una inspección en terreno para validar los datos de la consultora.

Por otro lado, la segunda opción se presenta como forma de prever una posible conducta oportunista que podría tomar el consultor. Este último, dado que tiene incentivos para aprobar el proyecto, podría presentar los resultados de los ensayos de suelo y roca a su conveniencia. Natalia explica que una práctica común que realizan los consultores es que si no les es conveniente el resultado de un ensayo, presenta solamente los ensayos de muestras que le son favorables. De la misma forma, el privado puede hacer un ensayo particular y decir que la calidad de una roca es un tipo, y dado que no hay recursos para validar estos datos, se tiene que creerle.

La segunda opción plantea que al exigir que cierto tipo de proyectos tengan que contar con ensayos de laboratorios certificados (como, por ejemplo, el IDIEM) acredita que los resultados sean más creíbles y confiables.

Ambas opciones no son excluyentes entre sí, y en su conjunto permiten fortalecer la información disponible en la fase de preinversión del proyecto, evitando situaciones como la del embalse Chacrillas, en que las condiciones geotécnicas encontradas en terreno significaron un mayor costo, respecto a lo estimado, en la etapa de ejecución del proyecto.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. **Ministerio de Obras Públicas.** Estructura del MOP. [En línea] «<https://www.mop.cl/acercadelmop/Paginas/Organigramayestructura.aspx>» [consulta: 09 de octubre de 2019]
2. **Dirección de Obras Hidráulicas.** Quiénes somos. [En línea] «<http://www.doh.gov.cl/AcercadelaDireccion/Paginas/default.aspx>» [consulta: 09 de octubre de 2019]
3. **Dirección de Obras Hidráulicas.** Balance de gestión integral año 2018. [En línea] «<http://www.doh.gov.cl/Gestion/bqi/Documents/BGI%202018.pdf>» [consulta: 09 de octubre de 2019]
4. **Dirección de Obras Hidráulicas.** Embalse Chacrillas. [En línea] «<http://www.doh.gov.cl/proyectos/embalsechacrillas/Paginas/default.aspx>» [consulta: 09 de octubre de 2019]
5. **Joaquim Miranda Sarmento, Luc Renneboog.** 2016. «*Cost Overruns in Public Sector Investment Projects*».
6. **Hughes, W. Champion, R and Murdoch, J.** 2011. «*Construction Contracts – Law and Management 5th ed. Routledge, Abingdon, Oxon*». pp 94-95
7. **D. Kahneman, D. Lovallo.** 2003. «*Delusion of Success*», Harvard Business Review.
8. **B. Flyvbjerg, D. Lovallo y M. Garbuio.** 2009. «*Delusion and Deception in Large Infrastructure Projects: Two Models for Explaining and Preventing Executive Disaster*», University of California Press.
9. **B. Flyvbjerg, A. Ansar, A. Budzier, D. Lunn.** 2013 «*Should we build more large dams? The actual costs of hydropower megaproject development*».
10. **C. Petheram, T.A. McMahon.** 2018. «*Dams, dam costs and damnable cost overruns*».
11. **Comisión Nacional de Riego (CNR).** Quiénes Somos. [En línea] «<https://www.cnr.gob.cl/quienes-somos/>» [consulta: 10 de octubre de 2019]
12. **Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego,** Consejo de Ministro de la Comisión Nacional de Riego. 2011. [En línea]. «<http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/26975>» [consulta: 27 de julio de 2020]

