UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
Departamento de Ingeniería Comercial
Departamento de Obras Civiles

IMPACTO EN LA GESTIÓN EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO, POR LA RENOVACIÓN DE LA LEY CHILENA 18.450 (2023).

Pablo Andrés Villalobos Mena
MAGÍSTER EN GESTIÓN DEL AGUA
SEPTIEMBRE 2026

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☐ Memoria o trabajo de título ☒ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Impacto en la gestión eficiente del recurso hídrico, por la renovación de la ley chilena 18.450 (2023).

Nombre del candidato(a): Pablo Andrés Villalobos Mena

Carrera / Grado: Magíster en Gestión del Agua – Master of Water Management

Campus: Vitacura **Departamento:** Ingeniería Comercial /Obras Civiles

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, **Rodrigo Ortega Blu**, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por **(marcar una opción)**:

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 26-10-2026 Firma:

Estudiante o Candidato(a)

Fecha: 26-10-2026 Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

MAGÍSTER EN GESTIÓN DEL AGUA
MWM MASTER OF WATER MANAGEMENT

Departamento de Ingeniería Comercial
Departamento de Obras Civiles

IMPACTO EN LA GESTIÓN EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO, POR LA RENOVACIÓN DE LA LEY CHILENA 18.450 (2023).

Tesis de magister presentada por
Pablo Andrés Villalobos Mena
Como requisito para optar al Grado de
MAGÍSTER EN GESTIÓN DEL AGUA

Director de Tesis:
Dr. Rodrigo Ortega Blu
Septiembre 2026

TITULO DE TESIS:

Impacto en la gestión eficiente del recurso hídrico, por la renovación de la ley chilena 18.450 (2023).

AUTOR:

Pablo Andrés Villalobos Mena

TRABAJO DE TESIS, presentando en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de MAGÍSTER EN GESTIÓN DEL AGUA – MASTER OF WATER MANAGEMENT de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Observaciones:

_____

_____

Dr. Rodrigo Ortega Blu.
Director de Tesis

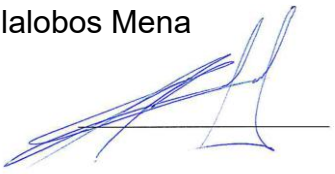
Dra. Vivian Aranda Núñez.
Correferente Interno

Mg. Nicolás Friz Mardonez.
Correferente Externo

Santiago, Septiembre 2026.

Todo el contenido, análisis, conclusiones y opiniones vertidas en este estudio son de mi exclusiva responsabilidad.

Nombre: Pablo Andrés Villalobos Mena

Firma: 

Fecha: Santiago, septiembre de 2026

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, expreso mi sincero agradecimiento a la Comisión Nacional de Riego (CNR) por brindarme el acceso institucional a la información técnica y administrativa de los proyectos presentados a los fondos concursables. La apertura y transparencia de los datos recopilados a través de sus plataformas digitales resultaron fundamentales para sustentar la base empírica de esta investigación y viabilizar el análisis del impacto de la renovación de la Ley N° 18.450 en la gestión eficiente del recurso hídrico. De manera muy especial, extiendo esta gratitud a la Unidad de Seguimiento de Concursos y Programas Especiales, cuyo equipo profesional no solo facilitó de manera rigurosa los antecedentes requeridos, sino que también me extendió valiosas invitaciones para realizar visitas técnicas en terreno, permitiéndome contrastar directamente en las obras la aplicación práctica de los modelos analizados.

Asimismo, deseo manifestar mi reconocimiento a los profesionales en el convenio de la Comisión Nacional de Riego y del Ministerio de Energía, cuya cooperación técnica fue un pilar indispensable para el desarrollo de los balances hidroenergéticos y los criterios de seguridad eólica aplicados en este estudio. La ayuda proporcionada y el intercambio de conocimientos especializados permitieron comprender las dinámicas del nexo agua-energía y la correcta implementación de las nuevas tipologías tecnológicas de vanguardia promovidas por la normativa actual.

Finalmente, agradezco profundamente el valioso soporte técnico derivado de las alianzas de colaboración con la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). El trabajo conjunto con los profesionales de ODEPA permitió acceder a las metodologías y bases de datos de "Cotiza Riego", logrando consolidar un listado de precios reales de mercado levantados por especialistas en terreno a lo largo de todo el país, insumo crítico para la estandarización presupuestaria de los proyectos de tecnificación. De igual modo, agradezco al INIA por compartir generosamente la información técnica e histórica de sus ensayos en terreno, cuyos soportes analíticos agrológicos robustecieron significativamente los criterios de diseño agronómico y los algoritmos predictivos propuestos en esta investigación.

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación analiza el impacto de la renovación de la Ley N° 18.450 en el año 2023 (Ley N° 21.597) sobre la gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico en Chile, bajo un escenario de escasez estructural. El objetivo central es evaluar los beneficios de esta actualización y proponer un instructivo técnico de postulación para integrar nuevas tipologías de obras que consideren innovación y soluciones basadas en la naturaleza (SbN), superando el enfoque tradicional centrado de forma exclusiva en infraestructura civil y tecnificación convencional.

La metodología implementada posee un carácter aplicado, sustentada en la construcción de una base de datos con 37 proyectos de vanguardia postulados al primer "Concurso Nacional de Innovación N° 16-2025" de la Comisión Nacional de Riego (CNR). El análisis de estos expedientes permitió caracterizar y calibrar los requerimientos de cinco ejes tecnológicos: programación de riego con Inteligencia Artificial (IA), sistemas fotovoltaicos flotantes e intraprediales (nexo agua-energía), monitoreo telemétrico de calidad de agua, cubiertas flotantes modulares anti-evaporación y sistemas alternativos para un concurso que será llamado en el concurso 24-2026 “soluciones basadas en la naturaleza” como atrapanieblas, recarga gestionada de acuíferos y captación de aguas lluvias (SCALLS).

Los resultados demuestran una acelerada transición digital en el agro; las tecnologías de optimización predictiva con IA concentraron el 27% de las postulaciones del concurso 16-2025. En materia de conservación, la modelación hidrológica evidenció que las cubiertas modulares flotantes de polietileno de alta densidad (HDPE) mitigan las pérdidas por evaporación natural entre un 82,57% y un 86,01%. A su vez, se validó el codiseño hidroenergético en plantas fotovoltaicas flotantes, donde el Cooling Effect o refrigeración pasiva de la masa de agua eleva entre un 5% y un 12% la eficiencia en la generación eléctrica neta del silicio.

No obstante, la investigación identifica una brecha metodológica crítica en el mercado consultor, caracterizada por la persistencia de rutinas de diseño tradicionales y la omisión de memorias de cálculo avanzadas, lo que induce elevadas tasas de observaciones y rechazos de proyectos de estos tipos de obras. Del mismo modo, se constató un descalce presupuestario institucional, donde los fondos destinados a innovación representaron apenas un 0,84% del calendario de fomento en 2025 y un 1,94% para el año 2026.

Se concluye que el Instructivo Técnico disminuye de forma robusta las asimetrías de información, protocoliza las exigencias documentales y gráficas bajo entornos GIS, y resguarda la inversión fiscal a largo plazo, configurándose como una herramienta de gestión estratégica indispensable para consolidar una gobernanza del agua adaptativa.

ABSTRACT

This research analyzes the impact of the renewal of Law No. 18,450 in 2023 (Law No. 21,597) on the efficient and sustainable management of water resources in Chile, under a scenario of structural scarcity. The core objective is to evaluate the benefits of this legislative update and to propose a technical application manual to integrate new types of works that incorporate innovation and nature-based solutions (NbS), thereby overcoming the traditional approach focused exclusively on conventional civil infrastructure and irrigation technology.

The implemented methodology is applied in nature, supported by the construction of a dataset consisting of 37 cutting-edge projects submitted to the first "National Innovation Contest No. 16-2025" of the National Irrigation Commission (CNR). The analysis of these files allowed the characterization and calibration of the requirements for five technological pillars: irrigation scheduling with Artificial Intelligence (AI), floating and on-farm photovoltaic systems (water-energy nexus), telemetric water quality monitoring, modular floating anti-evaporation covers, and alternative systems for an upcoming call under Contest 24-2026 “Nature-Based Solutions,” such as fog catchers, managed aquifer recharge, and rainwater harvesting systems (SCALLS).

The results demonstrate an accelerated digital transition in the agricultural sector; optimization and predictive technologies utilizing AI accounted for 27% of the applications in Contest 16-2025. In terms of conservation, hydrological modeling evidenced that modular floating covers made of high-density polyethylene (HDPE) mitigate natural evaporation losses by 82.57% to 86.01%. Concurrently, the hydro-energetic co-design in floating photovoltaic plants was validated, where the cooling effect or passive refrigeration of the water mass increases the net electrical generation efficiency of silicon by 5% to 12%.

Nevertheless, this study identifies a critical methodological gap within the consulting market, characterized by the persistence of traditional design routines and the omission of advanced calculation reports, which induces high rates of technical observations and project rejections for these types of works. Similarly, an institutional budgetary mismatch was observed, as funds allocated to innovation represented a marginal 0.84% of the regular incentive calendar in 2025 and 1.94% projected for the year 2026.

It is concluded that the Technical Manual robustly minimizes information asymmetries, protocolizes documentary and graphic requirements under GIS environments, and safeguards long-term fiscal investment, establishing itself as an indispensable strategic management tool to consolidate an adaptive water governance framework.

INDICE

CAPÍTULO I **15**
INTRODUCCION **15**
CAPÍTULO II **18**
ORIGEN, PROPÓSITO Y ALCANCES **18**
2.1 ORIGEN DEL ESTUDIO 18
2.2 PROPÓSITO DE LA INVESTIGACIÓN 19
2.3 ALCANCES DEL ESTUDIO 21
CAPÍTULO III **23**
OBJETIVOS **23**
3.1 OBJETIVO GENERAL 23
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 23
CAPÍTULO IV **25**
ESTADO DEL ARTE **25**
4.1 ANTECEDENTES DEL ESTADO DEL ARTE 25
4.1.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 25
4.1.2 SISTEMATIZACIÓN DE PALABRAS CLAVES Y/O CONCEPTOS 28
4.2 SUJETO DE ESTUDIO. 29
4.3 ESTADO DEL ARTE 32
4.3.1 PRE-PRAXIS PARA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA 32
4.3.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 33
4.3.3 ARTICULACIÓN DE LA RESPUESTA AL PROBLEMA 36
4.3.4 EVOLUCIÓN DEL MODELO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN 36
CAPÍTULO V **40**
PROPUESTA DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO **40**
5.1 DENOMINACIÓN, DESCRIPCIÓN Y TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LAS ETAPAS. 40
5.2 PROGRAMACIÓN DE LAS ETAPAS DEL ESTUDIO. 43
5.3 DECLARACIÓN DE USO DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL. 44
CAPÍTULO VI **45**
APLICACIÓN METODOLÓGICA **45**
6.1 BÚSQUEDA DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN. 46
6.2 EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LA APLICACIÓN 50
6.2.1 RESULTADO DE BÚSQUEDA DE PROYECTOS EN EL CONCURSO 16-2025 51
6.3 VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA 56
6.4 SÍNTESIS DE LA APLICACIÓN METODOLÓGICA 57
CAPÍTULO VII **58**
RESULTADOS **58**

7.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS PROYECTOS ANALIZADOS 58
7.1.1 DISTRIBUCIÓN DE PROYECTOS POR TIPOLOGÍA TECNOLÓGICA 59
7.2 ANÁLISIS DE LOS PROYECTOS DE AUTOMATIZACIÓN DE RIEGO E INTELIGENCIA ARTIFICIAL 59
7.2.1 FICHA DE IDENTIFICACIÓN, GEORREFERENCIACIÓN Y TENENCIA DE AGUAS 60
7.2.2 DIAGNÓSTICO INICIAL DE SUELO Y CULTIVO (SOPORTES ANALÍTICOS) 61
7.2.3 MEMORIA DE DISEÑO AGRONÓMICO E INDICADORES DE AHORRO HÍDRICO 61
7.2.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL HARDWARE Y CRITERIOS DE IA 62
7.2.5 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU) Y PRESUPUESTO 63
7.2.6 PLAZOS, CRONOGRAMA Y DECLARACIONES JURADAS OBLIGATORIAS 64
7.2.7 PLANOS TÉCNICOS Y CARTOGRAFÍA DIGITAL OBLIGATORIA 65
7.3 ANÁLISIS DE PROYECTOS AGRIVOLTAICOS Y SISTEMAS FOTOVOLTAICOS FLOTANTES 65
7.3.1 FICHA DE IDENTIFICACIÓN, GEORREFERENCIACIÓN Y CERTEZA LEGAL DE AGUAS 66
7.3.2 DIAGNÓSTICO AGROLÓGICO, SUPERFICIES Y CULTIVOS 67
7.3.3 MEMORIA DEL DISEÑO AGRONÓMICO (DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA) 67
7.3.4 INGENIERÍA HIDRÁULICA Y COMPONENTES DEL CABEZAL DE CONTROL 68
7.3.5 CRITERIOS ESPECIALES PARA PROYECTOS FOTOVOLTAICOS FLOTANTES (FVF) 69
7.3.6 REGULACIÓN ELÉCTRICA Y LÓGICA NET BILLING (SEC) 70
7.3.7 CUBICACIONES, ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU) Y FORMATO PRESUPUESTARIO 70
7.3.8 CRITERIOS DE OBRAS CIVILES MENORES (ZANJAS Y EXCAVACIONES): 72
7.3.9 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 73
7.3.10 PLANOS, GRÁFICA Y REQUERIMIENTOS DE CAPAS DIGITALES (GIS) 73
7.4 ANÁLISIS DE PROYECTOS DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA 74
7.4.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO, LOCALIZACIÓN Y AMPARO LEGAL 74
7.4.2 DIAGNÓSTICO TÉCNICO E INFORME DE DEFICIENCIAS 75
7.4.3 INGENIERÍA DEL SUMINISTRO DE HARDWARE Y SENSORES EN LÍNEA 75
7.4.4 FRECUENCIA DE MUESTREO, ALERTAS Y PROTOCOLO DE CONTROL REMOTO 76
7.4.5 ESPECIFICACIONES DE OBRAS CIVILES Y RESGUARDO PERIMETRAL 77
7.4.6 FORMATO GENERAL TIPO DE PRESUPUESTO PARA LA CARGA EN EL SEP 77
7.4.7 CRONOGRAMA MAESTRO DE HITOS TÉCNICOS (CARTA GANTT) 79
7.4.8 PLANOS GRÁFICOS EXIGIDOS EN CARPETA SEP 80
7.5 ANÁLISIS DE CUBIERTAS FLOTANTES MODULARES 80
7.5.1 DELIMITACIÓN PREDIAL Y CATASTRO LEGAL 81
7.5.2 INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DEL ACUMULADOR EXISTENTE 81
7.5.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DISEÑO AGRONÓMICO 81
7.5.4 MEMORIA DE CÁLCULO EVAPORATIVA Y CUBICACIÓN 82

7.5.5 ANÁLISIS DE RESISTENCIA EÓLICA (CRITERIO DE SEGURIDAD) 83
7.5.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MÍNIMAS DEL SUMINISTRO 83
7.5.7 ESTRUCTURA DEL PRESUPUESTO DE OBRAS CIVILES 84
7.5.8 CRITERIO PARA EL ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU) DE INSTALACIÓN 85
7.5.9 CRONOGRAMA Y SECUENCIA DE FAENAS (CARTA GANTT) 85
7.6 SÍNTESIS Y VIABILIDAD DE LOS RESULTADOS 85
7.7 ANÁLISIS DE ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (SbN) 88
7.7.1 CARACTERIZACIÓN Y CATASTRO DE PROYECTOS HISTÓRICOS IDENTIFICADOS 88
7.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y REQUERIMIENTOS PARA SISTEMAS DE CAPTURA ATMOSFÉRICA (ATRAPANIEBLAS) 90
7.8.1 FICHA DE IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y AMPARO TERRITORIAL 90
7.8.2 ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE RENDIMIENTO ATMOSFÉRICO 90
7.8.3 INGENIERÍA ESTRUCTURAL, MECÁNICA Y DE CONDUCCIÓN 91
7.8.4 INFRAESTRUCTURA DE REGULACIÓN, CASETA DE RIEGO Y DISTRIBUCIÓN 91
7.9 PROYECTOS DE RESTITUCIÓN GESTIONADA Y RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS 92
7.9.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO, DOMINIO LEGAL Y DERECHOS DE APROVECHAMIENTO 93
7.9.2 DIAGNÓSTICO HIDROGEOLÓGICO Y SOPORTE ANALÍTICO DE SUELOS 93
7.9.3 DISEÑO OBRAS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN E INFILTRACIÓN 93
7.9.4 MONITOREO TELEMÉTRICO DE CALIDAD, CRONOGRAMA Y APU ESPECIALIZADO 94
7.10 PROYECTOS DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS (SCALLS) 94
7.10.1 IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE BENEFICIARIO Y ASOCIAR EL AGUA ALMACENADA A UNA OBRA DE RIEGO COMO UN INVERNADERO 95
7.10.2 MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE ESCORRENTÍA PLUVIAL (AJUSTE POR GUMBEL) 95
7.10.3 INGENIERÍA DEL CABEZAL SCALL, CISTERNA FLEXIBLE Y FILTRADO BASAL 95
7.10.4 SISTEMA HIDRÁULICO DE MICRO-RIEGO PRESURIZADO, CONTROL Y APU TIPO 96
7.10.5 FORMATO PRESUPUESTARIO TIPO UNIFICADO PARA COMPONENTE SCALL 96
7.11 OTROS POSIBLES PROYECTOS QUE PODRÍAN POSTULAR 98
7.11.1 PROYECTOS DE RIEGO CON UTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES 98
7.11.2 PROYECTOS DESALACIÓN Y PURIFICACIÓN DE AGUAS MEDIANTE OSMOSIS INVERSA 101
7.12 RESULTADO GENERAL DE LA INVESTIGACION 102
CAPÍTULO VIII 105
CONCLUSIONES 105
8.1. LA DIMENSIÓN NORMATIVA Y PRESUPUESTARIA 105
8.2 VALIDACIÓN HIDROLÓGICA DEL BALANCE Y EFICIENCIA DE LAS CUBIERTAS FLOTANTES MODULARES 105

8.3 LA NEUTRALIZACIÓN DEL RIESGO AERODINÁMICO EÓLICO 106
8.4 LA DIMENSIÓN TECNOLÓGICA Y DIGITAL: AUTOMATIZACIÓN, INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y TELEMETRÍA EN LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN 107
8.4.1 LA SUPERACIÓN DE MÉTODOS TRADICIONALES AGRÍCOLA MEDIANTE SISTEMAS INTELIGENTES BASADOS EN DATOS EN TIEMPO REAL 107
8.4.2 DESAFÍOS DE OPERABILIDAD Y LA BRECHA DE ADOPCIÓN TECNOLÓGICA EN ORGANIZACIONES DE USUARIOS 107
8.5 NEXO AGUA ENERGÍA EN PROYECTOS AGRIVOLTAICOS Y FOTOVOLTAICOS FLOTANTES 108
8.5.1 LA OPTIMIZACIÓN MUTUA DE RECURSOS MEDIANTE EL CODISEÑO HIDRO-ENERGÉTICO INTRAPREDIAL 108
8.5.2 RESTRICCIONES TÉCNICAS DE DISEÑO ELÉCTRICO Y LA SEGURIDAD ACTIVA COMO SALVAGUARDA FISCAL 109
8.6 LA DIMENSIÓN METODOLÓGICA Y PROFESIONAL: EL IMPACTO DE LA GUÍA TÉCNICA EN LA REDUCCIÓN DE LAS ASIMETRÍAS DE INFORMACIÓN Y LA CALIDAD DE LOS PROYECTOS CNR 109
8.6.1 LA BRECHA METODOLÓGICA COMO CAUSA RAÍZ DE LAS OBSERVACIONES Y RECHAZOS ADMINISTRATIVOS 109
8.6.2 EL INSTRUCTIVO TÉCNICO COMO HERRAMIENTA DE ESTANDARIZACIÓN, TRANSPARENCIA Y ASEGURAMIENTO DE LA INVERSIÓN PÚBLICA 110
CAPÍTULO IX 112
RECOMENDACIONES 112
9.1 RECOMENDACIONES PARA LA COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO (CNR) Y LOS ORGANISMOS EVALUADORES DEL ESTADO 112
9.1.1 AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE BASE EVAPORATIVA EN EL SISTEMA ELECTRÓNICO DE POSTULACIÓN (SEP) 112
9.1.2 RECONFIGURACIÓN PRESUPUESTARIA PROGRESIVA Y APERTURA DE CONCURSOS MULTITECNOLÓGICOS COFINANCIADOS 113
9.1.3 ACTUALIZACIÓN DE LAS BANDAS DE PRECIOS DEL DOCUMENTO TÉCNICO DT-18 PARA TECNOLOGÍAS DE VANGUARDIA 113
9.1.4 HABILITACIÓN DE UNA POSTULACIÓN ÚNICA DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO INTEGRADA 114
9.2 RECOMENDACIONES PARA LAS EMPRESAS CONSULTORAS, INGENIEROS DISEÑADORES Y FORMULADORES DE PROYECTOS 114
9.2.1 ADOPCIÓN METODOLÓGICA OBLIGATORIA DEL CO-DISEÑO INTEGRADO PARA EL NEXO AGUA ENERGÍA 114
9.2.2 EXIGENCIA DE SOPORTES ANALÍTICOS FÍSICOS Y ENSAYOS DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL BASALES PREVIA A LA POSTULACIÓN 115
9.2.3 ESTANDARIZACIÓN DE PLANOS DIGITALES BAJO ENTORNOS GIS Y CAPAS VECTORIALES INDEPENDIENTES 115
9.2.4 IMPLEMENTACIÓN DEL ENFOQUE DE ANÁLISIS DE RIESGO OPERACIONAL EN REDES DE TUBERÍAS 116

9.3 RECOMENDACIONES PARA LAS ORGANIZACIONES DE USUARIOS DE AGUA (OUAS) Y AGRICULTORES BENEFICIARIOS 116
9.3.1 EXIGENCIA DE PROTOCOLOS DE INTEROPERABILIDAD ABIERTA Y DATOS TRANSPARENTES A PROVEEDORES 116
9.3.2 PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA DEL GASTO OPERACIONAL (OPEX) Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ACTIVOS 117
9.3.3 CREACIÓN DE COMITÉS DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA Y ALFABETIZACIÓN DIGITAL AGRÍCOLA 118
9.3.4 MIGRACIÓN HACIA MÉTODOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA MULTIOBJETIVO EN LA GESTIÓN DE OUA 118
CAPÍTULO X 119
BIBLIOGRAFÍA 119
CAPÍTULO XI 121
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS 121
CAPÍTULO XII 122
GLOSARIO Y ACRÓNIMOS 122
CAPÍTULO XIII 126
ANEXOS 126
13.1 ANEXO A: ORDEN DE IDEAS SOBRE EL TEMA 127
13.2 ANEXO B: FICHAS BIBLIOGRÁFICAS 128
13.3 ANEXO C: GUÍA DESARROLLADA POR CONVENIO CNR-MINISTERIO DE ENERGÍA. 160
13.3.1 SISTEMAS AGRIVOLTAICOS (AGRI PV) Y SISTEMA FOTOVOLTAICO FLOTANTE (FLOATING PV)" 160
13.3.2 TUTORIAL GLOBAL SOLAR ATLAS 177
13.3.3 REQUISITOS PARA LA POSTULACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED 180
13.4 ANEXO D: MANUAL TÉCNICO DE DESALACIÓN Y PURIFICACIÓN DE AGUAS MEDIANTE ÓSMOSIS INVERSA (BOLETÍN INIA N° 462) 186
13.5 ANEXO E: DIAGNOSTICO PILOTO DE RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFERO, CUENCA DEL RÍO CACHAPOAL 187

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Revisión Bibliográfica- Bibliométrica. **26**

Tabla 2. Sistematización de palabras claves y/o conceptos. **28**

Tabla 3. Secuencia de objetivos. **36**

Tabla 4. Secuencia de etapas. **43**

Tabla 5. Proyectos postulados en el concurso 16-2025. **52**

Tabla 6. Presupuesto tipo en el concurso 16-2025 obra 7.2 **63**

Tabla 7. Presupuesto tipo en el concurso 16-2025 obra 7.3 **71**

Tabla 8. Presupuesto tipo en el concurso 16-2025 obra 7.4 **78**

Tabla 9. Presupuesto tipo en el concurso 16-2025 obra 7.5 **84**

Tabla 10. Cuadro explicativo de tipologías tecnológicas de vanguardia **86**

Tabla 11. Registro de proyectos históricos basales de SbN y captación alternativa (SCALLS, Atrapanieblas y Recarga de acuífero) **88**

Tabla 12. Cuadro general de partidas netas tipo para proyectos SCALL – Invernadero **97**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del modelo de investigación **24**

Figura 2. Publicación calendario de concurso. **33**

Figura 3. Comparación de inversión por categoría (2025 vs 2026). **35**

Figura 4. Modelo teórico aplicado. **39**

Figura 5. Carta Gantt con la programación de las etapas. **43**

Figura 6. Sistemas Agrivoltaicos. **47**

Figura 7. Fotovoltaico Flotante. **47**

Figura 8. Riego subterráneo. **48**

Figura 9. Monitoreo de calidad de agua a distancia. **48**

Figura 10. Programación y automatización de riego tecnificado. **49**

Figura 11. Cubiertas flotantes modulares. **50**

Figura 12. Distribución de proyectos en el concurso 16-2025. **52**

Figura 13. Síntesis de la aplicación metodológica. **57**

Figura 14. Atrapanieblas. **90**

Figura 15. Recarga artificial de acuíferos. **92**

Figura 16. Sistemas de captación de aguas lluvias (scalls). **94**

Figura 17. Esquema tratamiento de aguas grises. **100**

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

La gestión de los recursos hídricos en el siglo XXI se ha consolidado como uno de los desafíos más complejos y urgentes para el desarrollo socioeconómico y ambiental a escala global. El cambio climático, caracterizado por el aumento de las temperaturas globales, la alteración extrema en los regímenes de precipitaciones y la intensificación de eventos hidrológicos críticos ha dejado de ser una proyección futura para transformarse en una realidad operativa inmediata. En el caso de Chile, esta crisis se manifiesta con especial gravedad en una prolongada sequía estructural que afecta de manera ininterrumpida a gran parte del territorio nacional por más de una década. Este fenómeno, denominado técnicamente como megasequía, ha alterado de manera permanente la disponibilidad superficial y subterránea del agua, forzando a la sociedad y al Estado a replantear de manera urgente los paradigmas bajo los cuales se administra y fomenta el uso del recurso hídrico.