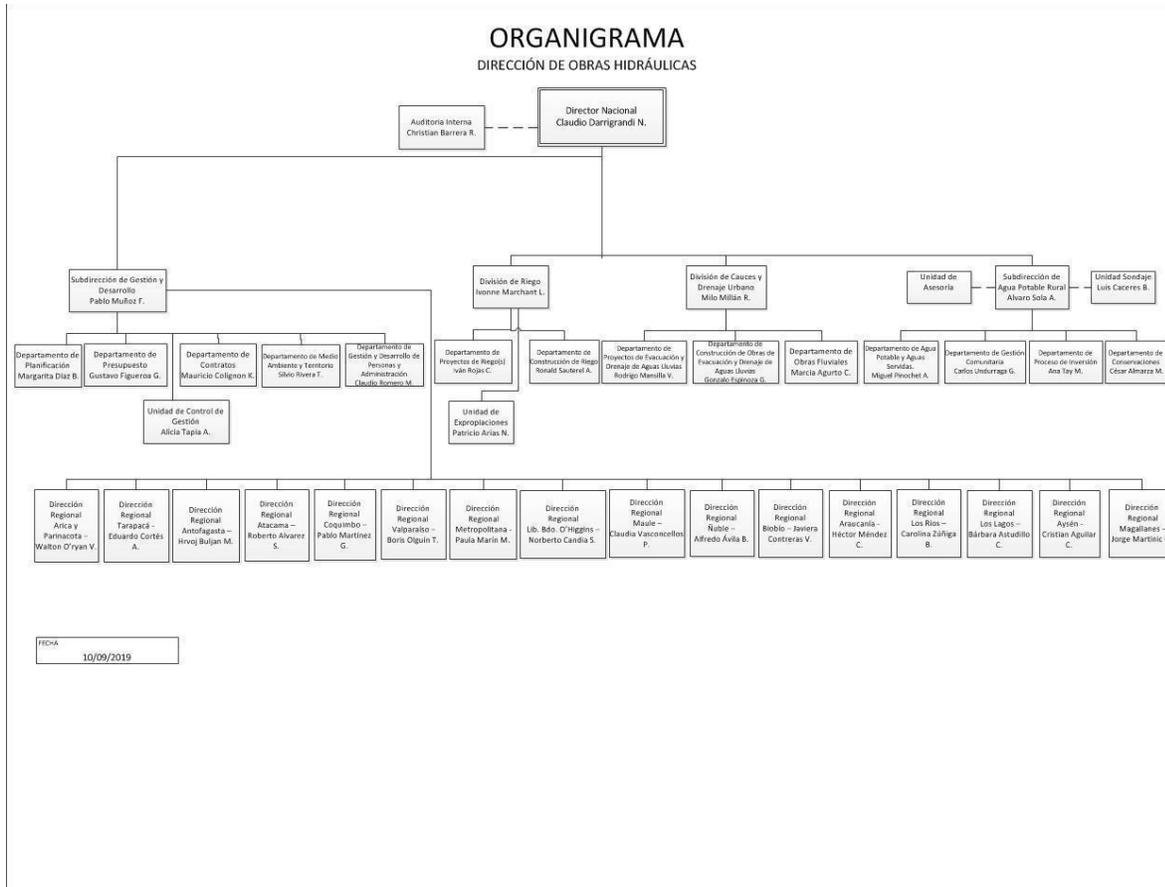
13. **Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.** ESTABLECE NORMAS SOBRE EJECUCION DE OBRAS DE RIEGO POR EL ESTADO [En línea] «<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=5606&idParte=>» [consulta: 10 de octubre de 2019]
14. **Ministerio de Obras Públicas.** Dirección General de Aguas. [En línea] «<https://www.mop.cl/Direccionesyareas/DireccionGeneraldeAguas/Paginas/default.aspx>» [consulta: 28 de julio de 2020]
15. **Ministerio de Agricultura.** Quiénes Somos. [En línea] «<https://www.minagri.gob.cl/acerca-de-minagri/-/quienes-somos/>» [consulta: 28 de julio de 2020]
16. **Sistema Nacional de Inversiones (SNI).** División, Departamentos y funciones. [En línea] «<http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/quienes-somos/division-departamentos-y-funciones/>» [consulta: 28 de julio de 2020]
17. **Banco Integrado de Proyectos (BIP).** Preguntas Frecuentes. [En línea] «<https://bip.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/bip2-trabajo/extras/preguntasFrecuentes.xhtml>» [consulta: 28 de julio de 2020]
18. **Ministerio de Hacienda.** Misión y objetivos. [En línea] «<https://www.hacienda.cl/ministerio/mision-y-objetivos>» [consulta: 28 de julio de 2020]
19. **Dirección de Presupuestos (Dipres).** La Dipres. [En línea] «<https://www.dipres.gob.cl/598/w3-propertyvalue-2128.html>» [consulta: 28 de julio de 2020]
20. **Comisión Nacional de Riego.** Organizaciones de Usuarios de Agua. [En línea] «<https://www.cnr.gob.cl/agricultores/infraestructura/gestion/organizaciones-de-usuarios-de-agua/>» [consulta: 28 de julio de 2020]
21. **Centro de análisis INTELIS.** 2013. «*Estudio levantamiento de línea base embalses, informe final*». 12-13pp
22. **Waldemar Mioduszewski.** 2012. «*Small water reservoirs - Their function and construction*».
23. **T.M. Walski, A. Pelliccia.** 1981. «*Preliminary design and cost estimating for reservoir projects*».