Dentro de los sectores productivos chilenos, la agricultura constituye, con diferencia, el principal usuario consumidor del agua, demandando más del 70% de las extracciones totales a nivel nacional. Esta dependencia crítica convierte al agro en el sector más vulnerable frente a las fluctuaciones del ciclo hidrológico. Históricamente, la respuesta de las políticas públicas para enfrentar la escasez hídrica se estructuró bajo una doctrina de fomento orientada predominantemente hacia la oferta física del recurso. El hito normativo más relevante de esta estrategia ha sido la Ley N° 18.450 de "Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje", promulgada en el año 1985. Durante casi cuatro décadas, este instrumento económico incentivó la acumulación de capital físico en las cuencas mediante el cofinanciamiento de obras de revestimiento de canales, entubamientos y la masificación de sistemas convencionales de riego tecnificado localizado.

No obstante, el enfoque tradicional de la ley estuvo centrado principalmente en soluciones de obras civiles, lo que, si bien permitió ampliar de manera clara la superficie regada y mejorar la productividad de las exportaciones silvoagropecuarias, generó indirectamente rigideces y un aumento de la presión hídrica sobre los acuíferos. En las cuencas sobreotorgadas, la tecnificación tradicional no logró detener la disminución de los caudales de los ríos ni la caída sostenida de los niveles freáticos, puesto que la modernización de los sistemas prediales solía traducirse en un incremento de la evapotranspiración neta a nivel de cuenca, obviando la necesidad de conservar y recuperar de manera interna el recurso que ya había sido extraído del medio natural.

La promulgación de la Ley N° 21.597 en el año 2023, la cual modifica y prorroga la vigencia de la Ley N° 18.450, marca un hito en la política de fomento hídrico nacional al considerar, los subsidios estatales a criterios de sustentabilidad ambiental, resiliencia ecológica intrapredial y adaptación al cambio climático, en perfecta sintonía con la Ley N° 21.455 (Ley Marco de Cambio Climático). La

reforma legal de 2023 incorpora nuevas tipologías de obras que por primera vez abren espacios para proyectos que promuevan la innovación tecnológica y soluciones basadas en la naturaleza (SbN), orientadas no a captar más agua de las fuentes, sino a optimizar de manera digital su distribución, detener la evaporación pasiva en estanques acumuladores y restituir de manera planificada el agua a las fuentes de origen.

- **La Brecha Metodológica e Institucional**

A pesar del avance de la Ley N° 21.597, los formuladores privados enfrentan brechas técnicas para estructurar memorias avanzadas (IA, celdas fotovoltaicas y dinámicas eólicas), lo que genera observaciones en la plataforma SEP. Para abordar esta problemática, el presente estudio analiza los proyectos del Concurso N° 16-2025 y propone un instructivo técnico de estandarización documental.

- **Estructura y Aporte del Estudio**

En este contexto, se adopta un enfoque aplicado con el propósito de analizar de manera crítica la transición tecnológica de la Ley N° 18.450 y generar una propuesta metodológica concreta para neutralizar las brechas técnicas de formulación. A través de la construcción y el procesamiento de una base de datos con 37 proyectos correspondientes al Concurso de Innovación N° 16-2025, se estudian y calibran las variables de codiseño hidráulico, agronómico, eléctrico, eólico y de control digital para cinco ejes de vanguardia: programación y automatización de riego con Inteligencia Artificial, sistemas fotovoltaicos flotantes e intraprediales, monitoreo de calidad de agua a distancia, cubiertas flotantes modulares anti-evaporación, y sistemas alternativos para el concurso de soluciones basadas en la naturaleza como atrapanieblas, recarga gestionada de acuíferos y captación de aguas lluvias (SCALLS).

El producto del estudio consiste en el diseño y desarrollo de un Instructivo Técnico y Guía de Postulación que sistematiza de manera detallada las exigencias documentales y analíticas. Al protocolizar secuencialmente los criterios de admisibilidad técnica y presupuestaria, este instrumento se constituye como un ecualizador metodológico. El instructivo busca dotar a los consultores privados de una pauta clara para estructurar carpetas y, de manera simultánea, proveer a la CNR de un estándar objetivo para acelerar la evaluación estatal y lograr una mayor demanda de este tipo de proyecto para poder asignar mayores recursos a estos concursos.

Esta tesina se estructura de la siguiente manera: en el Capítulo II se detallan el origen, propósito y alcances de la investigación, vinculando el cambio normativo con las necesidades reales detectadas en terreno; en el Capítulo III se definen el objetivo general y la secuencia de metas específicas que guían metodológicamente el estudio; en el Capítulo IV se construye el estado del arte y la revisión bibliométrica, sistematizando las asignaturas claves del Magíster en Gestión del Agua y las referencias de la literatura global sobre nexo agua-energía, gobernanza y optimización de sistemas hídricos; en el Capítulo V se formula la metodología de trabajo planificada en una secuencia temporal de 27 semanas de ejecución continua; en el Capítulo VI se aborda la fase operativa de aplicación y

la búsqueda sistémica de expedientes del concurso piloto; en el Capítulo VII se consolidan los resultados, desarrollando las fichas analíticas detalladas y el manual de presupuestación y diseño para cada tipología hídrica; en el Capítulo VIII se exponen las conclusiones estructurales agrupadas en sus dimensiones regulatoria, hidrológica, tecnológica y profesional; y, finalmente, en el Capítulo IX se entregaron recomendaciones detalladas y de carácter estratégico para la CNR, las empresas consultoras y las Organizaciones de Usuarios de Agua (OUAs) de Chile.

CAPÍTULO II

ORIGEN, PROPÓSITO Y ALCANCES

En este apartado se describen los fundamentos del estudio, que identifica el desafío de la renovación de la Ley N° 18.450 de “Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje” del año 2023, desde una perspectiva integral, combinando dimensiones técnicas, normativas y de gestión. De esta forma, este estudio propone un enfoque que vincula directamente los cambios que permiten una ampliación en la postulación de nuevos proyectos de riego y el desarrollo de un instructivo técnico orientado a mejorar la formulación y postulación de nuevas iniciativas, constituyéndose en un aporte concreto tanto para el ámbito de los postulantes como para la revisión de los nuevos proyectos que se pueden incorporar desde la CNR.

2.1 ORIGEN DEL ESTUDIO

Esta investigación se origina en el contexto de creciente complejidad que enfrenta la gestión del recurso hídrico en Chile, particularmente en el ámbito agrícola, donde el agua constituye un insumo estratégico para el desarrollo productivo. En las últimas décadas, el país ha experimentado una disminución sostenida en la disponibilidad hídrica, asociada tanto a factores climáticos como a una creciente demanda por el recurso. Este escenario ha sido caracterizado por una prolongada megasequía que ha afectado a gran parte del territorio nacional, generando impactos significativos en la agricultura, el abastecimiento humano y los ecosistemas.

La evidencia disponible muestra que esta situación no corresponde a un fenómeno aislado, sino que responde a una tendencia estructural vinculada al cambio climático, la variabilidad interanual de precipitaciones y el aumento en la presión sobre las fuentes de agua. En este contexto, diversos informes técnicos y reportes han advertido sobre la necesidad de transitar hacia modelos de gestión más eficientes, resilientes y sostenibles, capaces de enfrentar escenarios de escasez hídrica de manera estructural.

En el ámbito de la política pública, Chile ha contado históricamente con instrumentos orientados a fomentar el uso eficiente del agua, entre los cuales destaca la Ley N° 18.450, que promueve la inversión privada en obras de riego y drenaje mediante incentivos económicos. Desde su creación, esta ley ha sido un pilar en el desarrollo de infraestructura hídrica en el sector agrícola, permitiendo ampliar la superficie regada y mejorar la productividad en diversas regiones del país.

Sin embargo, el enfoque tradicional de esta normativa ha estado centrado principalmente en el desarrollo de obras convencionales, tales como canales de conducción, revestimientos y sistemas de distribución, lo que, si bien ha generado avances importantes, no necesariamente ha respondido a los desafíos actuales

en materia de eficiencia hídrica, sostenibilidad ambiental e integración de nuevas tecnologías.

La renovación de la Ley N° 18.450 en el año 2023 representa un punto de inflexión en este contexto, al incorporar nuevos lineamientos orientados a la eficiencia en el uso del agua, la sostenibilidad de las intervenciones y la adaptación al cambio climático. Este cambio normativo busca ampliar el alcance de los proyectos financiados, promoviendo la incorporación de soluciones innovadoras, tecnologías emergentes y enfoques basados en la naturaleza, los cuales han demostrado ser efectivos en la gestión integrada del recurso hídrico a nivel internacional.

No obstante, a pesar de estos avances, en la práctica se observa que la implementación de estos nuevos enfoques enfrenta dificultades significativas. En particular, se evidencia que muchos proyectos continúan siendo formulados bajo esquemas tradicionales, sin incorporar plenamente los nuevos criterios establecidos en la normativa. Esta situación se traduce en observaciones técnicas, rechazos en procesos de evaluación y, en algunos casos, en una baja efectividad de las iniciativas desarrolladas.

El origen de esta investigación se encuentra, por tanto, en la identificación de esta brecha entre la evolución normativa y su aplicación práctica. Esta brecha no solo limita el impacto de la política pública, sino que también representa una oportunidad para mejorar los procesos de formulación y evaluación de proyectos, incorporando herramientas que permitan una mejor interpretación y aplicación de los nuevos lineamientos.

Asimismo, esta investigación surge desde una perspectiva profesional, basada en la experiencia en el análisis, revisión y seguimiento de proyectos de riego, donde se ha observado de manera directa la existencia de inconsistencias en la formulación de iniciativas, así como dificultades en la incorporación de criterios técnicos asociados a eficiencia hídrica, innovación y sostenibilidad. Esta experiencia permite abordar el problema desde una mirada aplicada, integrando conocimientos técnicos con la realidad operativa del sistema.

En este sentido, el estudio se posiciona como una oportunidad para contribuir a la mejora de la gestión del recurso hídrico en Chile, mediante el análisis de un instrumento clave de política pública y la generación de propuestas orientadas a su optimización.

2.2 PROPÓSITO DE LA INVESTIGACIÓN

El propósito de la investigación es analizar el impacto de la renovación de la Ley N° 18.450 del año 2023 en la gestión eficiente del recurso hídrico en Chile, considerando tanto su dimensión normativa como su aplicación práctica en la formulación y desarrollo de proyectos de riego.

A diferencia de estudios tradicionales que se limitan al análisis conceptual o normativo, esta investigación adopta un enfoque aplicado, orientado a

comprender cómo los cambios introducidos en la legislación se traducen en la práctica y de qué manera influyen en la calidad, eficiencia y sostenibilidad de los proyectos desarrollados. Este enfoque permite no solo evaluar el alcance de la normativa, sino también identificar brechas, limitaciones y oportunidades de mejora en su implementación.

En este contexto, uno de los principales propósitos del estudio es vincular la teoría con la práctica, integrando conocimientos provenientes del ámbito académico con la experiencia profesional en la formulación y evaluación de proyectos. Esta integración permite abordar el problema de manera más completa, considerando tanto los fundamentos técnicos como las condiciones reales en las que se desarrollan las iniciativas.

Un elemento central del propósito de la investigación es la elaboración de un instructivo técnico para la formulación y postulación de proyectos de riego. Este instrumento tiene como objetivo orientar a los profesionales del sector en la correcta estructuración de iniciativas, incorporando criterios de eficiencia hídrica, sostenibilidad, innovación y soluciones basadas en la naturaleza. De esta manera, se busca mejorar la calidad de las postulaciones y facilitar su evaluación, contribuyendo a una mejor utilización de los recursos disponibles.

Asimismo, la investigación espera contribuir al fortalecimiento de la gestión del recurso hídrico desde una perspectiva integrada, promoviendo un enfoque que considere no solo aspectos técnicos, sino también variables económicas, ambientales y de gestión. Este enfoque resulta particularmente relevante en el contexto actual, donde la complejidad de los desafíos asociados al agua requiere soluciones multidimensionales.

Desde el punto de vista académico, el estudio contribuye al desarrollo del conocimiento en el ámbito de la gestión del agua, aportando un análisis actualizado de un instrumento clave de política pública y su evolución reciente. Además, permite integrar contenidos y herramientas adquiridas durante el programa de magíster, aplicándolos a un caso real y relevante para el contexto nacional.

En el ámbito profesional, el propósito de la investigación es generar un aporte concreto que pueda ser utilizado por distintos actores del sector, incluyendo consultores, formuladores de proyectos y entidades evaluadoras. En este sentido, el instructivo técnico a desarrollar constituye una herramienta práctica que busca facilitar la implementación de la normativa y mejorar la calidad de las iniciativas presentadas.

En síntesis, el propósito del estudio no se limita a la generación de conocimiento teórico, sino que busca generar un impacto real en la forma en que se diseñan y evalúan los proyectos de riego en Chile, contribuyendo a una gestión más eficiente y sostenible del recurso hídrico.

2.3 ALCANCES DEL ESTUDIO

El alcance de la investigación se define en función de su carácter aplicado, su enfoque metodológico y la disponibilidad de información relevante. El estudio se centra en el análisis de la Ley N° 18.450 y su renovación del año 2023, evaluando su impacto en la formulación y desarrollo de proyectos de riego en el contexto nacional.

Para ello, se considera la revisión de antecedentes técnicos y normativos, incluyendo legislación vigente, reglamentos asociados, bases de concursos del Departamento de Fomento al Riego y documentación técnica vinculada a proyectos. Esta revisión permite establecer un marco de referencia sólido para el análisis, así como identificar los principales cambios introducidos por la normativa.

Asimismo, el estudio contempla la construcción de una base de datos de proyectos de riego asociados a la Ley N° 18.450, la cual permitirá sistematizar información relevante y analizar tendencias, patrones y brechas en la formulación de iniciativas. Esta base de datos constituye un elemento clave de la investigación, dado que permite sustentar el análisis en evidencia empírica y no solo en antecedentes teóricos.

En términos metodológicos, el alcance incluye la aplicación de herramientas de análisis técnico, así como la calibración y validación de metodologías de diseño utilizadas en proyectos de riego. Esto permite evaluar la consistencia y aplicabilidad de dichas herramientas bajo el nuevo marco normativo, identificando oportunidades de mejora en su utilización.

El estudio también contempla la aplicación de la metodología desarrollada sobre los datos recopilados, con el fin de generar resultados que permitan evaluar el impacto de la normativa en la calidad de los proyectos. Estos resultados servirán de base para la elaboración de conclusiones y recomendaciones, así como para el desarrollo del instructivo técnico.

Es importante señalar que la investigación no considera el diseño detallado de obras específicas ni la ejecución de proyectos en terreno, sino que se enfoca en el análisis de los procesos de formulación y evaluación de iniciativas. No obstante, sus resultados tienen un carácter aplicado, dado que pueden ser utilizados directamente en el ámbito profesional.

Adicionalmente, el alcance del estudio incluye la identificación de nuevas oportunidades en el desarrollo de proyectos de riego, particularmente en relación con la incorporación de soluciones innovadoras, tecnologías emergentes y enfoques basados en la naturaleza. Estas alternativas, si bien presentan un alto potencial, aún tienen un nivel limitado de implementación en el contexto nacional, lo que representa una oportunidad para su desarrollo futuro.

Finalmente, la investigación se enmarca en el contexto de cambio climático y escasez hídrica que afecta al país, lo que le otorga una alta pertinencia temporal. En este sentido, sus resultados no solo contribuyen al análisis de una normativa específica, sino que también aportan a la discusión más amplia sobre la gestión

del recurso hídrico en Chile, promoviendo enfoques más eficientes, sostenibles y adaptativos.

Bajo estas circunstancias, la magnitud de la crisis hídrica en Chile ha sido ampliamente documentada tanto por organismos técnicos como por medios de comunicación. Diversos reportes periodísticos han dado cuenta de la persistencia de la megasequía que afecta a la zona central del país desde hace más de una década, evidenciando la disminución sostenida de precipitaciones y caudales. Por ejemplo, el diario El Mercurio ha señalado que esta condición ha generado impactos significativos en la disponibilidad de agua para riego y consumo humano, especialmente en regiones agrícolas, donde se han debido implementar medidas extraordinarias para garantizar el abastecimiento (El Mercurio, 2023). Crisis hídrica en Chile y efectos en la agricultura. Santiago, Chile.

Asimismo, otros medios como La Tercera han reportado que múltiples comunas del país han dependido del abastecimiento mediante camiones aljibe, reflejando la gravedad de la situación hídrica y la vulnerabilidad de los sistemas actuales frente a escenarios de escasez prolongada (La Tercera, 2022). Estos antecedentes refuerzan la necesidad de fortalecer los instrumentos de gestión del agua, orientándolos hacia un uso más eficiente, sostenible y resiliente del recurso hídrico.

CAPÍTULO III

OBJETIVOS

El capítulo define el objetivo general y plantea los objetivos específicos de la investigación, los cuales orientan el desarrollo del estudio y establecen los lineamientos a seguir en sus distintas etapas. Estos objetivos permiten estructurar el trabajo de manera coherente, definiendo una ruta clara para la obtención de resultados.

3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar los beneficios de la renovación de la Ley 18.450 del año 2023 para la gestión del recurso hídrico, desde una perspectiva técnica y de gestión, incorporando llamados nacionales específicos para nuevas tipologías de obras, según el calendario de concursos del Departamento de Fomento al Riego e implementando la elaboración de un instructivo técnico detallado para la postulación de este tipo de proyectos, con el fin de buscar mejorar el enfoque tradicional de proyectos y abrir un espacio real a iniciativas de innovación y obras basadas en la naturaleza.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1- Conocer la documentación técnica y normativa disponible en los distintos sistemas de información asociados a la Ley 18.450.

2- Comprender como se asociación a la investigación los diferentes aportes de las asignaturas de estudio del magister de gestión del agua.

3- Describir la evolución y los principales cambios de la Ley 18.450.

4- Formular el marco teórico cumplido los objetivos específicos 1, 2 y 3.

5- Priorizar las herramientas de diseño utilizadas en proyectos de riego, con el fin de asegurar su consistencia, confiabilidad y aplicabilidad en la formulación de nuevas iniciativas bajo el marco de la Ley 18.450.

6- Generar una base de datos estructurada de los proyectos asociados a la Ley 18.450, que integren los antecedentes técnicos, administrativos y de postulación.

7- Aplicar las propuestas metodológicas y las herramientas de análisis, sobre la información recopilada.

8- Validar la aplicabilidad y generar resultados que respalden la mejora en la formulación de proyectos de riego en el marco de Ley 21.597 (antes 18.450).

9- Presentar diseños para los nuevos proyectos de riego.

10- Establecer los niveles de progresión en calidad de acuerdo con la evolución de la ley en estudio (económicas, ambientales y sociales).

11- Presentar recomendaciones para las nuevas obras de riego que se pueden establecer en la evolución de ley de riego.

12- Desarrollar un instructivo técnico para la formulación de proyectos que incorpore criterios de eficiencia hídrica, innovación y soluciones basadas en la naturaleza.

Los objetivos específicos se representan de forma esquemática en la **Figura 1** y se agrupan en 6 etapas secuenciales con un eje transversal de iteración. El proceso inicia con el Análisis Normativo, orientado a revisar el marco legal, las regulaciones de riego y la Ley 18.450; continúa con la revisión del Estado del Arte, abarcando investigación científica, tecnologías actuales y la literatura disponible; y avanza hacia el Desarrollo Metodológico, donde se configuran el diseño experimental, las herramientas de cálculo y los protocolos de prueba. Posteriormente, se elabora el Instructivo Técnico, detallando guías de usuario, especificaciones de diseño y pautas de operación y mantenimiento, para luego proceder a los Resultados y Validación mediante análisis de datos, evaluaciones costo-beneficio y comprobación de impacto. La secuencia culmina en la Aplicación en Proyectos a través de casos de estudio, pilotos y adaptación regional, todo bajo un ciclo permanente de Iteración y Mejora Continua que retroalimenta la investigación a partir de los resultados empíricos.

Figura 1: Esquema del modelo de investigación.



Fuente: *infografía con IA basada en mis fuentes "Notebook"*

CAPÍTULO IV

ESTADO DEL ARTE

Este capítulo tiene como finalidad analizar y sistematizar el conocimiento existente en torno a la gestión del recurso hídrico, con énfasis en la eficiencia en el uso del agua, la formulación de proyectos de riego y la evolución de los instrumentos normativos asociados, particularmente la Ley N° 18, promulgada en 1985, y su actualización del año 2023.

4.1 ANTECEDENTES DEL ESTADO DEL ARTE

Se realiza una revisión estructurada de literatura científica, normativa y técnica, que permite identificar los principales enfoques, metodologías y tendencias en el desarrollo de proyectos de riego, así como las brechas existentes en su formulación e implementación. Este análisis se construye a partir de una base de lecturas previamente sistematizadas, las cuales han sido clasificadas según su nivel de relevancia en fundamentales, específicas y complementarias.

El estado del arte no solo busca describir el conocimiento disponible, sino también establecer una base conceptual sólida para el desarrollo de la investigación, permitiendo contextualizar el problema de estudio, identificar oportunidades de mejora y fundamentar la propuesta metodológica planteada. En este sentido, el capítulo constituye un elemento clave para la construcción del marco teórico y la definición del enfoque aplicado de la investigación.

4.1.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La revisión del estado del arte se desarrolla a partir de un análisis sistemático de literatura académica, documentos técnicos y normativa vigente relacionada con la gestión del recurso hídrico y los proyectos de riego. Esta revisión se apoya en una base de datos estructurada que contiene un conjunto de 40 lecturas seleccionadas, las cuales han sido organizadas en función de su relevancia y aporte al desarrollo de la investigación.

Las lecturas han sido clasificadas en tres categorías: fundamentales, específicas y complementarias. Las lecturas fundamentales corresponden a aquellas que entregan el marco conceptual general sobre la gestión del agua, gobernanza hídrica y políticas públicas. Las lecturas específicas, en tanto, abordan temáticas particulares relacionadas con eficiencia hídrica, tecnologías de riego, herramientas de análisis y evaluación de proyectos. Finalmente, las lecturas

complementarias aportan antecedentes adicionales que enriquecen la comprensión del problema de estudio.

A partir de esta clasificación, se construye una tabla de síntesis que permite visualizar de manera ordenada los principales aportes de cada documento, considerando aspectos como el autor, el tipo de lectura y su contribución al tema de investigación. Esta sistematización facilita la identificación de patrones, tendencias y vacíos en el conocimiento existente.

En términos generales, la literatura revisada evidencia un avance significativo en el desarrollo de herramientas y enfoques para mejorar la eficiencia en el uso del agua, destacando el uso de tecnologías de monitoreo, modelos de optimización y enfoques integrados de gestión. Asimismo, se observa una creciente incorporación de conceptos como sostenibilidad, resiliencia y adaptación al cambio climático en el diseño de políticas públicas y proyectos de infraestructura hídrica.

Sin embargo, también se identifican brechas importantes en la aplicación de estos enfoques en el contexto real de los proyectos, particularmente en lo que respecta a la formulación de iniciativas bajo marcos normativos específicos. Esta situación refuerza la necesidad de desarrollar herramientas que permitan traducir estos avances teóricos en aplicaciones prácticas.

Con el propósito de operacionalizar el proceso metodológico, se estructuró un modelo secuencial que integra las dimensiones normativas, analíticas y aplicadas. A continuación, en la **Tabla 1** se esquematizan las distintas fases de trabajo que sustentan el desarrollo del estudio:

Tabla 1. Revisión Bibliográfica- Bibliométrica

N° Lectura	Tipo de Lectura	Autor / año	Resumen
1	Fundamental	Müller et al (2020).	Integra riesgo de escasez y sostenibilidad del reúso para mejorar decisiones hídricas.
2	Específica	Peña-Arancibia et al (2024).	Uso de LiDAR y satélites para estimar volúmenes de agua en planicies agrícolas.
3	Específica	Lammers et al (2019).	Caudal ecológico basado en modelo hidrológico calibrado, no valores fijos.
4	Específica	Valdés-Pineda et al (2014).	Gobernanza hídrica en Chile presenta fragmentación y no se adapta a escasez.
5	Específica	Fernández-Ortega et al (2024).	Marco para evaluar riesgo de contaminación en manantiales.
6	Específica	Coelho et al (2022).	Selección participativa de indicadores mejora planificación hídrica.
7	Fundamental	Bosch & Gupta (2023).	Conflicto entre propiedad pública del agua y uso privado en Chile.
8	Específica	AASB (2011).	Valoración económica del agua e infraestructura mejora decisiones.
9	Específica	Kim (2024).	Análisis de actores clave para implementar políticas hídricas.

N° Lectura	Tipo de Lectura	Autor	Resumen
10	Específica	Vardon (2025).	Indicadores permiten evaluar y mejorar gobernanza del agua.
11	Fundamental	OECD (2017).	Brechas en gobernanza de infraestructura hídrica en Chile.
12	Específica	Grigg (2015).	Gestión de tuberías basada en riesgo para extender vida útil.
13	Específica	Wu et al (2025).	WSUD reduce inundaciones integrando urbanismo y agua.
14	Específica	Wang et al (2025).	Soluciones basadas en naturaleza reducen inundaciones urbanas.
15	Fundamental	Loucks & van Beek (2017).	Gestión integrada de sistemas hídricos bajo múltiples objetivos.
16	Fundamental	Haasnoot (2014).	Políticas del agua deben ser adaptativas y dependientes del contexto.
17	Específica	Rodríguez Díaz et al (2017).	DEA mide eficiencia en uso del agua en riego.
18	Específica	Buchade et al (2016).	Six Sigma reduce pérdidas de agua en redes.
19	Específica	Chen et al (2020).	Nexo agua-energía-ambiente genera trade-offs en gestión.
20	Específica	Vilarinho et al (2023).	Índices permiten evaluar calidad de servicio de empresas sanitarias.
21	Específica	Sciences Research Council (2020)	Innovación hídrica enfrenta barreras de implementación.
22	Fundamental	Arrojo et al (1999).	Análisis costo-beneficio suele sobreestimar rentabilidad de proyectos.
23	Fundamental	Ley 18.450 (1985).	Ley 18.450 fomenta inversión privada en riego.
24	Fundamental	Ley 21.597 (2023).	Ley 21.597 incorpora sostenibilidad y cambio climático en riego.
25	Fundamental	Ley 21.455 (2022).	Ley marco de cambio climático obliga integración en políticas.
26	Fundamental	Decreto 95 (2015).	Reglamento operacionaliza la ley de riego.
27	Fundamental	Decreto 40 (2013).	SEIA regula evaluación ambiental de proyectos.
28	Fundamental	Decreto 16 (2025).	Plan adapta sector agrícola al cambio climático.
29	Fundamental	Resolución 384 (2026).	Coordinación estatal para soluciones basadas en naturaleza.
30	Específica	Trommsdorff et al (2022).	Energía solar mejora eficiencia hídrica en agricultura.
31	Fundamental	F. Rey (2025).	Sbn como herramienta clave en gestión hídrica.
32	Específica	Saluja et al (2025).	Sbn efectivas, pero con falta de evidencia y monitoreo.
33	Específica	Miglietta et al (2026).	IA mejora análisis y optimización de sistemas hídricos.
34	Específica	Ivanova et al (2024).	Predicción de humedad del suelo con sensores e IA.
35	Específica	Shah et al (2023).	Riego inteligente mejora eficiencia y productividad.
36	Específica	Ang et al (2019).	Fotovoltaicos flotantes generan energía y reducen evaporación.
37	Específica	Hassan et al (2015).	Cubiertas flotantes reducen evaporación en embalses.
38	Específica	Chen et al (2024).	Monitoreo de calidad de agua con teledetección y ML.

N° Lectura	Tipo de Lectura	Autor	Resumen
39	Específica	Geoforum varios autores (2019).	Muestra complejidad del nexo agua-energía.
40	Específica	Asadnia et al (2024).	Sensores permiten monitoreo continuo de calidad de agua de riego.
41	Fundamental	Saavedra, A., Valdés, H., & Zúñiga, C. (2022)	Manual técnico y de transferencia CNR/INIA para el diseño, operación y criterios de calidad química en plantas de ósmosis inversa de uso agrícola.

Fuente: *Elaboración propia*

4.1.2 SISTEMATIZACIÓN DE PALABRAS CLAVES Y/O CONCEPTOS

La información recopilada a través de fuentes web, repositorios, material docente del Magíster en Gestión del Agua (MWM) y bibliotecas digitales, fue previamente clasificada en el marco de la revisión bibliográfica. A partir de ello, los antecedentes se sintetizan y estructuran mediante el uso de palabras clave, permitiendo identificar las ideas principales relacionadas con la construcción, distribución, gestión y otros aspectos relevantes del estudio.

El análisis detallado se presenta en los anexos; no obstante, en la **Tabla 2** se expone una síntesis del trabajo desarrollado.

Tabla 2. Sistematización de palabras claves y/o conceptos

Eje Temático	Fichas	Aporte a Innovación y SbN	Aplicación en Tesina (Ley 18.450)	Pregunta de Investigación Asociada
Modernización y Marco Legal	23, 24, 25, 26, 27, 28	Cambio de paradigma: del fomento productivo a la resiliencia climática obligatoria (Ley 21.597).	Justificación jurídica para la inclusión de beneficios ambientales en los concursos de la CNR.	¿De qué manera el nuevo marco reglamentario de la Ley 18.450 operativiza la adaptación al cambio climático más allá del discurso normativo?
Soluciones Basadas en la Naturaleza	13, 14, 29, 31, 32	Evidencia científica sobre efectividad de humedales artificiales y restauración de cuencas en control de crecidas.	Propuesta técnica de "Nuevos Tipos de Obra" bonificables con impacto ecosistémico.	¿Qué criterios técnicos y administrativos son necesarios para estandarizar las SbN como obras anexas elegibles para bonificación estatal?
Innovación Digital e IoT	2, 33, 34, 35, 38, 40	Sistemas inteligentes, teledetección (LiDAR) y sensores de iones para optimización en tiempo real.	Justificación de la telemetría obligatoria y uso de Big Data en Organizaciones de Usuarios de Agua (OUA).	¿Cómo influye la integración de sensores IoT y teledetección en la transparencia y eficiencia de la distribución de aguas en las juntas de vigilancia?

Eje Temático	Fichas	Aporte a Innovación y SbN	Aplicación en Tesina (Ley 18.450)	Pregunta de Investigación Asociada
Nexo Agua-Energía y Eficiencia	18, 30, 36, 37, 39	Agrivoltaica y FV Flotante para reducir evaporación y costos operativos de bombeo.	Análisis de eficiencia energética como requisito de innovación para proyectos extraprediales.	¿Cuál es el potencial de ahorro hídrico por reducción de evaporación mediante sistemas fotovoltaicos flotantes en embalses agrícolas bonificados?
Gestión Estratégica y Valoración	1, 8, 12, 17, 21, 22	Metodologías de rentabilidad real (DEA, Costo-Beneficio) considerando externalidades ambientales.	Propuesta de nuevos indicadores de evaluación que midan el "valor hídrico" y no solo hectáreas regadas.	¿Deben los indicadores de evaluación de la CNR transitar desde el VAN privado hacia una valoración del capital natural y resiliencia social?

Fuente: *Elaboración propia*

4.2 SUJETO DE ESTUDIO.

El sujeto de estudio corresponde a la formulación, evaluación e implementación de proyectos de riego en el marco de la Ley N° 18.450 de 1985 y su actualización del año 2023, considerando su incidencia en la gestión eficiente del recurso hídrico en Chile. El análisis se enfoca en caracterizar el estado actual del sistema, describiendo las condiciones existentes desde una perspectiva técnica, normativa y operativa, con el propósito de establecer una base objetiva que permita sustentar el desarrollo de la propuesta metodológica.

La gestión del recurso hídrico en Chile se desarrolla en un contexto de alta complejidad, determinado por la interacción de factores climáticos, institucionales y productivos. En el ámbito agrícola, el agua constituye un insumo fundamental, cuyo uso está condicionado tanto por la disponibilidad física del recurso como por la capacidad de los sistemas de riego para gestionarlo de manera eficiente. En este escenario, los proyectos de riego cumplen un rol clave, al constituir el principal mecanismo mediante el cual se materializa la infraestructura necesaria para la conducción, distribución y aplicación del agua.

Desde el punto de vista normativo, la Ley N° 18.450 ha sido históricamente el principal instrumento de fomento a la inversión en obras de riego y drenaje en Chile. Su actualización en el año 2023 introduce nuevos criterios orientados a mejorar la eficiencia hídrica, incorporar consideraciones ambientales y promover la sostenibilidad de las intervenciones. Sin embargo, la implementación de estos lineamientos se desarrolla en un sistema donde aún predominan prácticas tradicionales de formulación de proyectos, lo que configura un escenario mixto entre innovación normativa y continuidad operativa.

En términos científicos, la gestión del recurso hídrico ha evolucionado hacia enfoques integrados que consideran múltiples dimensiones del problema. La literatura especializada ha consolidado el concepto de gestión integrada de los

recursos hídricos como un paradigma central, destacando la necesidad de abordar el agua desde una perspectiva sistémica que incorpore variables hidrológicas, económicas, sociales y ambientales. En este marco, la eficiencia en el uso del agua se entiende no solo como una mejora en la infraestructura, sino como el resultado de una adecuada planificación, operación y gestión de los sistemas.

El conocimiento actual también ha avanzado en el desarrollo de herramientas técnicas orientadas a optimizar el uso del recurso. Entre estas se incluyen modelos hidrológicos, herramientas de simulación hidráulica, metodologías de evaluación multicriterio y técnicas de análisis de eficiencia. Estas herramientas permiten mejorar la toma de decisiones en el diseño y evaluación de proyectos, proporcionando un soporte técnico robusto para la planificación de intervenciones.

Asimismo, se observa un desarrollo creciente en el uso de tecnologías emergentes aplicadas a la gestión del agua, tales como sensores de monitoreo en tiempo real, sistemas de información geográfica, inteligencia artificial y análisis de datos. Estas tecnologías permiten mejorar exactitud y la precisión en la medición del recurso, optimizar su distribución y reducir pérdidas, contribuyendo a una gestión más eficiente y adaptativa.

No obstante, a pesar de estos avances, la aplicación de estas herramientas en el contexto específico de los proyectos de riego bajo la Ley N° 18.450 presenta limitaciones. En particular, se observa que la formulación de proyectos continúa basándose en metodologías tradicionales, con una baja incorporación de herramientas avanzadas y criterios de innovación. Esta situación evidencia una brecha entre el conocimiento disponible y su aplicación práctica, lo que constituye uno de los elementos centrales del sujeto de estudio.

En cuanto al tratamiento del tema en la literatura, los estudios han abordado la gestión del agua desde diversas perspectivas, incluyendo la evaluación de políticas públicas, la eficiencia en el uso del recurso, la gobernanza hídrica y la incorporación de tecnologías en sistemas de riego. Estos enfoques han permitido generar un conocimiento amplio sobre los desafíos y oportunidades en la gestión hídrica, aunque en muchos casos se han desarrollado de manera aislada, sin una integración directa con los procesos de formulación de proyectos bajo marcos normativos específicos.

En el contexto chileno, diversos estudios han identificado desafíos asociados a la gobernanza del agua, tales como la fragmentación institucional, la falta de coordinación entre actores y la dificultad para integrar criterios de sostenibilidad en la toma de decisiones. Estas condiciones influyen directamente en la forma en que se desarrollan los proyectos de riego, afectando su calidad y efectividad.

Desde el punto de vista de las tendencias, se observa una transición hacia enfoques más sostenibles y adaptativos en la gestión del recurso hídrico. Entre estas tendencias destacan la incorporación de soluciones basadas en la naturaleza, el uso de energías renovables en sistemas de riego, la digitalización de la gestión hídrica y el desarrollo de sistemas inteligentes de riego. Estas innovaciones buscan no solo mejorar la eficiencia en el uso del agua, sino también

reducir impactos ambientales y aumentar la resiliencia de los sistemas frente al cambio climático.

Sin embargo, la incorporación de estas tendencias en el desarrollo de proyectos aún es limitada, especialmente en el contexto de instrumentos de fomento como la Ley N° 18.450. Esta situación refleja la existencia de barreras técnicas, económicas y culturales que dificultan la adopción de nuevas soluciones, manteniendo la predominancia de enfoques tradicionales.

Para abordar adecuadamente el sujeto de estudio, es necesario considerar una serie de conceptos clave que estructuran el análisis. Entre estos destacan la eficiencia hídrica, entendida como la relación entre el agua utilizada y el beneficio obtenido; la gestión integrada de recursos hídricos, que promueve un enfoque sistémico; la sostenibilidad, que incorpora dimensiones ambientales, sociales y económicas; y las soluciones basadas en la naturaleza, que buscan aprovechar procesos naturales para mejorar la gestión del agua.

Asimismo, resulta relevante considerar conceptos asociados a la evaluación de proyectos, tales como análisis costo-beneficio, indicadores de eficiencia, criterios de diseño hidráulico y metodologías de validación técnica. Estos elementos permiten estructurar el análisis de los proyectos y evaluar su desempeño en relación con los objetivos planteados.

En relación con los modelos y enfoques metodológicos existentes, la literatura presenta diversas herramientas que han sido utilizadas para abordar problemáticas similares. Entre estas se incluyen modelos de optimización para la asignación de recursos hídricos, análisis multicriterio para la evaluación de alternativas, metodologías de gestión basada en riesgo y enfoques de planificación adaptativa. Estas herramientas permiten abordar la complejidad del problema desde distintas perspectivas, aportando elementos relevantes para el desarrollo de la investigación.

Es así, como la investigación adopta un enfoque metodológico que integra estos elementos, adaptándolos al contexto específico de la formulación de proyectos de riego bajo la Ley N° 18.450. Esto implica no solo la revisión de herramientas existentes, sino también su aplicación práctica en el análisis de proyectos, con el fin de evaluar su pertinencia y efectividad en un entorno real.

Desde una perspectiva teórica, la solución al problema de investigación se orienta hacia la generación de un enfoque aplicado que permita mejorar la formulación de proyectos, incorporando criterios de eficiencia, innovación y sostenibilidad. Este enfoque se materializa en la construcción de una base de datos de proyectos, la calibración de herramientas de diseño y la elaboración de un instructivo técnico que facilite la aplicación de la normativa.

Por lo tanto, el aporte de la investigación al estado del arte se centra en la integración de conocimientos teóricos y su aplicación práctica en el contexto de la gestión del recurso hídrico. A diferencia de estudios que se enfocan en el análisis conceptual, este trabajo propone una aproximación aplicada que busca resolver problemáticas concretas en la formulación de proyectos de riego, contribuyendo a mejorar su calidad y efectividad.

Finalmente, el análisis del sujeto de estudio permite plantear un modelo conceptual que integra los distintos componentes de la investigación, incluyendo el marco normativo, las herramientas de diseño, la base de datos de proyectos y la metodología de análisis. Este modelo permite visualizar de manera estructurada la relación entre los distintos elementos del estudio y establecer una base para el desarrollo de la propuesta metodológica.

Este enfoque integral permite comprender la situación actual del sistema, identificar oportunidades de mejora y orientar el desarrollo de soluciones que contribuyan a una gestión más eficiente y sostenible del recurso hídrico en Chile.

4.3 ESTADO DEL ARTE

El modelo teórico de la investigación se construye a partir de la integración de conocimientos normativos, técnicos y de gestión asociados a la Ley de Riego N° 18.450 y su reciente actualización del año 2023. Este modelo organiza de manera secuencial los objetivos específicos, permitiendo estructurar el proceso investigativo desde la recopilación de información hasta la aplicación práctica de los resultados. Se basa en la revisión del marco normativo, el análisis de proyectos de riego, ordenar los datos y la validación de herramientas de diseño. Asimismo, incorpora conocimientos adquiridos tanto en la formación académica del magíster como en la experiencia previa en la institución como funcionario CNR, permitiendo generar una propuesta aplicada. El modelo busca finalmente vincular teoría y práctica mediante el desarrollo de un instructivo técnico que facilite la integración de nuevas obras de riego.

4.3.1 PRE-PRAXIS PARA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

La solución al problema se plantea a través de un enfoque pre-praxis que combina análisis teórico y aplicación práctica. En este contexto, la integración de nuevas obras de riego bajo la renovación de la Ley N° 18.450 se aborda mediante la revisión normativa, el análisis de concursos y tipologías de proyectos, y la identificación de brechas en su implementación. A partir de ello, se construye una base de datos, se calibran herramientas de diseño y se aplica una metodología que permite validar su uso en nuevas obras que se permiten para postulación. El resultado es un instructivo técnico que establece lineamientos claros para la formulación de proyectos, facilitando la incorporación de soluciones innovadoras y mejorando la eficiencia en la gestión del recurso hídrico.

4.3.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El problema de investigación radica en la dificultad para integrar nuevas tipologías de obras de riego en el marco de la renovación de la Ley N° 18.450, debido a la existencia de un enfoque tradicional en la formulación de proyectos y a la falta de lineamientos técnicos claros. A pesar de la actualización normativa, persisten brechas entre lo establecido en la ley y su aplicación práctica, lo que limita la incorporación de soluciones innovadoras, soluciones basadas en la naturaleza y uso eficiente en el uso del recurso hídrico.

La Comisión Nacional de Riego el año 2025, publicó en su sitio web[1] el calendario del llamado de postulación, tal como se indica en la **Figura 2**, en cuatro concursos y dos programas que se resumen de forma sucinta a continuación.

Figura 2. Publicación calendario de concurso



Fuente: *página web CNR*

- **Concursos de Obras Menores (2025). Proyectos que piden bonificación hasta 20.000 UF.**

Esta categoría representa la mayor inversión del calendario, con un presupuesto total de $91.242.941.452.

- **Programa Pequeña Agricultura (2025). Proyectos que piden bonificación hasta 1.000 UF.**

Enfocado en pequeños productores, con un monto total de $17.297.045.548

- **Concursos de Obras Medianas (2025). Proyectos que piden bonificación sobre 20.000 UF y hasta 60.000 UF.**

[1] (https://calendar.google.com/calendar/u/0/r/week/2026/4/15)

Destinado a proyectos de mayor envergadura, sumando $10.830.640.000.

Es importante señalar que el único concurso enfocado en innovación fue el 16-2025, con un presupuesto de $1.000.000.000, monto que representa solo el 0,84% de la inversión total asignada para 2025.

Según calendario de concursos de la Ley 18.450 para el año 2026 (ver figura 3). La inversión total proyectada para este periodo asciende a $128.998.289.000. Según calendario resolución exenta N°09796/2025 (estos montos pueden ser modificados durante el año), desglosando de la siguiente manera:

- **Concursos de Obras Menores (2026).**

Esta categoría suma un total de $96.682.012.000 y contempla 25 concursos principales.

- **Programa de Pequeña Agricultura (2026).**

Enfocado en pequeños productores y proyectos asociativos, con un total de $19.337.436.000.

- **Concursos de Obras Medianas (2026).**

Suman una inversión de $12.978.841.000.

Donde ahora se cuenta con dos concursos que permiten nuevos tipos de obras el 12-2026 y el 24-2026, Para el calendario del año 2026, la suma de los concursos 12 y 24 representa aproximadamente el 1,94% del presupuesto total.

A continuación, el detalle basado en el documento calendario 2026:

Concurso 12-2026 (innovación): $1.500.000.000.

Concurso 24-2026 (soluciones basadas en la naturaleza): $1.000.000.000.

Suma de ambos concursos: $2.500.000.000.

En la renovación de la ley de riego en artículo 3 se agregó lo siguiente y que es precisamente lo que permitir postular nuevos tipos de obras:

La Comisión podrá definir programas con condiciones especiales para la adecuada asignación de recursos en los siguientes casos, con bonificación máxima de hasta el 95% del costo del proyecto independiente del estrato:

- Proyectos de personas naturales consideradas en las letras a), b) y g) del artículo 1, cuyo costo total no sea superior a 1.000 unidades de fomento por proyecto de forma individual y hasta 5.000 unidades de fomento para proyectos asociativos.

Letra a) Pequeños productores agrícolas: Aquellos definidos por la Ley Orgánica de INDAP (Ley 18.910). Básicamente, campesinos y pequeños agricultores cuyos ingresos provienen principalmente de la explotación de la tierra y cuyos activos no superan ciertos montos.