13. ANEXOS

Anexo 1: Organigrama Ministerio de Obras Públicas.



Anexo 2: Organigrama Dirección de Obras Hidráulicas.



Anexo 3: Ubicación geográfica de Embalse Chacrillas y su zona de riego.



Anexo 4: Metodología utilizada en la evaluación ex-post del proyecto de riego Embalse Chacrillas.

La metodología realizada para llevar a cabo esta memoria fue propuesta por el alumno y consiste en la adaptación y combinación de diferentes metodologías, realizadas en proyectos de riego de embalses, de forma ex-post a corto plazo. La siguiente tabla muestra la descripción de cada actividad para llevar a cabo esta evaluación ex-post.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Recolección de información	<p>Consiste en recolectar información referente a las distintas etapas del ciclo de vida del proyecto: idea, perfil, prefactibilidad, factibilidad, diseño, ejecución y cierre. Es imprescindible recopilar los estudios realizados en cada etapa, así como otras formas de documentación de información relevantes al proyecto (hojas de cálculo de presupuesto, presentaciones de avances del proyecto, etc.). Finalmente, es igual de relevante recolectar documentos de carácter legislativo, tales como actas de recepción, resoluciones, contratos y modificaciones a éstos.</p> <p>Particularmente, los documentos recolectados (ordenados cronológicamente desde su creación) y su fuente fueron los siguientes:</p> <p>Estudio de diseño de construcción – Depto. de diseño de obras de riego, DOH, MOP.</p> <p>Acta de ofertas económicas – Depto. de proyectos de riego, DOH, MOP.</p> <p>Oferta económica de empresa adjudicada – Depto. de proyectos de riego, DOH, MOP.</p> <p>Presupuesto oficial – Depto. de proyectos de riego, DOH, MOP.</p>

	<p>Adjudicación - <i>Depto. de proyectos de riego, DOH, MOP.</i></p> <p>Contrato - <i>Depto. de construcción de obras de riego, DOH, MOP.</i></p> <p>Modificaciones al contrato - <i>Depto. de construcción de obras de riego, DOH, MOP.</i></p> <p>Actas de recepción provisional y definitiva - <i>Depto. de construcción de obras de riego, DOH, MOP.</i></p> <p>Costos del proyecto - <i>Depto. de construcción de obras de riego, DOH, MOP.</i></p> <p>Informe final - <i>Depto. de construcción de obras de riego, DOH, MOP.</i></p>
<p>Contactar actores relevantes en el proyecto</p>	<p>Consiste en agendar reunión con actores que participaron activamente en el proyecto, principalmente dentro de la DOH: Inspector(a) Fiscal de Obras, Consultoría, Jefe(a) del Proyecto, Área de Planificación, etc.</p>
<p>Procesar información recolectada</p>	<p>Consiste en extraer información de informes, documentos y entrevistas; y trabajar los datos de forma en que se puedan obtener los primeros resultados.</p>
<p>Exponer resultados encontrados a actores relevantes</p>	<p>Consiste en agendar reunión con actores que participaron en la etapa donde se extrajo la información en particular, con el fin de esclarecer y resolver dudas respecto a los datos.</p>
<p>Redactar informe</p>	<p>Consiste en construir el informe de la evaluación ex-post, separando el cuerpo del documento en tres grandes subsecciones: preinversión, inversión y cierre. Se debe llevar todos los datos a un mismo valor presente, y se deben construir tablas que resuman la información más importante y que facilitarán la comprensión del informe.</p>

Realizar conclusiones

Una vez aclarada la información y validada por los actores, se procede a realizar las conclusiones finales a las hipótesis planteadas en un principio.

Anexo 5: Descripción de instituciones pertenecientes al Ministerio de Agricultura.