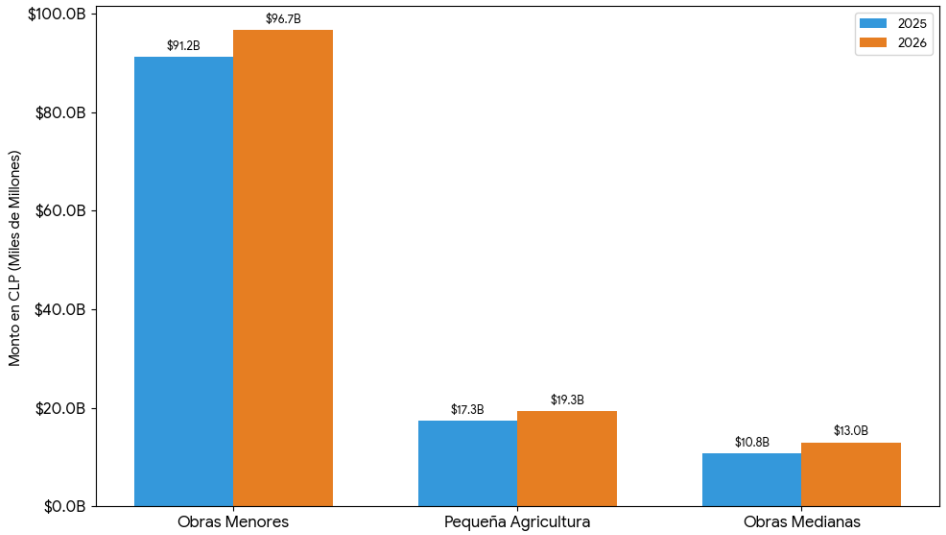
Letra b) Microproductores: Postulantes con ingresos anuales por ventas que no superen las 2.400 UF en el promedio de los últimos tres años, y que posean una superficie menor o igual a 12 hectáreas de riego básico (HRB).

Letra g) Comunidades Indígenas y de Aguas: Personas y comunidades indígenas beneficiarias de la Ley 19.253 (artículos 20 letras a y b, o inscritas en el Registro Público de Tierras Indígenas), además de organizaciones tradicionales de usuarios de agua de estos mismos sectores.

- Proyectos emplazados en zonas de rezago definidas por el Ministerio del Interior y Seguridad Pública.
- Proyectos que promuevan la innovación en técnicas y tecnologías de riego, las que serán definidas anualmente por acuerdo del Consejo de ministros de la Comisión Nacional de Riego.
- Proyectos de soluciones basadas en la naturaleza, que se ajusten a la definición establecida en la letra t) del artículo 3° de la ley N° 21.455, Ley Marco de Cambio Climático.
- Proyectos de restitución gestionada de agua a las fuentes superficiales y subterráneas.

Con el propósito de examinar el comportamiento de la asignación presupuestaria, en la **Figura 3** se indica la distribución comparativa de la inversión por categoría entre los años 2025 y 2026. A través de este desglose, es posible apreciar las variaciones porcentuales y el crecimiento o contracción del gasto en cada una de las áreas evaluadas.

Figura 3. Comparación de inversión por categoría (2025 vs 2026)



Fuente: *elaboración propia*

4.3.3 ARTICULACIÓN DE LA RESPUESTA AL PROBLEMA.

La respuesta al problema se articula mediante una secuencia de objetivos específicos que permiten abordar el estudio de manera estructurada: análisis de la normativa vigente, revisión de concursos y tipologías de proyectos, identificación de brechas, construcción de una base de datos, calibración de herramientas de diseño y aplicación metodológica. Estos objetivos permiten generar un diagnóstico técnico y, finalmente, desarrollar un instructivo que facilite la formulación de proyectos de riego, dando respuesta a la pregunta de investigación.

Con el propósito de establecer la ruta operativa de la investigación, en la **Tabla 3**, se sistematiza la secuencia de los objetivos planteados. Esta disposición lógica permite visualizar la articulación entre las distintas fases del estudio, evidenciando cómo el cumplimiento progresivo de cada objetivo específico contribuye al logro del objetivo general.

Tabla 3. Secuencia de objetivos

Objetivo	Actividad desde el 6 de diciembre de 2025 (27 semanas totales)	Semanas
1	Conocer la documentación técnica y normativa disponible en los distintos sistemas de información asociados a la Ley 18.450.	4
2	Comprender como se asociación a la investigación los diferentes aportes de las asignaturas de estudio del magister de gestión del agua.	5
3	Describir la evolución y los principales cambios de la Ley 18.450.	2
4	Cumplido los objetivos específicos 1,2 y 3, se puede formular el marco teórico.	4
5	Priorizar las herramientas de diseño utilizadas en proyectos de riego, con el fin de asegurar su consistencia, confiabilidad y aplicabilidad en la formulación de nuevas iniciativas bajo el marco de la Ley 18.450.	1
6	Generar una base de datos estructurada de los proyectos asociados a la Ley 18.450, que integren los antecedentes técnicos, administrativos y de postulación	1
7	Aplicar las propuestas metodológicas y las herramientas de análisis, sobre la información recopilada.	1
8	Validar la aplicabilidad y generar resultados que respalden la mejora en la formulación de proyectos de riego en el marco de Ley 21.597 (antes 18.450).	1
9	Presentar diseños para los nuevos proyectos de riego.	2
10	Establecer los niveles de progresión en calidad de acuerdo con la evolución de la ley en estudio. (económicas, ambientales y sociales)	2
11	presentar recomendaciones para las nuevas obras de riego que se pueden establecer en la evolución de ley de riego.	2
12	Desarrollar un instructivo técnico para la formulación de proyectos que incorpore criterios de eficiencia hídrica, innovación y soluciones basadas en la naturaleza.	2

Fuente: *Elaboración propia*

4.3.4 EVOLUCIÓN DEL MODELO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

La evolución del modelo teórico de la investigación se construye a partir de la integración progresiva de los distintos componentes analizados en el estado del arte los objetivos planteados y la propuesta metodológica desarrollada. Este proceso responde a una lógica secuencial, en la cual el conocimiento teórico inicial

se transforma gradualmente en un modelo aplicado, capaz de abordar el problema de investigación desde una perspectiva técnica y operativa.

En una primera etapa, el modelo teórico se sustenta en la recopilación y análisis de antecedentes normativos, técnicos y científicos asociados a la gestión del recurso hídrico y, en particular, a la formulación de proyectos de riego en el marco de la Ley N° 18.450 y su actualización del año 2023. Esta base inicial permite establecer un marco conceptual que incorpora principios de eficiencia hídrica, sostenibilidad, gestión integrada de los recursos hídricos y adaptación al cambio climático. En este nivel, el modelo se caracteriza por un enfoque principalmente descriptivo, orientado a comprender el contexto en el cual se desarrolla la investigación.

Posteriormente, el modelo evoluciona hacia una etapa de estructuración conceptual, en la cual se articulan los principales elementos identificados en la revisión bibliográfica y normativa. En esta fase, se integran conceptos clave, tales como herramientas de diseño hidráulico, metodologías de evaluación de proyectos, análisis de eficiencia y criterios de innovación. Esta articulación permite establecer relaciones entre los distintos componentes del sistema, configurando una estructura teórica que da soporte al desarrollo de la investigación.

En una tercera etapa, el modelo incorpora los objetivos específicos como elementos organizadores del proceso investigativo. La secuencia de estos objetivos permite definir una ruta metodológica clara, que orienta el desarrollo del estudio desde el levantamiento de información hasta la generación de resultados. En este sentido, los objetivos actúan como un puente entre el marco teórico y la aplicación práctica, facilitando la transición desde un enfoque conceptual hacia uno operativo.

A medida que avanza la investigación, el modelo teórico se transforma en un modelo aplicado, incorporando elementos metodológicos concretos. En esta fase, se integran herramientas como la construcción de una base de datos de proyectos, la priorización y calibración de herramientas de diseño, y la aplicación de metodologías de análisis sobre información real. Este proceso permite validar la pertinencia de los enfoques teóricos en un contexto práctico, evaluando su capacidad para mejorar la formulación de proyectos de riego.

La evolución del modelo también considera la incorporación de nuevas tipologías de obras, promovidas en el marco de la actualización de la Ley N° 18.450. Estas tipologías incluyen soluciones innovadoras y enfoques basados en la naturaleza, que buscan mejorar la eficiencia en el uso del recurso hídrico y reducir impactos ambientales. La integración de estos elementos en el modelo teórico representa un avance respecto de enfoques tradicionales, ampliando el alcance de la investigación y alineándola con las tendencias actuales en gestión del agua.

En este contexto, el modelo evoluciona hacia una estructura más compleja e integrada, en la cual convergen elementos normativos, técnicos y de gestión. Esta integración permite abordar el problema de investigación de manera multidimensional, considerando no solo los aspectos de diseño hidráulico, sino

también factores asociados a la implementación, evaluación y sostenibilidad de los proyectos.

Un aspecto central en la evolución del modelo teórico es la identificación de brechas entre el conocimiento disponible y su aplicación práctica. Estas brechas se manifiestan en la limitada incorporación de herramientas avanzadas en la formulación de proyectos, en la persistencia de metodologías tradicionales y en la falta de lineamientos técnicos claros para la integración de nuevas soluciones. La identificación de estas brechas permite orientar el desarrollo del modelo hacia la generación de soluciones concretas.

En respuesta a estas limitaciones, el modelo teórico incorpora una dimensión aplicada, orientada a la generación de un producto concreto: un instructivo técnico para la formulación de proyectos de riego. Este instructivo se concibe como una herramienta que permite traducir los principios teóricos y normativos en criterios operativos, facilitando su implementación en la práctica. De esta manera, el modelo evoluciona desde una estructura conceptual hacia una herramienta de apoyo a la toma de decisiones.

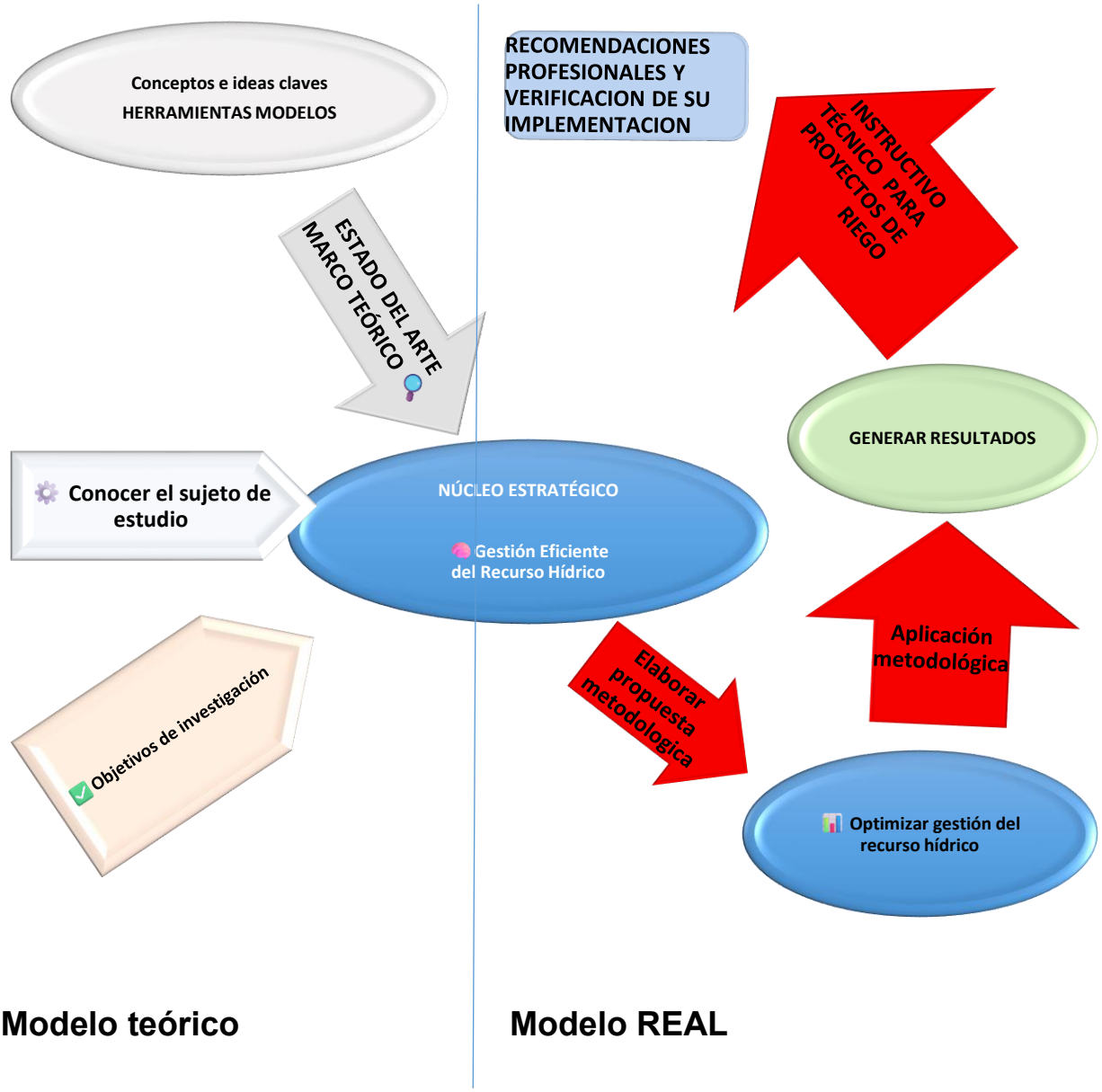
Asimismo, la evolución del modelo considera la validación de los resultados obtenidos a partir de la aplicación metodológica. Esta validación permite evaluar la efectividad del modelo en la mejora de la formulación de proyectos, considerando criterios técnicos, económicos y ambientales. En este sentido, el modelo no solo describe una realidad, sino que propone una forma de intervenirla, generando un aporte concreto al estado del arte.

Finalmente, el modelo teórico alcanza su etapa de consolidación, en la cual se integran todos los elementos desarrollados a lo largo de la investigación. Esta consolidación se refleja en una estructura coherente que vincula el marco normativo, el estado del arte, la metodología aplicada y los resultados obtenidos. El modelo resultante permite visualizar de manera clara el proceso de investigación, estableciendo relaciones entre sus distintas etapas y evidenciando la coherencia interna del estudio.

En síntesis, la evolución del modelo teórico de la investigación se caracteriza por una transición desde un enfoque descriptivo hacia uno aplicado, en el cual el conocimiento teórico es utilizado como base para el desarrollo de soluciones concretas. Este proceso permite no solo comprender el problema de investigación, sino también proponer herramientas que contribuyan a mejorar la gestión del recurso hídrico y la formulación de proyectos de riego en el contexto de la normativa vigente.

Para fundamentar el abordaje del problema de estudio, en la **Figura 4** se sintetiza la estructura del modelo teórico aplicado. Esta representación visual articula los conceptos fundamentales, las variables clave y sus interrelaciones directas, ofreciendo un marco lógico conceptual que orienta tanto la formulación de las hipótesis como el análisis metodológico posterior.

Figura 4. Modelo teórico aplicado



Fuente: *Elaboración propia*

CAPÍTULO V

PROPUESTA DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO

A continuación, se presenta la propuesta metodológica de la investigación, la cual establece la base estructural para el cumplimiento de los objetivos específicos definidos previamente. Esta propuesta organiza el desarrollo del estudio en etapas secuenciales y coherentes, permitiendo vincular de manera sistemática el análisis teórico con la aplicación práctica.

La metodología considera un enfoque aplicado, sustentado en la recopilación, sistematización y análisis de información técnica, normativa y de gestión asociada a la Ley N° 18.450 y su actualización del año 2023. A partir de estos antecedentes, se definen procedimientos y herramientas que permiten abordar el problema de investigación de manera ordenada y verificable.

Cada una de las etapas metodológicas se encuentra directamente relacionada con los objetivos específicos, estableciendo una correspondencia clara entre las actividades a desarrollar y los resultados esperados. En este sentido, la propuesta no solo define el “qué” se realizará, sino también el “cómo” y el “para qué”, asegurando la coherencia interna del estudio.

Asimismo, se incorpora una planificación temporal que permite organizar el desarrollo de las actividades, facilitando el seguimiento del avance de la investigación y el cumplimiento de los plazos establecidos. Esta planificación se materializa a través de una carta Gantt, en la cual se distribuyen las distintas etapas del estudio en función de su prioridad y duración.

En conjunto, la propuesta metodológica permite estructurar el proceso investigativo desde el levantamiento de información hasta la generación de resultados y conclusiones, asegurando que el desarrollo del estudio sea consistente, replicable y orientado a la obtención de un producto aplicado, como es el instructivo técnico para la formulación de proyectos de riego.

5.1 DENOMINACIÓN, DESCRIPCIÓN Y TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LAS ETAPAS.

El desarrollo del estudio se realiza conforme a las siguientes etapas:

Etapa 1:

Levantamiento de información

En esta etapa se realiza la recopilación sistemática de antecedentes técnicos, normativos y documentales asociados a la Ley N° 18.450 y su actualización. La información es obtenida desde fuentes oficiales, repositorios institucionales, bibliografía especializada y documentos técnicos vinculados a proyectos de riego. El objetivo es construir una base sólida de conocimiento que permita comprender

el contexto regulatorio y operativo en el cual se enmarca la investigación. (ver página 46-50)

Integración académica

Esta etapa consiste en el análisis de los contenidos abordados en las asignaturas del Magíster en Gestión del Agua y lecturas de interés, identificando su relación con el problema de investigación. Se busca integrar conocimientos de distintas áreas como hidráulica, gestión de recursos hídricos, evaluación de proyectos y sostenibilidad con el fin de enriquecer el enfoque metodológico y fortalecer el sustento teórico del estudio. (ver página 26-29)

Etapa 2:

Análisis normativo

Se desarrolla un análisis detallado de la evolución de la Ley N° 18.450, considerando sus modificaciones, alcances y la incorporación de nuevos criterios a partir de su actualización en el año 2023. Esta etapa permite identificar cambios relevantes en materia de eficiencia hídrica, sostenibilidad e innovación, estableciendo el marco regulatorio que condiciona la formulación de proyectos de riego. (ver página 33-36)

Etapa 3:

Construcción del marco teórico

A partir de los antecedentes recopilados, se elabora el marco teórico de la investigación, integrando conceptos clave, enfoques metodológicos y modelos utilizados en estudios similares. Esta etapa permite estructurar el soporte conceptual del estudio, definiendo las bases sobre las cuales se desarrollará la propuesta metodológica. (ver página 33-40)

Etapa 4:

Selección de herramientas de diseño

En esta etapa se identifican y priorizan las principales herramientas de diseño utilizadas en proyectos de riego, evaluando su pertinencia, confiabilidad y aplicabilidad en el contexto de la Ley N° 18.450. El objetivo es seleccionar aquellas herramientas que permitan mejorar la formulación de proyectos, considerando criterios técnicos y de eficiencia en el uso del recurso hídrico. (ver página 41-43)

Construcción de base de datos

Se desarrolla una base de datos estructurada que integra información relevante de proyectos asociados a la Ley N° 18.450, incluyendo antecedentes técnicos, administrativos y de postulación. Esta base permite sistematizar la información recopilada y constituye el insumo principal para la aplicación metodológica y el análisis posterior. (ver página 51-56)

Etapa 5:

Aplicación metodológica

En esta fase se aplican las herramientas y metodologías seleccionadas sobre la información contenida en la base de datos. Se busca evaluar su desempeño en la formulación de proyectos de riego, identificando mejoras potenciales y validando su uso en contextos reales. (ver página 46-55)

Validación de resultados

Se realiza la validación de la metodología aplicada, analizando la consistencia y pertinencia de los resultados obtenidos. Esta etapa considera la evaluación de los resultados en el marco de la normativa vigente (Ley N° 21.597), verificando su capacidad para mejorar la calidad de los proyectos de riego. (ver página 56-57)

Etapa 6:

Desarrollo de propuestas

A partir de los resultados obtenidos, se elaboran propuestas de diseño para nuevas tipologías de proyectos de riego. Estas propuestas incorporan criterios de eficiencia hídrica, innovación y sostenibilidad, alineándose con los lineamientos establecidos en la actualización de la ley. (ver página 58-97)

Etapa 7:

Evaluación de resultados

Se realiza un análisis integral de los resultados, evaluando la progresión en la calidad de los proyectos en dimensiones económicas, ambientales y sociales. Esta etapa permite determinar el impacto de la metodología propuesta en la mejora de la formulación de proyectos. (ver página 58-103)

Etapa 8:

Formulación de recomendaciones

Se elaboran recomendaciones técnicas orientadas a mejorar la formulación de proyectos de riego, considerando las brechas identificadas durante el desarrollo de la investigación. Estas recomendaciones buscan facilitar la incorporación de nuevas tipologías de obras y promover un uso más eficiente del recurso hídrico. (ver página 111-117)

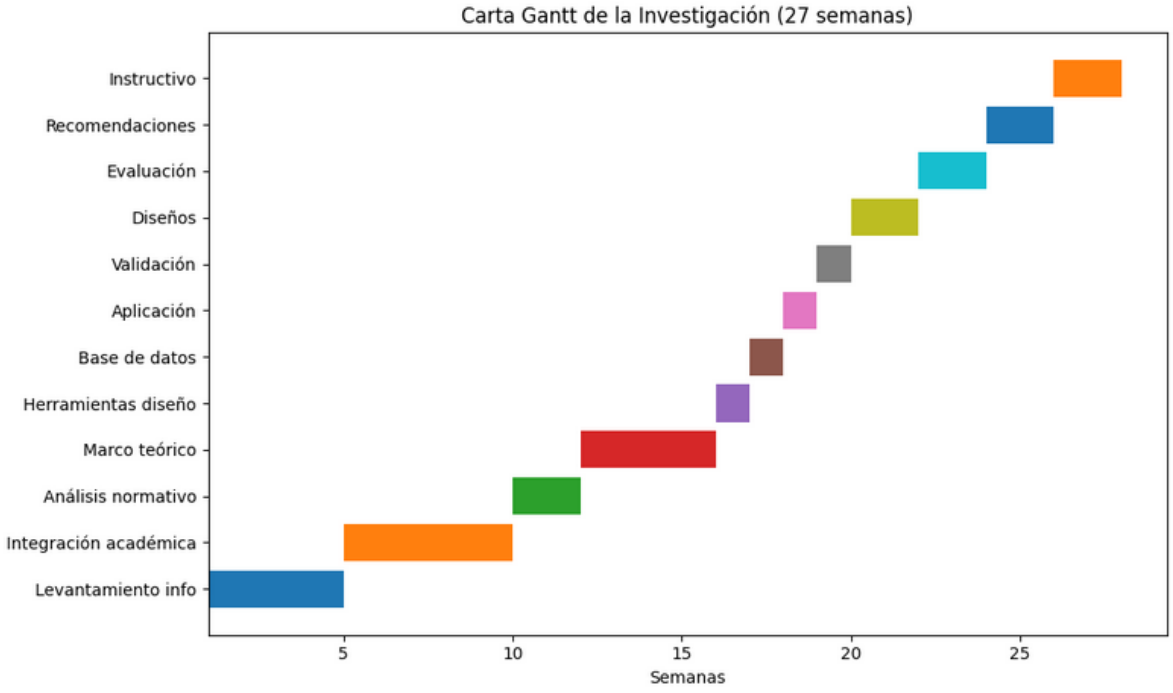
Desarrollo del producto final

Finalmente, se desarrolla un instructivo técnico para la formulación de proyectos de riego, el cual integra los resultados de la investigación y establece lineamientos claros para su aplicación. Este instructivo constituye el principal aporte aplicado del estudio, permitiendo traducir el conocimiento generado en una herramienta útil para profesionales del sector. (ver página 118-186)

5.2 PROGRAMACIÓN DE LAS ETAPAS DEL ESTUDIO.

A partir de las etapas previamente descritas, se estructuró un cronograma de trabajo semanal, Carta Gantt (**Figura 5**). En la **Tabla 4** se sintetiza el desarrollo secuencial de cada una de las fases.

Figura 5. Carta Gantt con la programación de las etapas



Fuente: *elaboración propia*

Tabla 4. Secuencia de etapas

Etapa	Objetivo	Actividad desde el 6 de diciembre de 2025 (27 semanas totales)	Semanas
1	1	Conocer la documentación técnica y normativa disponible en los distintos sistemas de información asociados a la Ley 18.450.	4
	2	Comprender como se asociación a la investigación los diferentes aportes de las asignaturas de estudio del magister de gestión del agua.	5
2	3	Describir la evolución y los principales cambios de la Ley 18.450.	2
3	4	Cumplido los objetivos específicos 1,2 y 3, se puede formular el marco teórico.	4

Etapa	Objetivo	Actividad desde el 6 de diciembre de 2025 (27 semanas totales)	Semanas
4	5	Priorizar las herramientas de diseño utilizadas en proyectos de riego, con el fin de asegurar su consistencia, confiabilidad y aplicabilidad en la formulación de nuevas iniciativas bajo el marco de la Ley 18.450.	1
	6	Generar una base de datos estructurada de los proyectos asociados a la Ley 18.450, que integren los antecedentes técnicos, administrativos y de postulación	1
5	7	Aplicar las propuestas metodológicas y las herramientas de análisis, sobre la información recopilada.	1
	8	Validar la aplicabilidad y generar resultados que respalden la mejora en la formulación de proyectos de riego en el marco de Ley 21.597 (antes 18.450).	1
6	9	Presentar diseños para los nuevos proyectos de riego.	2
7	10	Establecer los niveles de progresión en calidad de acuerdo con la evolución de la ley en estudio. (económicas, ambientales y sociales)	2
8	11	presentar recomendaciones para las nuevas obras de riego que se pueden establecer en la evolución de ley de riego.	2
	12	Desarrollar un instructivo técnico para la formulación de proyectos que incorpore criterios de eficiencia hídrica, innovación y soluciones basadas en la naturaleza.	2

Fuente: *Elaboración propia*

5.3 DECLARACIÓN DE USO DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

De acuerdo con los lineamientos de transparencia académica e integridad institucional de la Universidad Técnica Federico Santa María, se declara el uso asistido de herramientas de Inteligencia Artificial Generativa (modelos de lenguaje de gran escala LLM y procesadores de texto) durante las fases de desarrollo de este estudio.

Alcance de su aplicación:

Diagramación gráfica: Apoyo en el diseño y esquematización conceptual de los diagramas metodológicos y de síntesis (Figura y gráficos).

Corrección de estilo: Apoyo en la revisión sintáctica, ortográfica y pulido de la redacción técnica.

Se certifica que los cálculos hidráulicos, el análisis de precios unitarios (APU), la interpretación crítica de los antecedentes y las propuestas del instructivo técnico son de autoría y responsabilidad exclusiva del estudiante.

CAPÍTULO VI

APLICACIÓN METODOLÓGICA

Este capítulo corresponde a la fase operativa de la investigación, en la cual se implementan las herramientas, criterios y procedimientos definidos previamente en la propuesta metodológica. Esta etapa tiene como objetivo evaluar el desempeño de dichas herramientas en la formulación de proyectos de riego, utilizando información real recopilada y sistematizada en la base de datos construida durante el desarrollo del estudio.

En este contexto, la aplicación metodológica se desarrolla sobre un conjunto de proyectos asociados al marco de la Ley N° 18.450 y su actualización mediante la Ley N° 21.597, considerando antecedentes técnicos, administrativos y de postulación. La utilización de esta información permite situar el análisis en un escenario real, facilitando la evaluación de la aplicabilidad de las herramientas propuestas en condiciones concretas de formulación de proyectos.

La metodología aplicada se estructura en una secuencia de etapas que permiten abordar el análisis de manera ordenada. En primer lugar, se realiza la selección de proyectos representativos, considerando criterios como tipo de obra y características técnicas. Esta selección busca asegurar que la muestra utilizada refleje la diversidad de iniciativas que se desarrollan bajo el marco de la ley.

Posteriormente, se procede a la aplicación de las herramientas de análisis previamente definidas, las cuales incluyen criterios de evaluación técnica, parámetros de diseño hidráulico, indicadores de eficiencia en el uso del recurso hídrico y variables asociadas a la sostenibilidad de los proyectos. Estas herramientas permiten analizar cada proyecto desde una perspectiva integral, considerando no solo su factibilidad técnica, sino también su desempeño en términos de eficiencia y adaptación a las condiciones actuales del recurso hídrico.

Un aspecto relevante de esta etapa es la incorporación de criterios asociados a nuevas tipologías de obras, tales como soluciones basadas en la naturaleza, sistemas de riego tecnificado y estrategias de optimización del uso del agua. La integración de estos elementos permite evaluar el grado en que los proyectos analizados se alinean con los nuevos enfoques promovidos por la actualización normativa.

A partir de la aplicación de estas herramientas, se identifican brechas en la formulación de los proyectos, las cuales se manifiestan en aspectos como el uso limitado de tecnologías eficientes, la ausencia de criterios de sostenibilidad en el diseño, o la aplicación de metodologías tradicionales que no responden a las condiciones actuales de escasez hídrica. Estas brechas constituyen un insumo clave para el desarrollo de mejoras en la formulación de proyectos.

Asimismo, la aplicación metodológica permite evaluar la consistencia de los antecedentes presentados en los proyectos, verificando la coherencia entre los datos técnicos, los criterios de diseño y los resultados esperados. Este análisis

contribuye a identificar debilidades en la estructuración de las iniciativas, así como oportunidades para mejorar la calidad de las postulaciones.

En paralelo, se analiza el desempeño de las herramientas de diseño utilizadas, evaluando su capacidad para representar adecuadamente las condiciones hidráulicas de los sistemas de riego. Este análisis considera aspectos como la precisión de los cálculos, la adecuación de los parámetros utilizados y la pertinencia de las metodologías empleadas en función del tipo de proyecto.

Como resultado de esta etapa, se obtiene un diagnóstico técnico que permite caracterizar el estado actual de la formulación de proyectos de riego bajo el marco de la ley, identificando tanto sus fortalezas como sus debilidades. Este diagnóstico constituye la base para la generación de propuestas de mejora y para la validación de la metodología desarrollada.

6.1 BÚSQUEDA DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN.

La CNR cuenta con una plataforma digital **"sistema electrónico de postulación"** en adelante **SEP**, donde los consultores realizan postulación a los concursos de acuerdo con un calendario de concurso que se publica de forma anual. El primer llamado de este tipo de concurso se realizó el año 2025 y el concurso fue llamado Nº16-2025 "CONCURSO NACIONAL DE INNOVACIÓN".

Donde se permitieron por bases los siguientes tipos de obras:

Conforme a lo dispuesto en el artículo 3 letra c) de la Ley N°18.450, el Consejo de ministros ha definido las obras para ser presentadas a este concurso:

- **Sistemas Agrivoltaicos (agri PV):** Corresponden a sistemas fotovoltaicos diseñados para que la misma superficie agrícola en la cual se instalan permita la generación simultánea de energía eléctrica junto con la producción de cultivos, y donde las actividades agrícolas son priorizadas y consideradas en el diseño para garantizar su vida útil (al menos 10 años). Esto lleva a un aumento en la eficiencia y a un mayor uso de la superficie agrícola. Para este concurso, estos sistemas deberán proyectarse con conexión a la red con generación distribuida.

  Para ilustrar la ejecución del proyecto en la **Figura 6** se presentan registros fotográficos de la obra correspondientes a la implementación de los sistemas agrivoltaicos.

Figura 6. Sistemas Agrivoltaicos.



Fuente: *biblioteca digital CNR.*

- **Sistema Fotovoltaico Flotante (floating PV):** Corresponden a sistemas fotovoltaicos diseñados para ser instalados sobre la superficie del agua de tranques de riego. Para este concurso, estos sistemas deberán proyectarse con conexión a la red con generación distribuida.

  Para evidenciar la ejecución del proyecto en terreno en la **Figura 7** se presentan los registros fotográficos de la obra correspondientes al sistema fotovoltaico flotante.

Figura 7. Fotovoltaico Flotante.



Fuente: *biblioteca digital CNR.*

- **Riego subterráneo:** Sistemas de riego consistentes en el suministro de agua directamente a las raíces de las plantas a través de un sistema de tuberías y emisores enterrados bajo la superficie del suelo.

  Para evidenciar el avance de los trabajos en terreno se presentan los registros fotográficos de la obra correspondientes a la instalación del sistema de riego subterráneo (**Figura 8**).

Figura 8. Riego subterráneo.

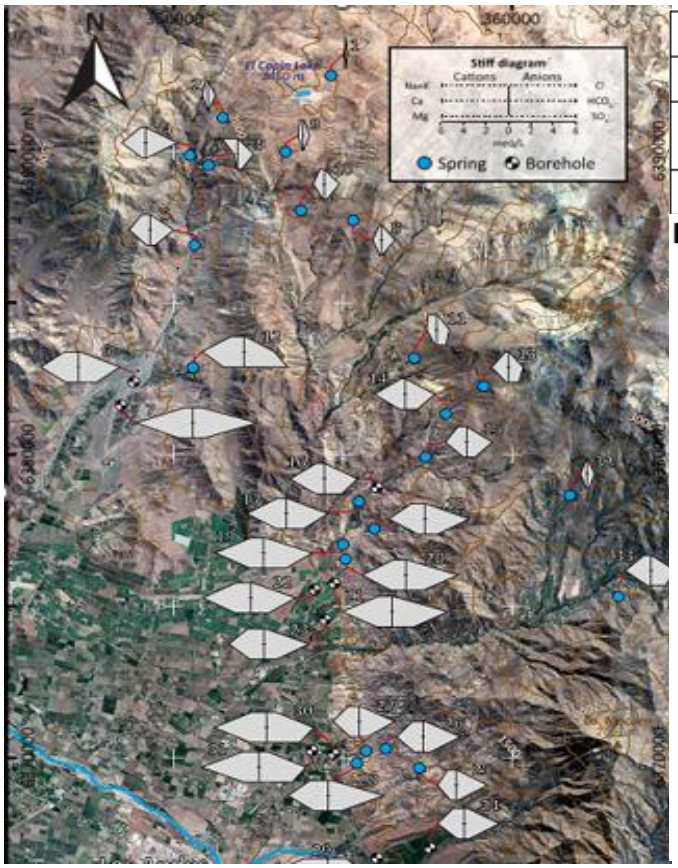


Fuente: *biblioteca digital CNR.*

- **Monitoreo de calidad de agua a distancia:** Instalación de sistemas de monitoreo a distancia, en tiempo real, de parámetros de calidad de agua que puedan ser medidos in situ con sensores y que transmitan los datos hacia un centro de control. Sólo podrán participar proyectos que hayan obtenido una bonificación por la Ley N°18.450.

  Para evidenciar la implementación tecnológica en terreno se presentan en la **Figura 9** los registros fotográficos de la obra correspondientes al sistema de monitoreo de calidad de agua a distancia.

Figura 9. Monitoreo de calidad de agua a distancia.



Punto de Muestreo	Ubicación Geográfica	Variables a Medir	Objetivos del Muestreo
Punto 1	[Coordenadas]	pH, Oxígeno, Nitratos	Evaluar calidad del agua en zona industrial
Punto 2	[Coordenadas]	Coliformes fecales, Temperatura	Monitorear impacto de la agricultura en la calidad del agua
Punto 3	[Coordenadas]	Nitratos	Medir contaminación por escorrentía urbana

Elementos Químicos en Agua de Riego

Elemento	Unidad	Límite Máximo
Aluminio (Al)	mg/l	5,00
Arsénico (As)	mg/l	0,10
Bario (Ba)	mg/l	4,00
Berilio (Be)	mg/l	0,10
Boro (B)	mg/l	0,75
Cadmio (Cd)	mg/l	0,01
Cianuro (CN-)	mg/l	0,20
Cloruro (Cl-)	mg/l	200,00
Cobalto (Co)	mg/l	0,050
Cobre (Cu)	mg/l	0,20
Cromo (Cr)	mg/l	0,10
Fluoruro (F-)	mg/l	1,00
Hierro (Fe)	mg/l	5,00
Litio (Li)	mg/l	2,50
Litio (cítricos) (Li)	mg/l	0,075
Manganeso (Mn)	mg/l	0,20
Mercurio (Hg)	mg/l	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/l	0,010
Níquel (Ni)	mg/l	0,20
Plata (Ag)	mg/l	0,20
Plomo (Pb)	mg/l	5,00
Selenio (Se)	mg/l	0,020
Sodio porcentual (Na)	%	35,00
Sulfato (SO4=)	mg/l	250,00
Vanadio (V)	mg/l	0,10
Zinc (Zn)	mg/l	2,00

Fuente: *biblioteca digital CNR.*

- **Programación y automatización de riego tecnificado (incluyendo IA):** Proyectos de programación y control de riego tecnificado, que considere equipos y elementos tales como sensores o sondas de medición de parámetros fisicoquímicos del suelo (humedad, temperatura, salinidad, etc.), sensores para fito monitoreo (dendrómetros, de crecimiento de fruto, de potencial hídrico xilemático, de turgencia o temperatura de hoja, etc.), estaciones meteorológicas automáticas (EMAs), medidores de presión en líneas de riego, dispositivos de almacenamiento (datalogger), antenas y nodos para transmisión de datos y todos aquellos accesorios que sean necesarios para su correcta operación y funcionamiento. Sólo podrán participar proyectos que hayan obtenido una bonificación por la Ley N°18.450.

  Para evidenciar la implementación del sistema de control en terreno, en la **Figura 10**, se presentan los registros fotográficos de la obra correspondientes a la programación y automatización del riego tecnificado.

Figura 10. Programación y automatización de riego tecnificado.



Fuente: *biblioteca digital CNR.*

- **Cubiertas flotantes modulares**: Sistemas de módulos, bolas o paneles que se instalan sobre el agua para cubrir la superficie abierta de los tranques de aguas para riego. Sólo podrán participar proyectos que hayan obtenido una bonificación por la Ley N°18.450.

  Para evidenciar la ejecución de las obras hidráulicas en terreno se presentan los registros fotográficos correspondientes a la instalación de las cubiertas flotantes modulares (**Figura 11**)**.**

Figura 11. Cubiertas flotantes modulares.



Fuente: *biblioteca digital CNR.*

El monto total asignado a este concurso asciende a $1.000.000.000.- (mil millones de pesos), equivalentes en Unidades de Fomento de acuerdo con el valor de ésta al primer día del mes de la apertura del concurso. La CNR.

6.2 EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LA APLICACIÓN

Una vez aplicada la metodología, se procede a la evaluación de los resultados obtenidos, con el fin de determinar su impacto en la mejora de la formulación de proyectos de riego. Esta evaluación se realiza considerando criterios técnicos, económicos y ambientales, permitiendo un análisis integral del desempeño de la metodología.

Desde el punto de vista técnico, se analiza la capacidad de las herramientas aplicadas para mejorar la precisión en el diseño de los proyectos, optimizar el uso del recurso hídrico y garantizar la estabilidad y funcionalidad de las obras. En este sentido, se evalúa si la aplicación de la metodología permite obtener diseños más eficientes y ajustados a las condiciones reales del sistema.

En el ámbito económico, se consideran aspectos relacionados con la optimización de recursos, la reducción de costos asociados a sobredimensionamientos y la mejora en la relación costo-beneficio de los proyectos. La incorporación de criterios de eficiencia permite identificar oportunidades para hacer un uso más racional de los recursos disponibles.

Por su parte, la evaluación ambiental se centra en la incorporación de criterios de sostenibilidad, tales como la reducción de pérdidas de agua, la integración de soluciones basadas en la naturaleza y la adaptación a escenarios de cambio climático. Este enfoque permite analizar el grado en que los proyectos contribuyen a una gestión más sostenible del recurso hídrico.

En conjunto, esta evaluación permite determinar el aporte de la metodología en la mejora de la calidad de los proyectos, evidenciando su potencial para fortalecer la formulación de iniciativas en el marco de la normativa vigente.

6.2.1 RESULTADO DE BÚSQUEDA DE PROYECTOS EN EL CONCURSO 16-2025

De acuerdo con los registros de participación del concurso vía SEP, se contabilizaron un total de 37 proyectos. A continuación, se presenta el detalle de las obras y servicios postulados, agrupados por su componente tecnológico principal:

- **Automatización e Inteligencia Artificial (10 proyectos)**

Esta es la categoría con mayor volumen de postulaciones, destacando la integración de IA en el agro:

Programación y automatización de riego tecnificado incluyendo IA: 9 proyectos.

Automatización de válvulas, sondas, programador y estaciones meteorológicas: 1 proyecto.

- **Instalación de Sistemas de Riego y Control (9 proyectos)**

Proyectos enfocados en la infraestructura hídrica y su gestión remota:

Instalación de sistema de riego por goteo con automatización y telecontrol: 4 proyectos.

Instalación de sistema de riego por goteo subterráneo y telecontrol: 1 proyecto.

- **Instalación de sistema de riego por goteo (base): 2 proyectos.**

Labores de puesta en riego e instalación de sistema subterráneo: 2 proyectos.

- **Monitoreo, Sensores y Telemetría (11 proyectos)**

Enfoque en la captura de datos críticos para la toma de decisiones:

Sondas de suelo (individuales o con transmisión de datos): 4 proyectos.

Sondas de suelo y estaciones meteorológicas: 2 proyectos.

Sondas de suelo, programador de riego y estaciones meteorológicas: 2 proyectos.

Monitoreo de calidad de agua a distancia y transmisión de datos: 3 proyectos.

- **Energías Renovables y Agrivoltaicos (5 proyectos)**

Sinergia entre la producción agrícola y la generación energética:

Sistemas agrivoltaicos (Agri-PV) combinados con riego (goteo/microaspersión): 2 proyectos.

Sistemas fotovoltaicos flotantes (Floating PV) con riego por aspersión/goteo: 2 proyectos.

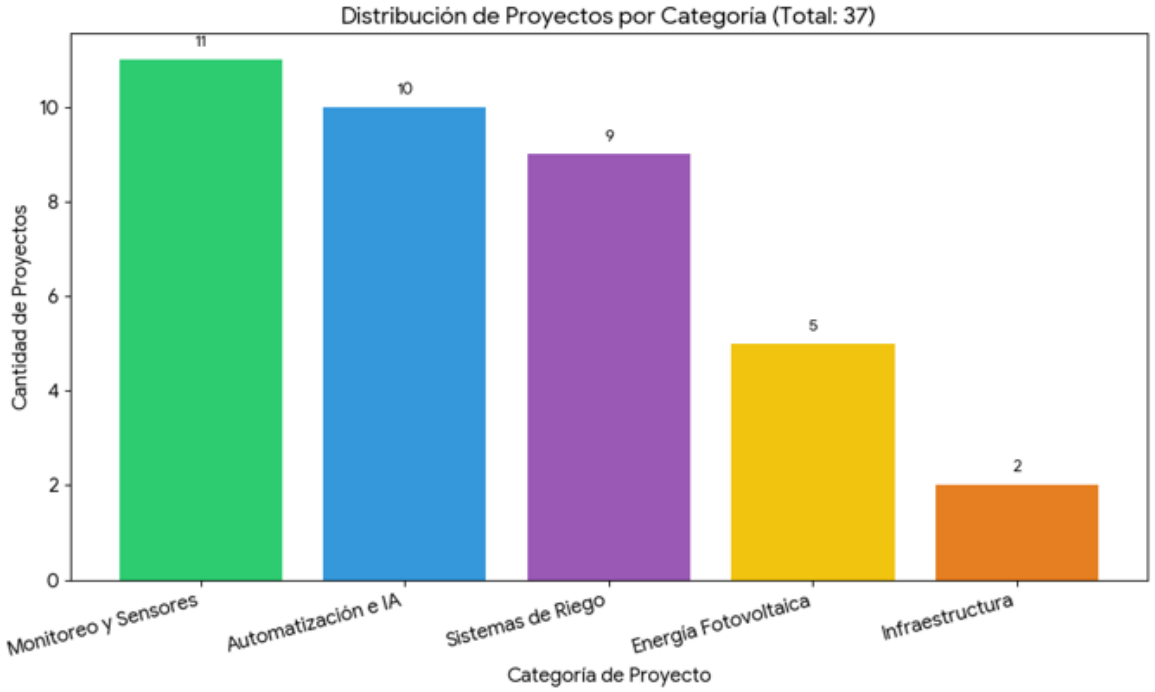
Generación de energía fotovoltaica (general): 1 proyecto.

- **Infraestructura Complementaria (2 proyectos)**

Cubiertas flotantes modulares: 2 proyectos.

Como se evidencia en la **Figura 12**, se presenta la distribución de los proyectos adjudicados y postulados en el marco del concurso 16-2025, permitiendo apreciar la participación relativa de cada iniciativa.

Figura 12. Distribución de proyectos en el concurso 16-2025



Fuente: *elaboración propia*

Resumen estadístico: El 27% de las propuestas incluyen soluciones de Inteligencia Artificial, mientras que un 13% de los proyectos integran soluciones fotovoltaicas (agrivoltaicos o flotantes), lo que demuestra una clara tendencia hacia la digitalización y la sostenibilidad energética en las obras postuladas.

Para examinar en detalle la participación en esta convocatoria, en la **Tabla 5** se sintetizan los proyectos postulados en el marco del concurso 16-2025, especificando sus principales características y estado de postulación.

Tabla 5. Proyectos postulados en el concurso 16-2025

Código Proyecto	**Comuna**	**Consultor / Empresa**	**Descripción Técnica CNR**
16-2025-06-001/002/003	Coltauco	Baldur Rodrigo Fontalba Guzmán	Instalación de sistema de riego por goteo y automatización de válvulas
16-2025-07-001	San Clemente	Juan Bernardo Hormazábal Loyola	Programación y automatización de riego tecnificado incluyendo **IA**

Código Proyecto	Comuna	Consultor / Empresa	Descripción Técnica CNR
16-2025-06-004	Lolol	Juan Bernardo Hormazábal Loyola	Programación y automatización de riego tecnificado incluyendo **IA**
16-2025-07-002	San Javier	Juan Bernardo Hormazábal Loyola	Programación y automatización de riego tecnificado incluyendo **IA**
16-2025-09-001	Cunco	RIOH Ingeniería SpA	Sondas de suelo y transmisión de datos
16-2025-05-001	Calle Larga	DPV Ingeniería y Construcción SpA	Cubiertas flotantes modulares
16-2025-03-001	Copiapó	María Carolina Veroitza Cisternas	Transmisión de datos y monitoreo de calidad de agua a distancia
16-2025-05-002	Llaillay	Consuelo del Carmen Silva Fernández	Sondas de suelo
16-2025-13-001	Isla de Maipo	Juan Bernardo Hormazábal Loyola	Programación y automatización de riego tecnificado incluyendo **IA**
16-2025-07-003	San Clemente	Juan Bernardo Hormazábal Loyola	Programación y automatización de riego tecnificado incluyendo **IA**
16-2025-06-005	San Vicente	Juan Bernardo Hormazábal Loyola	Programación y automatización de riego tecnificado incluyendo **IA**
16-2025-06-006	San Fernando	Nelson Caro Riveros E.I.R.L.	Instalación de sistema de riego por microaspersión y sistemas agrivoltaicos
16-2025-06-007	Peralillo	Consuelo del Carmen Silva Fernández	Sondas de suelo
16-2025-08-001	Los Ángeles	INGAL Ingenieros Consultores SpA	Monitoreo de calidad de agua a distancia
16-2025-05-003	La Ligua	Luis Ernesto Aguirre Tapia	Cubiertas flotantes modulares

Código Proyecto	Comuna	Consultor / Empresa	Descripción Técnica CNR
16-2025-08-002/004	Santa Bárbara	INGAL Ingenieros Consultores SpA	Monitoreo de calidad de agua a distancia
16-2025-08-003	Quilleco	INGAL Ingenieros Consultores SpA	Monitoreo de calidad de agua a distancia
16-2025-07-004	Rauco	Juan Bernardo Hormazábal Loyola	Programación y automatización de riego tecnificado incluyendo **IA**
16-2025-06-008	Chimbarongo	Nelson Caro Riveros E.I.R.L.	Instalación de sistema de riego por goteo y sistemas agrivoltaicos agri PV
16-2025-08-005	Mulchén	INGAL Ingenieros Consultores SpA	Monitoreo de calidad de agua a distancia
16-2025-04-001	Monte Patria	Carlos Andrés Salinas Contreras	Instalación de sistema de riego por goteo subterráneo y generación fotovoltaica
16-2025-16-001	Pinto	Juan Bernardo Hormazábal Loyola	Labores de puesta en riego, instalación de sistema de riego por goteo subterráneo y energía fotovoltaica
16-2025-07-005	Retiro	Cepia Ingenieros Consultores Ltda.	Instalación de sistema de riego por aspersión con carrete y sistema fotovoltaico flotante
16-2025-16-002	El Carmen	Juan Bernardo Hormazábal Loyola	Labores de puesta en riego, instalación de sistema de riego por goteo subterráneo y energía fotovoltaica
16-2025-13-002	Peñaflor	Cepia Ingenieros Consultores Ltda.	Sondas de suelo y estaciones meteorológicas
16-2025-07-006	San Javier	Cepia Ingenieros Consultores Ltda.	Sondas de suelo y estaciones meteorológicas
16-2025-16-003	Pinto	Cepia Ingenieros Consultores Ltda.	Automatización de válvulas, sondas de suelo, programador de riego y estaciones meteorológicas

Código Proyecto	Comuna	Consultor / Empresa	Descripción Técnica CNR
16-2025-13-003	Buin	Cepia Ingenieros Consultores Ltda.	Sondas de suelo, programador de riego y estaciones meteorológicas
16-2025-07-007	San Clemente	Consultoría Riego del Sur Ltda.	Programación y automatización de riego tecnificado incluyendo **IA**
16-2025-06-009	Santa Cruz	Consultoría Riego del Sur Ltda.	Programación y automatización de riego tecnificado incluyendo **IA**
16-2025-07-008	San Clemente	Jorge Andrés Pinedo Torres	Sondas de suelo, transmisión de datos y programador de riego
16-2025-08-006	Los Ángeles	Comercial Agriproyec SpA	Generación de energía fotovoltaica
16-2025-03-002	Vallenar	Araya y Torres Ltda.	Instalación de sistema de riego por goteo, telecontrol y sistema fotovoltaico flotante
16-2025-03-003	Alto del Carmen	Araya y Torres Ltda.	Instalación de sistema de riego por goteo subterráneo y telecontrol

Fuente: *Elaboración propia*

Ranking de Consultores

Este ranking permite ver quién tiene mayor participación en el concurso:

Juan Bernardo Hormazábal Loyola: 10 proyectos (enfoque en IA y Riego Subterráneo).