INSTITUCIÓN	DESCRIPCIÓN
Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)	Su misión es promover condiciones, generar capacidades y apoyar con acciones de fomento, el desarrollo productivo sustentable de la agricultura familiar campesina y sus organizaciones. En el ámbito de la agricultura familiar campesina, INDAP posee las siguientes líneas de acción: Mejoramiento del riego; Fomento a la innovación tecnológica y mejoramiento de la gestión empresarial; Recuperación de suelos degradados y Desarrollo forestal.
Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA)	Funciona como unidad asesora de riego, pero además está orientada a la formulación y análisis de políticas sectoriales y a suministrar información nacional e internacional para apoyar el proceso de toma de decisiones de los diferentes agentes silvoagropecuarios.
Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)	Su misión es proteger y mejorar la condición de estado de los recursos productivos en sus dimensiones sanitaria, ambiental, genética y geográfica y el desarrollo de la calidad alimentaria para apoyar la competitividad, sustentabilidad y equidad del sector agropecuario. Las funciones institucionales del SAG son de prevención y protección, fomento, regulación y fiscalización.
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA)	Es una corporación de derecho privado sin fines de lucro dependiente del Ministerio de Agricultura, cuyo financiamiento es a través de fondos públicos y privados, proyectos de investigación y venta de insumos tecnológicos. Su misión se enmarca en la Política de Estado para la Agricultura y consiste en generar, adaptar y transferir tecnologías, para lograr que el sector agropecuario contribuya a la seguridad y calidad alimentaria de Chile y responda, en forma competitiva y sustentable a los desafíos de desarrollo del país, siendo el riego una de las líneas de investigación que aborda.
Corporación Nacional Forestal (CONAF)	Su quehacer obedece a dos líneas de acción: por una parte, lograr que campesinos y propietarios agrícolas vean la actividad forestal como una opción productiva rentable y por otra, recuperar y proteger el patrimonio natural de Chile, minimizando el deterioro de los ecosistemas forestales

Fundación para la Innovación Agraria (FIA)	Fomenta y promueve la transformación de la agricultura y de la economía rural del país, mediante el financiamiento y coordinación de programas y proyectos de inversión orientados a incorporar innovación en los procesos productivos (desarrollo de nuevas tecnologías y nuevos productos); de transformación industrial o de comercialización en las áreas agrícola, ganadera, forestal, dulceacuícola y de recursos naturales renovables.
---	---

Anexo 6: Indicadores Demográficos comparativos comuna de Putaendo.

Característica/Indicador	Comuna de Putaendo	V Región	Chile
Superficie (Km2).	1.474,4	16.396 Fuente: INE, EPI, MDS. ,1	756.102,4
Población total 2011 (No. Hab).	17.175	1.772.436	17.248.450
Población proyectada al 2020, según censo 2012 (No. Hab).	18.803	1.934.895	18.549.096
Población proyectada al 2020, según censo 2017 (No. Hab).	16.072	1.907.914	18.896.684
Densidad poblacional 2011 (No. Hab/Km2).	11.6	108.1	22.8
Porcentaje de la población nacional 2011.	0.100	10.3	100
Porcentaje de la población de 0 a 14 años 2011.	22.5	20.8	22.0
Porcentaje de la población de 15 a 64 años 2011.	65.6	68.2	68.7
Porcentaje de la población de 65 y más años 2011.	11.9	11.0	9.3
Índice de dependencia demográfica 2011. *	52.5	46.6	45.6
Índice de envejecimiento 2011. **	53.1	52.6	42.1

Porcentaje de población rural 2009.	54.30	8.3	12.9
Porcentaje de población étnica CASEN 2009.	0.3	3.1	7.0

Fuente: INE, EPI, MDS.

** Índice de dependencia demográfica: se calcula como la suma de los menores de 15 años y los mayores de 64 años dividido por la población con edades entre 15 y 64 años, por cien. Esta relación es una medida indirecta del número de personas dependientes económicamente por cada cien activos.*

*** Índice de envejecimiento: Es una medida demográfica del envejecimiento y representa el número de adultos mayores (60 o 65 años o más) por cada cien niños (0-14 años).*

Anexo 7: Indicadores de vulnerabilidad, ingreso, desigualdad, educación y mortalidad.

Característica/Indicador	Comuna de Putaendo	V Región	Chile
Puntaje IV dimensión educación 2009.	0.7100	0.7615	0.7439
Puntaje IV dimensión ingresos 2009	0.5272	0.5056	0.4801
Puntaje IV dimensión ocupación 2009.	0.8616	0.8540	0.8697
Puntaje IV dimensión vivienda 2009	10.8328	0.8851	0.8809
Puntaje Índice de Vulnerabilidad total 2009.	0.7329	0.7515	0.7436
Posición de la comuna en el IV respecto al país.	112		
Posición de la comuna en el IV respecto a la región.	23		
Promedio de ingreso monetario per cápita 2009	151.175	182.221	208.094
Coefficiente de Gini según ingreso autónomo 2009	0.40	0.43	0.53
Porcentaje de indigencia 2009	1.7	3.4	3.7
Porcentaje de pobreza no indigente 2009	6.4	11.6	11.4
Porcentaje de pobreza total 2009.	8.1	15.1	15.1

Porcentaje de alfabetismo población 25 y más años 2009.	89.3	96.5	95.5
Promedio de años escolaridad total 2009.	8.7	10.6	10.4
Promedio de años escolaridad personas de 25 años y más	8.1	10.3	10.0
Tasa de mortalidad general total por 1.000 habitantes por año 2009	6.5	6.2	5.4

Fuente: INE, EPI, MDS.