Cepia Ingenieros Consultores Ltda.: 5 proyectos (Sondas y Estaciones Meteorológicas).

INGAL Ingenieros Consultores SpA: 4 proyectos (Monitoreo de Calidad de Agua).

Baldur Rodrigo Fontalba Guzmán: 3 proyectos (Instalación de Riego y Válvulas).

Ingeniería, Construcciones y Asesorías Araya y Torres: 2 proyectos (Sistemas complejos de Riego + Telecontrol).

Distribución Geográfica Destacada

Agrupación por zonas de mayor impacto:

Zona Centro (O'Higgins/Maule): Concentra la mayor parte de los proyectos de IA y Automatización, especialmente en San Clemente, Coltauco y San Javier.

Zona Sur (Biobío/Ñuble/Araucanía): Predominan los proyectos de Monitoreo de Calidad de Agua (Los Ángeles) y Riego con Generación Fotovoltaica (Pinto, El Carmen).

Zona Norte/Valle Central: Se observan proyectos críticos de Riego Subterráneo y Telecontrol (Vallenar, Alto del Carmen) y Cubiertas Flotantes para evitar la evaporación (Calle Larga).

6.3 VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA

La validación de la metodología constituye una etapa fundamental del proceso investigativo, dado que permite verificar la consistencia, pertinencia y aplicabilidad de las herramientas desarrolladas. Esta validación se realiza a partir del análisis de los resultados obtenidos en la aplicación metodológica, contrastándolos con los objetivos planteados y con los lineamientos establecidos en la Ley N° 21.597.

En este contexto, se evalúa la capacidad de la metodología para responder al problema de investigación, considerando su efectividad en la identificación de brechas, la mejora en la formulación de proyectos y la incorporación de criterios de eficiencia e innovación. Asimismo, se analiza su aplicabilidad en distintos tipos de proyectos, verificando su flexibilidad y adaptabilidad a diversas condiciones.

Un aspecto clave de la validación es la verificación de la coherencia entre los resultados obtenidos y los principios establecidos en la normativa vigente. En particular, se analiza el grado en que la metodología contribuye a promover un uso más eficiente del recurso hídrico, a incorporar criterios de sostenibilidad y a facilitar la implementación de nuevas tipologías de obras.

Adicionalmente, la validación considera la factibilidad de implementación de la metodología en el contexto institucional, evaluando su compatibilidad con los procedimientos existentes y su potencial para ser adoptada por profesionales del sector. Este análisis permite determinar su viabilidad como herramienta de apoyo en la formulación de proyectos.

Como resultado de esta etapa, se concluye que la propuesta metodológica posee un alto grado de consistencia técnica y normativa al ajustarse a los requisitos del SEP y la Ley N° 21.597. La validación efectuada es de carácter conceptual y procedimental; en consecuencia, se establece que la aplicación sistemática de este instructivo potencialmente permitirá mejorar la calidad técnica de las formulaciones y reducir la tasa de observaciones y rechazos administrativos en concursos futuros.

6.4 SÍNTESIS DE LA APLICACIÓN METODOLÓGICA

La aplicación metodológica desarrollada, permite evidenciar la relevancia de contar con herramientas estructuradas para la formulación de proyectos de riego en el contexto actual. A través de su implementación, se logra identificar brechas, validar enfoques y generar propuestas de mejora que contribuyen a una gestión más eficiente del recurso hídrico.

De esta forma, la metodología no solo cumple un rol analítico, sino que también se constituye como un instrumento aplicado, capaz de orientar la formulación de proyectos bajo criterios de eficiencia, sostenibilidad e innovación. Esta característica refuerza el aporte de la investigación, al trascender el ámbito teórico y generar un impacto concreto en la práctica profesional.

Para integrar de manera coherente las distintas fases desarrolladas en el estudio, se expone la síntesis de la aplicación metodológica empleada en esta investigación (**Figura 13**).

Figura 13. Síntesis de la aplicación metodológica.



Fuente: *Elaboración propia*

CAPÍTULO VII

RESULTADOS

La aplicación de la metodología desarrollada permitió analizar un conjunto de proyectos postulados a concursos de innovación convocados por la Comisión Nacional de Riego durante el año 2025. Estos proyectos representan una muestra relevante de las nuevas tipologías de iniciativas promovidas a partir de la actualización de la Ley N° 18.450 mediante la Ley N° 21.597, particularmente en materias relacionadas con eficiencia hídrica, automatización, monitoreo remoto, energías renovables y tecnologías emergentes aplicadas al riego.

La base de datos construida durante la investigación incorporó antecedentes técnicos, administrativos y de diseño correspondientes a 37 proyectos distribuidos en distintas regiones del país. La revisión de estos antecedentes permitió identificar patrones comunes, oportunidades de mejora y desafíos asociados a la formulación de iniciativas innovadoras dentro del sistema de bonificación al riego.

Uno de los principales hallazgos observados corresponde al cambio gradual en el tipo de proyectos postulados. Históricamente, la Ley N° 18.450 estuvo asociada principalmente al financiamiento de obras civiles tradicionales, tales como revestimientos de canales, acumuladores, entubamientos y sistemas convencionales de riego tecnificado. Sin embargo, los concursos analizados muestran una creciente incorporación de tecnologías digitales, sistemas de monitoreo y soluciones energéticas, reflejando una evolución en la forma de abordar la gestión del recurso hídrico.

Esta tendencia es consistente con los objetivos establecidos por la Ley N° 21.597, que incorpora explícitamente conceptos de sostenibilidad, eficiencia energética, adaptación al cambio climático e innovación tecnológica como elementos relevantes para el desarrollo de proyectos de riego.

7.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS PROYECTOS ANALIZADOS

La clasificación de los proyectos revisados permitió identificar siete grupos principales de innovación.

El grupo más representativo correspondió a proyectos asociados a programación y automatización del riego, incluyendo el uso de inteligencia artificial para apoyar la toma de decisiones. Este tipo de iniciativas representó aproximadamente un tercio de los proyectos revisados, evidenciando un creciente interés por avanzar desde sistemas de operación manual hacia modelos basados en información en tiempo real.

En segundo lugar, se observó una importante presencia de proyectos asociados a sensores de humedad, estaciones meteorológicas y sistemas de monitoreo remoto. Estas tecnologías permiten generar información continua sobre las

condiciones del suelo, clima y disponibilidad de agua, constituyéndose en una herramienta fundamental para mejorar la eficiencia del riego.

Asimismo, se identificaron proyectos relacionados con sistemas agrivoltaicos, sistemas fotovoltaicos flotantes, cubiertas flotantes modulares y monitoreo remoto de calidad de agua, tecnologías que hasta hace pocos años no eran habituales dentro de los concursos de la Comisión Nacional de Riego.

La diversidad de proyectos observada demuestra que la actualización normativa ha comenzado a generar un espacio para la incorporación de nuevas soluciones tecnológicas, ampliando significativamente el espectro de alternativas disponibles para los agricultores.

7.1.1 DISTRIBUCIÓN DE PROYECTOS POR TIPOLOGÍA TECNOLÓGICA

La clasificación de los 37 proyectos analizados permitió identificar una clara tendencia hacia la incorporación de tecnologías orientadas a la eficiencia hídrica, digitalización y sostenibilidad.

Los resultados muestran que más del 50 % de los proyectos evaluados se relacionan directamente con la digitalización de la gestión del agua mediante sensores, automatización y sistemas de apoyo a la toma de decisiones. Esta situación evidencia un cambio en la orientación de los concursos respecto a períodos anteriores, donde predominaban las obras civiles tradicionales.

La incorporación de tecnologías de información responde a una necesidad creciente de optimizar la gestión del recurso hídrico frente a escenarios de escasez y variabilidad climática, permitiendo una administración basada en datos y no únicamente en criterios empíricos.

7.2 ANÁLISIS DE LOS PROYECTOS DE AUTOMATIZACIÓN DE RIEGO E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Los proyectos asociados a automatización y programación de riego constituyen una de las expresiones más concretas de la transformación digital del sector agrícola.

Durante la revisión de los antecedentes se observó que estos proyectos incorporan una combinación de sensores de humedad, estaciones meteorológicas, programadores de riego, plataformas digitales y algoritmos de decisión. En algunos casos, la información recopilada es procesada mediante sistemas capaces de generar recomendaciones automáticas de riego, ajustando la frecuencia y duración de las aplicaciones según las condiciones observadas.

Desde la perspectiva de la gestión del agua, esta tecnología representa un cambio significativo respecto de los métodos tradicionales basados en calendarios fijos o experiencia del operador. La utilización de datos en tiempo real permite

reducir pérdidas por sobre-riego, mejorar la uniformidad de aplicación y optimizar el uso del recurso hídrico.

La metodología desarrollada permitió identificar que la principal dificultad en la formulación de este tipo de proyectos no se encuentra en los aspectos tecnológicos, sino en la adecuada justificación técnica de los beneficios esperados y en la definición de indicadores que permitan cuantificar el ahorro de agua generado.

Por esta razón, uno de los aportes de la investigación consiste en establecer una secuencia metodológica que facilite la formulación de estos proyectos, incorporando criterios de diseño, indicadores de desempeño y mecanismos de validación.

Al categorizar y sistematizar los proyectos de esta tipología, es posible consolidar el listado de antecedentes y requerimientos técnicos obligatorios que deben ser exigidos para la evaluación de estas obras:

7.2.1 FICHA DE IDENTIFICACIÓN, GEORREFERENCIACIÓN Y TENENCIA DE AGUAS

Este apartado inicial del expediente técnico sitúa el proyecto geográficamente y valida la existencia legal del recurso hídrico que alimentará el huerto tecnificado.

Identificación del Postulante: Razón Social Completa del propietario o sociedad agrícola, RUT institucional y datos del Representante Legal.

Georreferenciación Obligatoria del Predio: Nombre de la propiedad (ej. Fundo El Huaico / Parcela Don Pepe), Comuna, Provincia y Región. Se debe indicar las coordenadas de origen en formato UTM (ej. Este: [X] m / Norte: [Y] m, Huso 19S, Datum WGS84), respaldadas mediante la planimetría oficial.

Acreditación de Derechos y Disponibilidad de Aguas: Se debe estipular con claridad el origen legal del agua de riego. Existen dos metodologías de acreditación aceptadas para esta tipología:

Derechos Superficiales Tradicionales: Indicar el número de acciones de río o canal, la equivalencia de caudal instantáneo a predio calculado con un 85% de seguridad hídrica según el documento regulatorio DT-01 (ej. [X] acciones del Canal Cinco Norte derivadas del Río Maule, equivalentes a un caudal disponible de 16,52 l/s).

Contrato de Suministro Regulado por Concesionaria: Para predios abastecidos por embalses concesionarios fiscales (ej. Embalse Convento Viejo / Canal Teno-Chimbarongo), se debe adjuntar copia del contrato de servicio regulado vigente (Contrato CVR), estipulando el Volumen Contratado Anual (ej. 330.000 m^3\año) y el desglose de entregas mensuales (en m^3) con seguridad de suministro al 85%.

7.2.2 DIAGNÓSTICO INICIAL DE SUELO Y CULTIVO (SOPORTES ANALÍTICOS)

Ningún proyecto de automatización inteligente puede ser evaluado si no se demuestran las condiciones basales del huerto a intervenir. Este módulo recopila las exigencias físico-químicas de terreno:

Informe de Resultados de Laboratorio de Suelos: Es obligatorio adjuntar los análisis de laboratorios acreditados (ej. Agrolab / Las Garzas). El informe debe registrar muestras georreferenciadas a nivel de perfil radicular (ej. profundidad de 35 a 40 cm), detallando:

- **Propiedades Químicas:** pH en agua (relación 1:2,5), conductividad eléctrica, porcentaje de materia orgánica, nitrógeno disponible y suma de bases de intercambio.
- **Propiedades Físicas:** Densidad aparente, porcentaje de arena, limo y arcilla para determinar la Clase Textural del Suelo (ej. Franco Arcillo Limosa / Arcillo Limosa).
- **Umbrales de Retención de Humedad:** Porcentaje de Capacidad de Campo (CC a 0,3 bar), Punto de Marchitez Permanente (PMP a 15,0 bar) y la Humedad Aprovechable en peso (%), datos críticos que alimentarán el algoritmo de IA.

Catastro de Cultivos Existentes e Infraestructura de Riego: Declarar la especie frutal establecida (ej. Ciruelos / Avellanos), la superficie física total que cuenta con riego por goteo operativo previamente bonificado por el Estado (ej. 21,0 ha o 28,0 ha) con su respectivo número de proyecto o bono original

7.2.3 MEMORIA DE DISEÑO AGRONÓMICO E INDICADORES DE AHORRO HÍDRICO

La justificación de la inversión tecnológica ante la CNR radica en demostrar de forma explícita el balance hídrico neta de la temporada y el volumen total de agua ahorrado gracias al control de precisión:

Cálculo de la Evapotranspiración del Cultivo (ETc): Se obtienen los datos de Evapotranspiración de Referencia (ETo) mensual de la zona a partir de la cartografía de la CNR (ej. Enero: 173,6 mm/mes). Estos se multiplican por el Coeficiente de Cultivo mensual (Kc) específico de la especie (ej. Ciruelo Europeo con Kc = 0,70 en enero y un máximo de 0,90 en diciembre) mediante la fórmula estándar:

$$ETc = ETo * K_c$$

Cálculo de la Demanda Hídrica Neta (DHN): Conversión a volumen mensual expresado en m^3/ha/mes aplicando la ecuación de balance frente a la precipitación efectiva.

Cálculo del Indicador de Eficiencia (Volumen Ahorrado): El expediente debe registrar matemáticamente el Volumen Ahorrado por Temporada (m^3) que se alcanzará al evitar pérdidas por sobre-riego y percolación profunda (ej. Ahorro de 27.805 m^3 por temporada para un huerto de 27,90 ha).

7.2.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL HARDWARE Y CRITERIOS DE IA

El contratista debe incorporar en la postulación las fichas técnicas (*Spec Sheets*) de los dispositivos a instalar, justificando la idoneidad tecnológica frente a las condiciones del predio:

Unidad Meteorológica Central (Clima de Precisión)

- **Estación Meteorológica Automática (EMA):** Suministro de una estación profesional (ej. Davis Vantage Pro2 GroWeather). Debe contar con una unidad de sensores integrados (ISS) protegida con un escudo contra radiación con ventilador solar activo para lecturas térmicas ultra precisas (más menos 0,3°C), pluviómetro de cucharón basculante con resolución de 0,2 mm, sensor de radiación solar para el cálculo automatizado de la evapotranspiración diaria, anemómetro y veleta magnética de estado sólido.
- **Interconexión:** Se integrará al nodo mediante una Tarjeta de Expansión Serial RS-485 (EXP-485) con protocolo Modbus habilitado o interfaz SDI-12 de alta velocidad.

Sondas Multiprofundidad y Nodos de Terreno (Suelo de Precisión)

- **Sondas Capacitivas Perfiladoras:** Instalación de sondas de humedad de suelo tubulares (ej. *Sentek Drill&Drop de 90 cm / 3 pies de longitud*). Estas operan sin requerir mezclas fangosas de instalación, midiendo en tiempo real y en múltiples profundidades del perfil la humedad volumétrica, la temperatura y la salinidad/conductividad del suelo.
- **Nodos de Monitoreo de Campo:** Cada sonda o EMA se conectará a un nodo local autónomo (ej. *WiseConn RF-M1*). Estos dispositivos procesan los datos mediante un microcontrolador Cortex M4-F de 32 bits, cuentan con almacenamiento local en memoria Flash, se alojan en cajas de policarbonato IP65 con protección UV y se alimentan con un panel solar de 10 W y baterías de litio-ion de respaldo.

Nodo Gateway Principal y Lógica del Algoritmo de IA

- **Nodo Gateway Central:** El cerebro de la red inalámbrica de campo se compone de un Nodo de Monitoreo y Control RF-X1 que actúa como Gateway. Utiliza tecnología de radiofrecuencia de espectro disperso por salto de frecuencia (FHSS) con módulos *Xbee-PRO 900HP* para enlazar las unidades de terreno en una topología de red en malla (*Mesh*) colaborativa con enlaces de hasta 3 km con línea de vista.

- Módem Celular e Interfaz HMI: El Gateway incorporará un módem embebido Nimbelink Skywire 4G LTE Cat-1 (asistido por una Tarjeta de Expansión Interfaz HMI de 5V) para enviar las tramas de datos de forma encriptada a la plataforma en la nube (DropControl / IrriMAX Live) en intervalos configurables de 1 a 15 minutos.
- **Lógica de Inteligencia Artificial (IA):** Los datos históricos acumulados de consumo hídrico dinámico, la actividad real de absorción radicular por profundidad y las alertas meteorológicas climáticas de la EMA son procesados en el servidor cloud. El sistema calcula de forma predictiva los tiempos de riego futuros óptimos y establece umbrales y alertas automáticas mediante algoritmos de IA, interactuando con los actuadores locales en terreno para una gestión sostenible sin intervención humana errónea.

7.2.5 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU) Y PRESUPUESTO

Para cumplir las exigencias presupuestarias de la CNR, las partidas del proyecto tecnológico se deben desglosar detalladamente, separando el equipamiento electrónico de alta tecnología de las obras civiles e instalaciones locales, ajustándose a la tabla oficial de precios máximos vigentes de la Ley 18.450 (DT-18):

- **Formato de Cuadro de Presupuesto Técnico Tipo:**

Los valores unitarios y las cantidades de hardware deben reflejar con exactitud los componentes declarados en la memoria técnica justificativa, Para detallar la estructura financiera proyectada, en la **Tabla 6** se presenta el presupuesto tipo para la obra 7.2 en el marco del concurso 16-2025, especificando la estimación de costos por ítem y el desglose de los recursos requeridos.

Tabla 6. Presupuesto tipo en el concurso 16-2025 obra 7.2

Suministro de Equipos / Partidas	Unidad	Cantidad	Costo Unitario Referencial	Costo Total Neto
Estación Meteorológica Davis Vantage Pro2 ISS (RS485)	uni	1	$1.948.716	$1.948.716
Sonda de Humedad de Suelo Sentek Drill&Drop (90 cm)	uni	[4 o 2]	$1.599.998	[Cant xPU]
Tarjeta de Expansión Serial WiseConn EXP-485	uni	1	$112.820	$112.820
Tarjeta de Expansión Interfaz WiseConn EXP-HMI 5V	uni	1	$101.538	$101.538

Suministro de Equipos / Partidas	Unidad	Cantidad	Costo Unitario Referencial	Costo Total Neto
Nodo Inalámbrico Remoto de Campo WiseConn RF-M1 900HP	uni	[4 o 2]	$1.015.383	[Cant x PU]
Nodo Gateway Central Principal WiseConn RF-X1 LTE Cat-1	uni	1	$1.846.152	$1.846.152
Accesorios del Centro de Control / Caseta de Riego	gl	4	$100.000	$400.000
Jornada de Instalación en Terreno (Maestros de Planta)	gl	3	$250.000	$750.000
Base de Acero Estructural para Mástil de Elevación	uni	[5 o 2]	$45.000	[Cant x PU]
Punta de Hilo HE Fierro Galvanizado 1 1/4" × 6 m (Mástil)	uni	[5 o 2]	$43.200	[Cant x PU]
Confección e Instalación de Letrero de Obra Oficial CNR (1,25×3m)	uni	1	$300.000	$300.000

Fuente: *Elaboración propia*

Nota de Ajuste de Precios en Obra Civil: En caso de que el proyecto requiera de excavación y tapado de zanjas menores para el tendido de cañerías secundarias o cables de control conduit, los análisis de precios unitarios deben someterse a los topes máximos del DT-18 (Excavación con máquina: tope máximo de $2.329 m^3; Relleno y tapado común: tope máximo de $4.477 m^3).

7.2.6 PLAZOS, CRONOGRAMA Y DECLARACIONES JURADAS OBLIGATORIAS

- **Plazo de Ejecución Físico:** Se establece un plazo referencial de ejecución de 30 días hábiles de trabajo efectivo, registrado de manera obligatoria en un "Libro de Obras" foliado en triplicado tipo manifold. Las actividades se distribuyen entre la adquisición y pruebas de hardware (semanas 1 y 2), montaje de mástiles, zanjas e instalación en terreno (semanas 2 a 4), calibración e integración con el algoritmo de IA (semana 4) y la capacitación técnica final al personal de la agrícola.
- **Declaración Jurada de Operación de Largo Plazo:** Es un documento mandatorio y eliminatorio en la postulación de innovación. El representante legal de la agrícola debe firmar una Carta Compromiso bajo juramento donde se obliga formalmente ante el Estado a mantener operativos y vigentes todos los sistemas complementarios de automatización, telemetría y control durante un período mínimo de diez (10) años, contados desde la fecha de la recepción definitiva de las obras por parte de la CNR.

7.2.7 PLANOS TÉCNICOS Y CARTOGRAFÍA DIGITAL OBLIGATORIA

El expediente digital cargado en la plataforma CNR debe contener la planimetría de ingeniería georreferenciada bajo coordenadas UTM (Datum WGS84, Huso 19S), estructurada bajo las siguientes capas visuales obligatorias:

- **Capa de Deslinde y Roles de Avalúo:** Demarcación clara perimetral en color amarillo que encierre los polígonos de los roles tributarios que forman parte del área de riego tecnificada del proyecto.
- **Capa de Infraestructura Existente:** Dibujo y trazado de los cuarteles de riego por goteo, matrices de PVC e instalaciones que se encuentran construidas y operativas en el predio.
- **Capa de Equipamiento de Innovación:** Posicionamiento exacto y georreferenciado mediante símbolos específicos de la ubicación física de la Estación Meteorológica y los puntos de enterramiento de cada una de las Sondas de Humedad en las hileras de plantación.
- **Ubicación de la Caseta de Control:** Demarcación en color azul del contenedor o caseta de riego donde se sitúa el programador central, tren de filtrado, equipos de bombeo y cabezal de fertirriego.
- **Plano de Ubicación Vial y Accesibilidad:** Mapa a escala macro (ej. base *OpenStreetMap*) que detalle la ruta de acceso al predio desde las carreteras públicas principales, indicando las distancias de avance en kilómetros (ej. *recorrido desde la Ruta H-30 hacia el poniente avanzando 24 km desde el acceso a Doñihue* o *desde la Ruta I-72 en la comuna de Lolol*).