Anexo 8: Requisitos técnicos para la inscripción en el registro de consultores del MOP.

Los requisitos técnicos que deben cumplir aquellos que deseen formar parte de este registro se clasifican en tres grupos:

- 1.- Experiencia
- 2.- Calidad Profesional
- 3.- Personal Profesional

El primero se refiere al nivel de experiencia que avala al postulante y que se mide en términos de los trabajos ejecutados en los últimos 12 años, y que depende de las áreas y especialidades a las que se postule o para las cuales su experiencia lo avala. El segundo grupo se refiere al tipo de profesionales y sus años de experiencia, y el tercero a la cantidad de estos profesionales que también dependen de las áreas y especialidades postuladas.

Para la inscripción en alguna de las especialidades del Reglamento de Consultores se debe acreditar mediante certificados o contratos de trabajo la experiencia en las mismas. La medida de experiencia es la cantidad de UTM asociadas a los trabajos desarrollados en cada especialidad. Para cada categoría (que entrega una medición relativa de la capacidad de consultor) existen cantidades mínimas de experiencia (UTM) para su obtención.

En el caso de un proyecto de construcción de un embalse, los consultores postulantes deben estar dentro del área de ingeniería civil, con especialidad en grandes presas; y debido al monto de la inversión, corresponden la categoría de Primera Superior, la más alta existente.

Las especialidades del área de ingeniería civil industrial y las cantidades mínimas de UTM se detallan en el siguiente cuadro.

4. Area de Ingeniería Civil			
Especialidad	Cantidades Total (Ct) y (Cp) Parcial por Categoría (UTM)		
	Primera Superior	Primera	Segunda
4.1 Estructuras	Ct : 15.000	Ct : 10.000	Ct : 5.000
4.2 Aeropuertos	Cp : 525	Cp : 350	Cp : 175
4.3 Obras Hidráulicas y de Riego			
4.4 Obras Portuarias			
4.5 Obras Fluviales	Ct : 7.500 Cp : 525	Ct : 5.000 Cp : 350	Ct : 2.500 Cp : 175
4.6 Túneles	Ct : 15.000 Cp : 525	Ct : 10.000 Cp : 350	Ct : 5.000 Cp : 175
4.7 Grandes Presas	Ct : 30.000	Ct : 20.000	Ct : 10.000
4.8 Obras Sanitarias	Cp : 525	Cp : 350	Cp : 175
4.9 Obras Viales (Urbanas y Rurales)	Ct : 45.000 Cp : 525	Ct : 30.000 Cp : 350	Ct : 15.000 Cp : 175
4.10 Seguridad Vial	Ct : 5.250 Cp : 195	Ct : 3.500 Cp : 130	Ct : 1.750 Cp : 65

Por otro lado, el personal profesional queda definido dependiendo de la especialidad en la que está sujeto el proyecto (para el caso de grandes presas, el tipo de profesional queda exclusivamente definido para ingenieros civiles), y la calidad profesional queda definida por el tipo de proyecto. En el caso de un proyecto de embalse, se ocupa la categoría más alta (primera superior), la cual requiere de 6 profesionales con 5 años de experiencia, y que dentro de ellos uno cuente con al menos 10 años de experiencia.

4. Area de Ingeniería Civil

Especialidades	Tipo de Profesionales
4.1 Estructuras 4.2 Aeropuertos 4.4 Obras Portuarias 4.5 Obras Fluviales 4.6 Túneles 4.7 Grandes Presas 4.8 Obras Sanitarias 4.9 Obras Viales	Ingenieros Civiles
4.3 Obras Hidráulicas y de Riego	I. Civiles, Comerciales y Agrónomos
4.10 Seguridad Vial	Ingenieros Civiles y PIAE

Número de Profesionales y Años de Experiencia (Titulado) por Categoría

Categorías	N^a Profesionales	Años de Experiencia
1 ^a Superior	6	5 y uno al menos 10
Primera	4	5 y uno al menos 8
Segunda	3	3 y uno al menos 5
Tercera	1	1