7.3 ANÁLISIS DE PROYECTOS AGRIVOLTAICOS Y SISTEMAS FOTOVOLTAICOS FLOTANTES

Los proyectos agrivoltaicos y fotovoltaicos flotantes representan una de las innovaciones más relevantes identificadas durante el estudio. En este sentido el convenio CNR-MINISTERIO DE ENERGIA, se desarrolló una guía con ejemplos de cómo dimensionar este tipo de obras eléctricas. anexado en bases del concurso 12-2026 y en esta tesina, llamado:

- **Anexo c: guía desarrollada por convenio CNR-MINISTERIO DE ENERGÍA**

En ambos casos, la energía solar se transforma en un elemento complementario para mejorar la eficiencia de los sistemas de riego. Sin embargo, cada tecnología aborda problemáticas distintas.

Los sistemas agrivoltaicos buscan aprovechar simultáneamente una misma superficie para la producción agrícola y la generación de energía eléctrica. Esto permite disminuir costos operacionales asociados al bombeo, mejorar la

resiliencia energética del predio y reducir emisiones de gases de efecto invernadero.

Por otra parte, los sistemas fotovoltaicos flotantes incorporan un beneficio adicional relacionado con la disminución de la evaporación desde embalses o acumuladores de agua. Esta característica adquiere especial relevancia en regiones con elevados niveles de radiación solar y déficit hídrico.

Los resultados obtenidos muestran que estas tecnologías poseen un alto potencial de desarrollo dentro del marco de la Ley N° 21.597, aunque todavía existen desafíos relacionados con la generación de criterios estandarizados para su evaluación técnica y económica.

Al categorizar y sistematizar los proyectos de esta tipología, es posible consolidar el listado de antecedentes y requerimientos técnicos obligatorios que deben ser exigidos para la evaluación de estas obras:

7.3.1 FICHA DE IDENTIFICACIÓN, GEORREFERENCIACIÓN Y CERTEZA LEGAL DE AGUAS

Este apartado abre el expediente técnico en la plataforma del Sistema electrónico de postulación (SEP) y acredita la viabilidad legal y localización geográfica de la obra:

Identificación del Postulante: Razón Social Completa del propietario o sociedad agrícola (Persona Natural o Jurídica) y RUT institucional.

Localización Georreferenciada: Nombre del predio, Sector Rural, Comuna, Provincia y Región. Es mandatorio registrar las coordenadas del Punto de Conexión y de la fuente de agua en formato UTM bajo el Datum WGS84 indicando el Huso correspondiente (ej. Este: [X] m E / Norte: [Y] m S, Huso [19J / 19S]).

Amparo Legal del Recurso Hídrico: Adjuntar los títulos vigentes que acrediten el suministro hídrico, los cuales deben ajustarse a una de las siguientes causales de admisibilidad:

- **Derechos Tradicionales:** Inscripción de dominio en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces correspondiente, detallando el caudal máximo instantáneo (Acciones o l/s).
- **Suministro por Concesión Fiscal:** Copia autorizada del Contrato de Servicio Regulado vigente firmado con la Concesionaria de un Embalse Fiscal, estipulando el volumen total anual contratado (m^3/año) y el desglose mensual de entregas hídricas con seguridad de suministro.

7.3.2 DIAGNÓSTICO AGROLÓGICO, SUPERFICIES Y CULTIVOS

Toda postulación que involucre subsidios de tecnificación o innovación debe registrar las condiciones basales del suelo y la distribución física de la propiedad:

- **Clasificación Agrológica del Suelo:** Presentar el cuadro oficial de capacidad de uso del suelo emitido por la cartografía institucional (ej. CIREN), desglosando las hectáreas físicas pertenecientes a cada clase (ej. Clase II, Clase III, Clase VIII).
- **Superficies de Postulación:** Definir la Superficie de Nuevo Riego (SNR) o la Superficie de Riego Existente que será beneficiada por la componente energética ERNC.
- **Fisiología del Cultivo:** Declarar las especies frutales o agrícolas establecidas o proyectadas (ej. Olivos, Viñedos, Cerezos, Nogales) indicando su densidad y el marco geométrico de plantación (distancia entre **hileras y sobre la hilera).**

7.3.3 MEMORIA DEL DISEÑO AGRONÓMICO (DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA)

Las necesidades hídricas del cultivo deben estar técnicamente justificadas para el mes crítico de máxima exigencia climática de la zona de emplazamiento:

- **Evapotranspiración Potencial (ETp):** Extraída de las tablas climáticas o cartografías oficiales del organismo revisor para la comuna respectiva (expresada en mm/mes y su tasa media diaria en mm/día).
- **Coeficiente de Cultivo (Kc):** Definición del multiplicador agronómico según la especie y su estado fenológico en el mes crítico de diseño (ej. Kc = 0,90 para vides en enero).
- **Lámina Bruta Diaria:** Calculada en función de la Demanda Neta (ETc = ETp x Kc) corregida por la eficiencia estándar asignada al método de riego localizado adoptado (ej. 90% de eficiencia para sistemas de goteo o microaspersión).

EJEMPLO DE CUADRO AGRONÓMICO POR SECTOR DE RIEGO:

- Sector Operacional: [Sector 1 / Sector A]

- Especie y Variedad: [Especie Frutal / Variedad]

- Configuración de Emisores: [Goteros botón auto-compensados de 4,0 l/h a 0,8 m]

- Disposición de Laterales: [1 línea de polietileno de 16 mm por hilera de plantas]

- Precipitación Horaria del Sistema: [2,5 mm/h]

- Tiempo de Riego por Sector: [2,40 horas para cubrir la demanda bruta diaria]

- Caudal de Diseño Hidráulico del Bloque: [14,86 l/s / 53,5 m³/h]

7.3.4 INGENIERÍA HIDRÁULICA Y COMPONENTES DEL CABEZAL DE CONTROL

Muestra la simulación técnica de presiones, pérdidas de carga y caudales para asegurar una aplicación uniforme de agua en todo el predio:

- **Punto de Operación de la Bomba Principal:** Justificación del caudal total requerido (m^3/h) y la Altura Manométrica Total (m.c.a.) detallada en base a las cotas del terreno, la succión, la fricción interna de tuberías y las pérdidas del cabezal.
- **Eficiencia Energética del Motor:** Los motores trifásicos normalizados que operen los sistemas de impulsión hidráulica (bomba de superficie o bomba sumergible de pozo profundo) deben certificar obligatoriamente una clase de eficiencia IE3 o IE4 (Premium / Super Premium) bajo norma *IEC 60034-30-1*, minimizando la potencia absorbida activa (P1).
- **Estación de Filtrado Automático:** Especificar la tecnología de retención de sólidos (filtros de anillas o de malla autolimpiantes), detallando el grado de filtración en micras o mesh (ej. *130 micrones / 120 mesh*) y la pérdida de carga fija de diseño asignada para activar el ciclo de contralavado automático (ej. *1,0 bar / 10 m.c.a.*).
- **Válvulas Hidráulicas Automáticas de Membrana:** Empleo de válvulas plásticas o metálicas autoaccionadas que operen por la misma presión de la red sin energía externa. Deben especificarse sus circuitos de mando: electrohidráulicas (control por solenoide de 24V AC o impulsos Latch), reductoras o sostenedoras de presión mediante pilotos de resorte regulables.
- **Unidad de Macromedición:** Incorporación de un medidor volumétrico (tipo hélice o propela tangencial apto para sólidos en suspensión) que cuente con emisor de pulsos magnéticos acoplado a un indicador digital instantáneo con protección de estanqueidad IP68.
- **Simulación de Red y Control de Presiones:** Validar que las velocidades de flujo en las tuberías matrices y secundarias de PVC se mantengan dentro de los rangos de seguridad (ej. *entre 1,1 y 1,8 m/s*) para mitigar los efectos del golpe de ariete. La presión disponible en el extremo terminal de los arcos de riego debe superar el requerimiento mínimo del emisor (ej. *mínimo 1,0 bar*) para asegurar la correcta auto-compensación.

7.3.5 CRITERIOS ESPECIALES PARA PROYECTOS FOTOVOLTAICOS FLOTANTES (FVF)

Para aquellos expedientes técnicos donde la planta de generación de energía renovable se emplace flotando sobre lagunas o tranques de acumulación revestidos, se deben cumplir los siguientes requisitos excluyentes de codiseño:

- **Métricas de Conservación Hídrica:** La memoria técnica del consultor debe demostrar matemáticamente el balance de reducción de pérdidas de agua, garantizando que la cobertura física de las balsas modulares sobre el espejo de agua disminuye la tasa de evaporación natural entre un 60% y un 85%.
- **Modelación del Efecto Térmico de Refrigeración (*Cooling Effect*):** Justificación de la ganancia de eficiencia eléctrica del panel. La transferencia de calor conductiva y convectiva hacia la masa de agua subyacente refrigera las celdas de silicio, lo que debe traducirse en un incremento en la generación de energía neta AC de entre un 5% y un 12% en comparación con una instalación terrestre equivalente.
- **Integridad y Protección del Revestimiento de Geomembrana:** Se prohíbe estrictamente el uso de anclajes, lastres o muertos rígidos que ejerzan fricción directa o perforen la geomembrana de impermeabilización del embalse.
    - ***Líneas de Amarre:*** Deben ser flexibles y autoajustables (cables de acero inoxidable o cuerdas elásticas de alta resistencia) para absorber las fluctuaciones dinámicas del nivel del agua.
    - ***Bloques de Anclaje Perimetrales:*** Deben fundirse e instalarse exclusivamente fuera de la zona de inundación o en el coronamiento del talud. La normativa técnica del plano exige que una vez posicionados en las orillas, deben dejarse asentar inmóviles por un período mínimo de cinco (5) días antes de realizar los ensayos de tensión horizontal o conectar las amarras de la isla flotante.
- **Montaje e Inclinación del Inversor:** En caso de instalar el inversor en red directamente sobre las estructuras flotantes, se deben cumplir rigurosamente los gálibos mecánicos del fabricante: **el inversor debe fijarse en posición vertical o con una inclinación máxima hacia atrás de 75° (≤75°)** para permitir la disipación térmica eficiente de su sistema de enfriamiento inteligente por convección de ventiladores. Quedan estrictamente prohibidas las inclinaciones laterales, frontales o invertidas.
- **Maniobra de Botadura (Plataforma de Lanzamiento):** Para evitar que las orejas de unión o encajes plásticos de los flotadores de HDPE sufran daños estructurales por cizalle o caídas bruscas durante el montaje, se exige la construcción de una rampa provisoria compactada o entablada de madera con una pendiente suave controlada de 3° a 5° respecto a la superficie del agua para el deslizamiento seguro de la isla hacia el embalse.

7.3.6 REGULACIÓN ELÉCTRICA Y LÓGICA NET BILLING (SEC)

El dimensionamiento de la planta fotovoltaica intrapredial debe ceñirse a las normativas de inyección y seguridad dictaminadas por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC):

- **Certificación de Componentes de Potencia:** Todos los módulos fotovoltaicos (ej. *paneles de 600 Wp o de alta transmitancia*) y los inversores trifásicos seleccionados deben contar con sus respectivas Resoluciones Exentas vigentes emitidas por la SEC que autoricen su uso en Chile bajo el marco de la Ley de Generación Distribuida (Net Billing). Los inversores deben certificar el cumplimiento de las normas *IEC 62109 e IEC 62116* (protección anti-isla y perfil de red local).
- **Cálculo de Caída de Tensión en Corriente Alterna (CA):** En líneas de aducción o transmisión de media distancia (ej. *trazados de 1.200 metros* desde la planta ERNC a la caseta de riego), se debe verificar físicamente la sección de los conductores eléctricos (Cobre o Aluminio). La normativa eléctrica chilena limita la caída de tensión máxima permisible al 3%. Si el cálculo analítico supera este límite (ej. *caída simulada de 4,9% con dos cables por fase*), es obligación de diseño robustecer la línea aumentando la sección o agregando un tercer conductor en paralelo por fase, costo que no será subsidiado y debe ser absorbido por el titular.
- **Seguridad Activa Integrada:** Se debe priorizar el uso de equipamiento inversor que incorpore algoritmos de protección avanzada contra incendios (como sistemas de interrupción activa de arcos eléctricos *AFCI*) y optimizadores de software para sombreados dinámicos parciales.

7.3.7 CUBICACIONES, ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU) Y FORMATO PRESUPUESTARIO

Los valores de la postulación deben presentarse estrictamente desglosados en valores netos, separando las especialidades de equipamiento tecnológico de las obras civiles y servicios especializados de instalación en terreno (Se promediaron los precios de los proyectos presentados en la postulación 16-2025).

Para analizar la estructura financiera correspondiente a la siguiente tipología de obra se presenta en la **Tabla 7** el presupuesto tipo para la obra 7.3 dentro del concurso 16-2025, detallando la estimación de costos por ítem y el desglose de los recursos asignados.

Tabla 7. Presupuesto tipo en el concurso 16-2025 obra 7.3

Partida / Especialidad del Proyecto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario Neto (CLP)	Costo Total Neto Propuesto (CLP)
Suministro de Equipos y Hardware Fotovoltaico ERNC				
Inversor en Red Solis Trifásico S6 40kW	CU	1	$4.615.385	$4.615.385
Panel Solar 605 Wp Certificado Canadian Solar	CU	70	$116.923	$8.184.615
Estructura de Montaje Flotante (HDPE + MAC Steel Solar First)	CU	1	$9.738.462	$9.738.462
Cables Solares CC 10mm² y Canalización Conduit Metálica	CU	1	$3.443.077	$3.443.077
Tablero Eléctrico, Protecciones AC/DC y Sistema Malla a Tierra	CU	1	$1.138.462	$1.138.462
Servicios e Ingeniería Eléctrica ERNC				
Mano de Obra Eléctrica Calificada (Montaje y Conexiones)	CU	1	$6.093.750	$6.093.750
Tramitación TE4 SEC, Ingeniería Net Billing y Manuales RGR	CU	1	$976.923	$976.923
Logística, Desplazamiento de Personal y Fletes de Equipos	CU	1	$3.107.160	$3.107.160
Suministro de Materiales y Equipos Hidráulicos				
Tuberías Maestras de PVC (Conducción Principal PN6 140mm)	m	189,6	$4.830	$915.768
Tuberías Secundarias de PVC (Distribución PN6 110mm)	m	100,8	$2.967	$299.074
Red de Submatrices PVC Menores (40, 50, 63, 75, 90 mm)	m	232,2	*Variable según ø*	$330.528
Laterales de Riego (Tubería PE Lineal 16mm, e=1.0mm)	m	27.584	$50	$1.379.211
Goteros Autocompensantes Rivulis Supertif 4 l/h	U	36.300	$186	$6.751.800

Partida / Especialidad del Proyecto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario Neto (CLP)	Costo Total Neto Propuesto (CLP)
Electroválvulas de Control Hidráulico, Aire y Compuertas	grl	1	$1.961.719	$1.961.719
Sistema de Filtrado de Discos Helix Automatic Serie 203	U	1	$7.259.170	$7.259.170
Electrobomba Normalizada VOGT NM 50-160 15 HP	U	1	$3.663.755	$3.663.755
Variador de Frecuencia Inteligente (VDF) y Equipos de Caseta	grl	1	$12.368.384	$12.368.384
Sistema de Telemetría DropControl (Nodos RF-C1 y RF-X1)	grl	1	$7.447.020	$7.447.020
Obras Civiles Hidráulicas y Generales				
Excavación y Relleno de Zanjas para Tuberías (Mov. Tierras)	m3	559,8	*DT-18*	$2.254.315
Letrero de Obra Oficial (Suministro e Instalación)	uni	1	$387.303	$387.303
Gastos Generales de Ejecución (Componente Solar)	CU	1	$2.589.300	$2.589.300
SUB-TOTAL NETO COMPONENTE SOLAR ERNC				**$45.625.595**
SUB-TOTAL NETO COMPONENTE HIDRÁULICA Y RIEGO				**$44.591.587**
VALOR TOTAL NETO DE LA POSTULACIÓN CNR				**$90.217.182**

Fuente: *Elaboración propia*

7.3.8 CRITERIOS DE OBRAS CIVILES MENORES (ZANJAS Y EXCAVACIONES):

Para las subpartidas civiles complementarias de excavación y tapado de zanjas (para matrices, terciarias o ductos conduit eléctricos), los Análisis de Precios Unitarios (APU) propuestos deben estar dentro de las bandas oficiales mínimas y máximas permitidas vigentes para la zona (ej. *Banda de Precios Oficiales DT-18*):

- Ancho y profundidad estándar: Matrices a profundidad mínima de 0,8 m; secundarias a 0,7 m. Ancho regular de 0,6 m.
- Factor de Esponjamiento: Recargo técnico obligatorio del 10% aplicado directamente sobre el cálculo del volumen natural excavado para el movimiento de tierras.

7.3.9 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El expediente técnico exige una planificación temporal lógica y unificada expresada en semanas de trabajo efectivo para un periodo estándar de ejecución (ej. *plazo referencial de 1 a 2 meses / 6 semanas*), donde se delimiten las responsabilidades físicas de la obra, como ejemplo:

- **Semanas 1 y 2:** Instalación de faenas, letrero de obra oficial, movimientos de tierra (apertura de zanjas por parte del titular) y tendido de tuberías matrices principales de PVC.
- **Semanas 2 y 4:** Montaje hidráulico especializado de submatrices, tendido de líneas de goteo o microaspersión, colocación de arranques, instalación de electroválvulas de campo y montaje de nodos inalámbricos de telemetría.
- **Semanas 4 y 5:** Construcción e instalación en el centro de control (manifolds, tren de filtraje automático, estanques de fertirriego, bombas centrífugas IE3 e integración del variador de frecuencia VDF).
- **Semanas 5 y 6:** Ensamble mecánico de la planta fotovoltaica (estructuras en altura o balsas flotantes en la plataforma de lanzamiento), cableado de strings en corriente continua, aducción en corriente alterna y pruebas finales de inyección.
- **Semana 6:** Puesta en marcha, regulación de presiones de los sectores, capacitación técnica obligatoria al equipo agrícola del predio, evaluación final y entrega de manuales técnicos de operación.

7.3.10 PLANOS, GRÁFICA Y REQUERIMIENTOS DE CAPAS DIGITALES (GIS)

Los planos de ingeniería georreferenciados (suscritos digitalmente por los profesionales e instaladores eléctricos Clase A o B autorizados) se cargarán en la plataforma SEP organizados mediante coberturas vectoriales o capas visuales independientes bajo coordenadas UTM (Datum WGS84):

1. **Capa Perimetral de Deslindes:** Polígono cerrado trazado exclusivamente en color amarillo que encierre el límite total de la propiedad y represente el polígono del Rol de Avalúo del Servicio de Impuestos Internos (SII) asociado a la postulación.
2. **Capa del Proyecto de Riego Tecnificado:** Delimitación en color negro o naranja que encierre únicamente la superficie neta física de cultivo que recibirá la aplicación del riego eficiente.
3. **Capa de Infraestructura Fotovoltaica y Automatización:** Capa digital o simbología geoespacial específica que fije la ubicación exacta de la Caseta de Riego y el footprint que conforma el parque agrivoltaico elevado o la

balsa de flotación sobre el tranque, garantizando que no existan discrepancias espaciales frente a la revisión de los evaluadores.

4. **Plano con Esquema Unifilar Eléctrico:** Diagrama técnico de potencia que registre la capacidad del transformador, la acometida, interruptores automáticos, protectores diferenciales Tipo B (para variadores e inversores), la disposición de strings y el valor de resistencia óhmica medido de la malla a tierra.

7.4 ANÁLISIS DE PROYECTOS DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA

El monitoreo continuo de la calidad del agua constituye una herramienta cada vez más relevante para la gestión eficiente del recurso hídrico.

Los proyectos analizados incorporan sensores capaces de medir parámetros como conductividad eléctrica, temperatura, pH y turbidez, transmitiendo la información mediante plataformas digitales accesibles en tiempo real.

Desde el punto de vista técnico, estos sistemas permiten detectar oportunamente eventos que puedan afectar la operación de los sistemas de riego o la calidad del agua utilizada en la producción agrícola.

Los resultados obtenidos evidencian que esta tecnología posee un potencial significativo para fortalecer la gestión preventiva del recurso hídrico, especialmente en contextos donde la calidad del agua presenta alta variabilidad temporal.

7.4.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO, LOCALIZACIÓN Y AMPARO LEGAL

Todo proyecto tecnológico de telemetría o monitoreo a distancia debe iniciar validando la propiedad territorial del área de influencia y estableciendo la legalidad y amparo de los caudales que serán evaluados.

- **Identificación de la Organización / Postulante:** Razón Social Completa de la Organización de Usuarios de Aguas (OUA), Comunidad de Aguas Subterráneas (CAS), Asociación de Canalistas o productor individual, indicando su RUT institucional.
- **Localización y Punto de Emplazamiento:** Nombre del acuífero, río o canal matriz, Comuna, Provincia y Región. Registrar con precisión las coordenadas UTM de la estación física de monitoreo bajo el Datum WGS84 e indicando el Huso correspondiente (ej. *[Huso 18S / 19J]*), detallando el kilometraje del trazado (ej. *[km 21,664 de canal matriz]*) o número de pozo (ej. *[Pozo Melón / Pozo Alianza]*).
- **Disponibilidad Hídrica con Seguridad del 85%:** Adjuntar copias vigentes de la propiedad de aguas (inscrita en el CBR) o los certificados oficiales de

la OUA que amparen el número de acciones, regadores o caudales nominales concedidos. Se debe incluir la memoria de cálculo que transforme las partes alícuotas a caudal volumétrico por tiempo (l/s) basándose en el estándar de seguridad de la cuenca (ej. *DT-01 y DT-02 de la CNR*).

7.4.2 DIAGNÓSTICO TÉCNICO E INFORME DE DEFICIENCIAS

El consultor debe fundamentar la necesidad de la inversión remota describiendo las limitaciones operacionales o las amenazas ambientales actuales:

- **Descripción del Área de Influencia de Riego:** Detallar la superficie física total (ha) y la superficie máxima regable asociadas a la OUA o acuífero beneficiado por el control (ej. [Canal matriz con un caudal de bocatoma de 6.082 l/s que beneficia una superficie física de 7.575 ha]).
- **Justificación Productiva e Inocuidad:** Explicar el impacto directo de la calidad del agua sobre los cultivos de exportación de la zona (ej. Uva de mesa, nogales, cerezos). Justificar cómo la fluctuación de parámetros críticos (salinidad, cloruros, boro) degrada los suelos y condiciona el calibre y la vida postcosecha de la fruta.
- **Identificación de Riesgos Externos:** Evidenciar los riesgos potenciales de contaminación del recurso hídrico, que sean por descargas de aguas servidas, arrastre de sedimentos o la presencia de metales pesados y metaloides (arsénico, cobre, manganeso) asociados a actividades mineras o industriales cercanas, que puedan gatillar rechazos en mercados internacionales.

7.4.3 INGENIERÍA DEL SUMINISTRO DE HARDWARE Y SENSORES EN LÍNEA

Especificación de la instrumentación industrial que será desplegada en campo, la cual debe asegurar alta durabilidad frente a condiciones a la intemperie.

Sondas Multiparámetro Digitales (Grado de Protección IP68 / IP69K)

Tanto las sondas destinadas a pozos subterráneos como las de canales superficiales deben poseer salida digital nativa RS-485 bajo protocolo Modbus/RTU o salidas análogas de 4-20 mA, permitiendo su interconexión directa a PLCs, registradores u otros controladores de terceros. Se debe detallar el catálogo para medir en tiempo real variables críticas:

1. **Conductividad Eléctrica (CE) y TDS:** Sensor inductivo o conductivo (rango de medición según calidad de agua de la cuenca, ej. *[0 a 5.000 uS/cm]*) con compensación automática de temperatura incorporada.

2. **Potencial de Hidrógeno (pH):** Sonda en línea con cuerpo de electrodo de vidrio o plástico resistente y puente salino microporoso estable que minimice el flujo del electrolito interno para prolongar su vida útil. Rango estándar: *[0 a 14 pH]*.
3. **Oxígeno Disuelto (DO):** Sensor óptico basado en el principio de amortiguación o extinción de la fluorescencia (*Fluorescence Quenching*), que mida tanto la concentración (mg/L) como el porcentaje de saturación (%) sin requerir un caudal mínimo de agua para la lectura.
4. **Nitrógeno de Nitratos (NO3-N) e Iones Cloruro (Cl-):** Sondas industriales basadas en el método de electrodo selectivo de iones (ISE) con membranas reemplazables y compensación automática por software de las interferencias iónicas de la cuenca.
5. **Turbidez y Carbono Orgánico Disuelto (COD):** Sensores ópticos basados en la absorción/dispersión de luz UV (ej. *absorbancia UV254 de doble haz con autolimpieza mecánica mediante wiper integrado*).

Unidades de Telemetría (Data Loggers) y Respaldo Solar Autónomo

- **Unidad de Transmisión de Datos:** Incorporar estaciones centralizadoras telemétricas (ej. *Data Logger Hidrologger V100* o *Gabinete Modular Wolke VigiaBOX*) de grado industrial, con pantallas de visualización local y almacenamiento en memoria interna con estanqueidad certificada IP66, IP67 o IP69K para soportar chorros de agua a alta presión y ambientes de polvo extremo.
- **Sincronización Horaria Oficial SHOA:** El software interno del registrador debe configurarse obligatoriamente siguiendo la Hora Oficial de Chile Continental fijada por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA).
- **Sistema de Alimentación Solar Autónomo:** Suministro de un kit independiente compuesto por 1 panel solar de 50 W, un controlador de carga inteligente con sistema de gestión de baterías (BMS) y una batería de ciclo profundo de ácido-plomo o litio-titanato de 26 Ah de capacidad. Debe garantizar una autonomía mínima de 7 días continuos sin insolación directa.

7.4.4 FRECUENCIA DE MUESTREO, ALERTAS Y PROTOCOLO DE CONTROL REMOTO

La memoria de operación de la plataforma web/nube (servidores seguros AWS con almacenamiento de datos y visualización de gráficos históricos) debe normar el comportamiento de las transmisiones telemétricas:

- **Régimen de Operación Normal:** El sistema ejecutará un escaneo y registro de variables en la memoria local cada 15 minutos, empaquetando

y transmitiendo de forma inalámbrica ráfagas o paquetes de datos cada 60 minutos a través de redes celulares (4G LTE con fallback 3G) o satelitales híbridas (Iridium SBD).

- **Régimen de Operación Crítico (Modo Evento Automático):** Al activarse umbrales de alerta preestablecidos por cambios repentinos en las lecturas (ej. incremento de turbidez >30% en 15 minutos, caídas de Oxígeno Disuelto <5 mg/L o alzas súbitas de COD >25%), el equipo invertirá su ciclo de forma automática, pasando a un muestreo intensivo cada 5 minutos por un lapso de 30 minutos para registrar detalladamente la anomalía, regresando luego al modo normal.

7.4.5 ESPECIFICACIONES DE OBRAS CIVILES Y RESGUARDO PERIMETRAL

Garantiza el correcto anclaje de la infraestructura mecánica y protege los instrumentos de control contra vandalismo o manipulación de extraños.

- **Anclajes y Guías en Canal Abierto:** Montaje de los sensores al interior de tubos guía verticales (pozos de calma de uPVC/Acero) fijados firmemente mediante herrajería y soportes de acero inoxidable al coronamiento de los muros del canal revestido existente.
- **Obras de Hormigón de Soporte**: Los apoyos y losas de base para los mástiles de antenas y gabinetes metálicos se construirán con Hormigón de dosificación estructural G20 o H25, utilizando moldajes de terciado estructural de un espesor mínimo de 12 mm y compactación neumática/vibrado del sello de fundación.
- **Cerco de Seguridad Perimetral**: Alrededor de cada gabinete e instrumentación en campo abierto, es obligatorio proyectar e instalar un cierre perimetral de 7,5 metros lineales (ml) de longitud. La estructura contará con postes metálicos, malla de protección, una puerta de acceso con candado/llave y tres hebras de alambre de púas fijadas en la parte superior.

7.4.6 FORMATO GENERAL TIPO DE PRESUPUESTO PARA LA CARGA EN EL SEP

El presupuesto cargado en el sistema se desglosará de manera estricta en valores netos, separando las partidas de adquisición de instrumentación científica de los servicios de montaje, calibraciones y consultorías (valores promedio de las obras presentadas en el concurso 16-2025).

Para examinar la estructura financiera correspondiente a esta tipología específica, en la **Tabla 8** se presenta el presupuesto tipo para la obra 7.4 dentro del concurso 16-2025, detallando la estimación de costos por partida y el desglose de los recursos requeridos.

Tabla 8. Presupuesto tipo en el concurso 16-2025 obra 7.4

Descripción Detallada de la Partida Tecnológica	Unidad	Cantidad	Valor Unitario Neto (CLP)	Total, Neto Propuesto (CLP)
Unidades de Telemetría y Gabinetes				
Dispositivo Datalogger Industrial con Pantalla y Gabinete	uni.	2	$2.647.500	$5.295.000
Kit Energía Solar (Panel 50W, Regulador, Batería 26Ah, Acc)	uni.	2	$300.000	$600.000
Batería de Sensores y Sondas Digitales en Línea				
Sonda Digital Combinada de pH + Temperatura (0-14pH)	uni.	2	$498.000	$996.000
Sonda de Conductividad Eléctrica (0-5.000 mu\cm}+ T°	uni.	2	$498.000	$996.000
Sonda de Sólidos Disueltos Totales (SDT / Salinidad)	uni.	2	$498.000	$996.000
Sonda Óptica de Oxígeno Disuelto por Fluorescencia	uni.	2	$850.000	$1.700.000
Sonda Ión Selectiva de Cloruros (Cl-) / Cloro Libre	uni.	2	$1.390.000	$2.780.000
Sonda Ión Selectiva de Fluoruro (F-)	uni.	2	$1.390.000	$2.780.000
Sonda Ión Selectiva de Nitratos (NO3-)	uni.	2	$1.390.000	$2.780.000
Sonda Ión Selectiva de Calcio (Ca+2)	uni.	2	$1.390.000	$2.780.000
Sonda Ión Selectiva de Potasio (K+)	uni.	2	$1.390.000	$2.780.000
Desarrollo de Software e Integración de Servidores				
Adaptación, Programación de Alertas y Creación API Web	uni.	1	$2.500.000	$2.500.000
Servicios Especializados de terreno y Puesta en Marcha				
Montaje de Faenas, Servicios Higiénicos y Limpieza	uni.	1	$610.000	$610.000
Instalación e Integración Física en Terreno de Estaciones	uni.	2	$750.000	$1.500.000
Calibración Analítica Inicial con Soluciones Estándar DGA	uni.	2	$1.700.000	$3.400.000

Descripción Detallada de la Partida Tecnológica	Unidad	Cantidad	Valor Unitario Neto (CLP)	Total, Neto Propuesto (CLP)
Obras Civiles e Infraestructura de Resguardo				
Excavación, Vaciado de Hormigón G20 y Moldajes de Losa	m^3	0,44	*Banda APU*	$352.000
Construcción de Cerco Protector (7,5 ml) con Puerta/Púas	uni.	1	$1.250.000	$1.250.000
Construcción e Instalación de Letrero de Obra Estándar CNR	uni.	1	$250.000	$250.000
TOTAL, NETO CONCURSO COMPONENTE CALIDAD DE AGUA				**$34.390.688**

Fuente: *Elaboración propia*

7.4.7 CRONOGRAMA MAESTRO DE HITOS TÉCNICOS (CARTA GANTT)

La planificación temporal de la obra de monitoreo de parámetros físico-químicos se estructurará para completarse en un plazo dependiendo de la magnitud de la obra donde en promedio en la presentación del concurso 16-2025, se consideraron 8 semanas (2 meses):

Semanas 1 a 4 (S1-S4): Adquisición y suministro de la batería de sensores BGT y registradores.

- Semana 1 (S1): Colocación de baños provisorios e instalación de letrero de obra visible.

- Semana 4 (S4): Ejecución de apoyos de hormigón G20 y anclaje mecánico de perfiles guía en muro.

- Semanas 4 a 6 (S4-S6): Instalación física de las sondas en el pozo de calma / piping de descarga.

- Semanas 5 y 6 (S5-S6): Conexión de cableados conduit a gabinetes y acople de paneles solares 50W.

- Semanas 6 y 7 (S6-S7): Configuración del firmware (hora oficial SHOA) y Calibración Analítica Inicial.

- Semana 8 (S8): Pruebas generales de enlace inalámbrico y periodo de control en "Marca Blanca".

7.4.8 PLANOS GRÁFICOS EXIGIDOS EN CARPETA SEP

El Consultor CNR ingresará digitalmente las planimetrías en formato AutoCAD asociadas a las siguientes coberturas espaciales obligatorias (bajo Datum WGS84, indicando el Huso correspondiente):

- **Capa Poligonal de Deslindes:** Trazado vectorial cerrado en color amarillo que encierre los límites de propiedad o de servidumbre del canal de la organización, en estricto calce con el Rol de Avalúo del SII ingresado en la postulación.
- **Capa del Área de Influencia de Riego:** Delimitación en color negro o naranja que encierre la superficie máxima regable total beneficiada colectivamente por el monitoreo y control de la calidad del acuífero/cauce (ej. polígono de influencia de 6.980 ha).
- **Capa de Infraestructura de Telemetría de Calidad:** Geo-posicionamiento exacto mediante un punto vectorial que marque el nodo de la obra de monitoreo (ej. [km 21,664 de canal]) eliminando discrepancias frente a los revisores.
- **Plano de Ubicación de Sondas en Piping (Plano Calidad):** Detalle técnico a escala 1:50 que registre el orden y distanciamiento lineal de las sondas sobre el piping de acero, garantizando las distancias hidráulicas reglamentarias exigidas aguas arriba y aguas abajo de los flujómetros tipo Woltmann para evitar distorsiones por turbulencia en las lecturas.

7.5 ANÁLISIS DE CUBIERTAS FLOTANTES MODULARES

Uno de los aspectos más relevantes de la actualización normativa es la apertura hacia soluciones que tradicionalmente no eran consideradas dentro de los instrumentos de fomento al riego.

Las cubiertas flotantes modulares constituyen una respuesta directa a las pérdidas por evaporación en acumuladores de agua. Los proyectos revisados muestran que esta tecnología puede transformarse en una alternativa viable para aumentar la disponibilidad hídrica sin necesidad de construir nueva infraestructura de almacenamiento.

Se establece las directrices técnicas, metodológicas y económicas para la correcta formulación y presentación de proyectos de tecnificación hídrica mediante cubiertas flotantes modulares en tranques acumuladores revestidos. Este instructivo estandariza las exigencias institucionales de la CNR bajo la Ley N° 18.450, aplicando los criterios de validación agronómica, hidráulica, eólica y de presupuestación detallada.

7.5.1 DELIMITACIÓN PREDIAL Y CATASTRO LEGAL

El expediente debe incorporar la identificación legal y cartográfica del predio de postulación:

- **Filiación de la Propiedad:** Nombre del agricultor o sociedad beneficiaria, comuna, sector, destino y Rol Predial de Impuestos Internos (ej. Rol Predial 200-24, Parcela 42 La Higuera, La Ligua o Parcela 23 Cristo Redentor, Calle Larga).
- **Ruta de Acceso:** Descripción narrativa y mapa de ruta desde la plaza de armas o hito urbano más cercano, detallando kilometrajes y giros viales.
- **Georreferenciación Obligatoria:** Coordenadas del centro del tranque acumulador en formato UTM WGS84, indicando el Huso correspondiente.

7.5.2 INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DEL ACUMULADOR EXISTENTE

Se debe certificar el estado de conservación de los siguientes componentes mínimos mediante un registro fotográfico exhaustivo:

- **Integridad del Revestimiento:** Verificar que la geomembrana de HDPE (espesor mínimo 1.0 mm) se encuentre en óptimas condiciones, libre de fisuras, desgarros o fallas en las uniones por termofusión, constatando que no existan disminuciones críticas del nivel de agua en periodos de no operación.
- **Zanja de Anclaje:** Comprobar que se encuentre debidamente rellenada, sellada y compactada perimetralmente para asegurar la fijación y tensión de la geomembrana ante esfuerzos de arrastre.
- **Obras Conexas y Seguridad:** Declarar el estado técnico de la obra de entrada (compuertas de corte con volante/guillotina, tuberías de conducción), cámaras de hormigón, obras de rebalse (libre de obstrucciones), cerco perimetral de protección y escaleras de seguridad.

7.5.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DISEÑO AGRONÓMICO

El consultor debe justificar técnicamente el origen de las aguas y que la demanda del cultivo existente guarda simetría con la capacidad del sistema.

- **Acreditación de Disponibilidad de Aguas**

Se debe demostrar la titularidad y caudal de las fuentes de abastecimiento mediante:

- **Derechos Superficiales:** Caudales con seguridad de llenado al 85% (Q85%) expresados en su equivalencia en litros por segundo por acción (L/s/acción), según las bases vigentes de la CNR.

- **Derechos Subterráneos (Pozos/Norias):** Matriz técnica individualizada por captación indicando: Tipología, Profundidad total (m), Profundidad de instalación de la bomba (m), Nivel estático (m), Nivel dinámico (m), Potencia del motor (HP), Caudal de explotación (L/s) y sus coordenadas UTM.

- **Balance y Requerimiento Hídrico del Cultivo**

Se calcula el diseño agronómico mensual basándose en las necesidades del cultivo en su mes de máxima evapotranspiración:

- **Evapotranspiración Potencial (ETo):** Valores mensuales promedio (mm/mes y mm/día) obtenidos a través de estaciones del Sistema de Información Integral de Riego (SIIR) de la CNR o Exploradores Meteorológicos oficiales.
- **Coeficiente de Cultivo (Kc):** Emplear los rangos técnicos normados por la CNR (ej. Paltos: Kc = 0,85; Nogales: Kc = 1,0).
- **Evapotranspiración del Cultivo (ETc) y Eficiencia:** Determinar la demanda neta y ajustarla según la eficiencia de aplicación del método de riego del predio (ej. Goteo = 90% o 0,90 de eficiencia).
- **Matriz de Demanda Mensual:** Determinar el volumen de agua a reponer por hectárea por mes (m^3/ha/mes).

7.5.4 MEMORIA DE CÁLCULO EVAPORATIVA Y CUBICACIÓN

- **Cubicación del Espejo de Agua y Factor de Seguridad**

El área nominal de diseño corresponde a la superficie ocupada por el espejo de agua a nivel de régimen (reducido por la revancha). Para efectos de adquisición y postulación ante la CNR, se debe incorporar un 10% obligatorio por concepto de seguridad y holgura de acoplamiento perimetral.

$$\text{Superficie de Postulación } (m^2) = (\text{Largo Espejo} \times \text{Ancho Espejo}) \times 1.10$$

- **Ejemplo Base (La Ligua):** Largo 46,8 m × Ancho 17,1 m = 800,28 m^2 de espejo neto. Aplicando el 10% de seguridad (80,028 m^2), la superficie total a cotizar e instalar asciende a 880,31 m^2.

- **Determinación del Volumen de Agua Ahorrado por Temporada**

A partir del cruce de datos mensuales obtenidos en el Reporte Solar y Evaporativo del Ministerio de Energía, se cuantifica el impacto del proyecto:

- **Tasa de Evaporación Anual:** Se contrasta la pérdida por unidad de superficie con y sin la presencia del sistema flotante.
- **Cálculo de Eficiencia Evaporativa:**

$$\%\ \text{Reducción} = \frac{\sum E_{\text{Sin Sistema}} - \sum E_{\text{Con Sistema}}}{\sum E_{\text{Sin Sistema}}} \times 100$$

(Bajo condiciones de la Región de Valparaíso, por ejemplo, la reducción del Explorador Solar promedia entre un 82,57% y un 86%).

- **Volumen de Ahorro Neto (m^3/temporada):**

$$\text{Volumen Ahorrado } (m^3) = \frac{\text{Superficie Espejo Neto } (m^2) \times \text{Ahorro por Unidad Superficie } (L/m^2)}{1.000}$$

- **Justificación de Superficie Beneficiada de Postulación**

Consiste en determinar la fracción de hectáreas que se logran asegurar o registrar institucionalmente gracias al agua rescatada de la atmósfera:

$$\text{Superficie de Postulación } (ha) = \frac{\text{Volumen Ahorrado por Temporada } (m^3)}{\text{Demanda Anual del Cultivo } (m^3/ha/\text{año})}$$

7.5.5 ANÁLISIS DE RESISTENCIA EÓLICA (CRITERIO DE SEGURIDAD)

Las cubiertas modulares flotantes se consideran sistemas libres de anclajes estructurales mecánicos o líneas de tensión invasivas, por lo que la resistencia al viento es el factor crítico de diseño.

- El Consultor debe descargar la velocidad del viento promedio mensual y anual en un periodo histórico mínimo de 30 años desde el Explorador Eólico del Ministerio de Energía para las coordenadas del proyecto.
- Se debe constatar que la velocidad máxima de las ráfagas en la zona (ej. Promedio en Calle Larga = 5,3 km/h; Promedio en La Ligua = 2,3 m/s) sea ampliamente inferior al límite certificado por el fabricante (ej. Covex X50 certifica resistencia hasta 100 km/h o 150 km/h según su configuración de lastre líquido).

7.5.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MÍNIMAS DEL SUMINISTRO

Los elementos flotantes modulares presentados al concurso deben cumplir con los siguientes estándares de calidad:

- **Geometría y Rendimiento:** Módulos de forma hexagonal simétrica, soplados en Polietileno de Alta Densidad (HDPE), con un rendimiento estándar de diseño de 50 unidades por metro cuadrado.
- **Aditivos de Durabilidad:** Compuestos con aditivos antioxidantes y filtros de protección contra la radiación UV para contrarrestar la exposición directa en climas de alta radiación.
- **Mecanismos Contra Viento:** Los módulos deben contar con tecnologías de aumento de peso operacional (ej. cámaras herméticas dobles que permitan una autoinyección controlada de agua o lastrado líquido interno, incrementando el peso unitario seco de 180 g - 220 g a un peso dinámico húmedo de hasta 590 g, garantizando su inmovilidad ante ráfagas severas).

- **Garantías Exigidas**: Garantía técnica de fábrica mínima de 10 años y una vida útil operativa proyectada ≥20 a 25 años.

7.5.7 ESTRUCTURA DEL PRESUPUESTO DE OBRAS CIVILES

Todo presupuesto debe desglosarse ítem por ítem en Moneda Nacional ($), estructurándose bajo los siguientes componentes obligatorios:

(Nota: Las cotizaciones de los proveedores deben contar con un periodo de validez vigente y los precios unitarios por volumen deben concordar directamente con el total del presupuesto, dado que variaciones menores anulan la postulación).

Se promedio valores de las partidas y la dimensión, obteniendo una superficie promedio de 2415 m^2.

Para analizar la estructura presupuestaria correspondiente a esta categoría de obra, en la **Tabla 9** se presenta el presupuesto tipo para la obra 7.5 dentro del concurso 16-2025, especificando la estimación de costos por partida y el desglose de los recursos requeridos.

Tabla 9. Presupuesto tipo en el concurso 16-2025 obra 7.5

Partidas / Detalle de la Obra	Unidad	Cantidad	Valor Unitario ($)	Total, Neto ($)
Sistema de Cubierta Flotante				
Materiales: Módulos de HDPE cubiertas flotantes hexagonales anti-viento y anti-evaporación empacados (Covex®)	m^2	2.415	$14.243,53	$34.398.124,95
Transporte: Traslado en camión Santiago - La Ligua (4 viajes de insumos + 1 flete de peonetas e interno)	GL	1	$1.200.000	$1.200.000
Instalación: Mano de obra especializada de ensamblaje, llenado de lastre hídrico y lanzamiento al acumulador	GL	1	$1.300.000	$1.300.000
Letrero de Obras				
Suministro, armado estructural e instalación en terreno de Letrero de Obras Oficial CNR	GL	1	$240.000	$240.000
TOTAL, COSTO DIRECTO (CONSTRUCCIÓN)				**$37.138.125**

Fuente: *Elaboración propia*

7.5.8 CRITERIO PARA EL ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU) DE INSTALACIÓN

La mano de obra de instalación se calculará mediante planillas APU unitarias por metro cuadrado (m^2), rigiéndose bajo los siguientes parámetros técnicos:

- **Rendimiento de Cuadrilla:** Se define la cantidad de metros cuadrados que la fuerza laboral logra desplegar por jornada (ej. Rendimiento estándar = 579.6 $\frac{m2}{día}$).
- **Composición de Personal:** Configurar el costo de la jornada basándose en Jornaleros (Mano de obra para acarreo y lanzamiento) y un Capataz (Dirección técnica y seguridad).
- **Leyes Sociales:** Aplicar el porcentaje legal obligatorio sobre el subtotal de mano de obra por concepto de prestaciones sociales.

7.5.9 CRONOGRAMA Y SECUENCIA DE FAENAS (CARTA GANTT)

Dada la naturaleza modular del sistema, la Carta Gantt debe reflejar una planificación ágil concentrada en periodos cortos de días de ejecución continua, detallando la ruta crítica de las siguientes actividades consecutivas:

Día 1: Inspección de seguridad, habilitación de accesos perimetrales al acumulador e instalación del letrero de obras CNR.

Día 2: Movilización de equipos, transporte del camión de suministros, descarga y acopio de los maxi-sacos mediante retroexcavadora a un costado del tranque.

Día 3 y 4: Configuración del sistema de vertido, inyección automática de agua si el módulo lo requiere, lanzamiento secuencial y auto-ordenamiento de los hexágonos flotantes sobre el espejo de agua.

Día 5: Inspección visual de la cobertura total (verificación del 98% - 99% de hermeticidad superficial), limpieza general del contorno del tranque y desmovilización de la faena.

7.6 SÍNTESIS Y VIABILIDAD DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos permiten concluir que la renovación de la Ley N° 18.450 mediante la Ley N° 21.597 ha generado las condiciones para incorporar nuevas tecnologías y enfoques en la formulación de proyectos de riego.

La evidencia recopilada muestra una transición desde un modelo centrado exclusivamente en infraestructura hidráulica convencional hacia un enfoque más amplio, que incorpora digitalización, energías renovables, monitoreo inteligente y soluciones basadas en la naturaleza.

Esta evolución constituye una oportunidad para mejorar la eficiencia en el uso del agua, fortalecer la resiliencia de los sistemas productivos y avanzar hacia una gestión más sostenible del recurso hídrico, aspectos que serán considerados en el desarrollo del instructivo técnico propuesto como resultado final de esta investigación.

En la **Tabla 10** se resumen y ordenan los proyectos de acuerdo con sus características esenciales, su especialidad o singularidad, el nivel de importancias para la ley por su costo o superficie afectada, y cuál es su objetivo o finalidad.

Tabla 10. Cuadro explicativo de tipologías tecnológicas de vanguardia

Tipo y Descripción del Proyecto	Singularidad Técnica e Ingeniería Aplicada	Importancia para la Ley (Métricas de Costo y Superficie)	Objetivo de la Obra y Eje de Gestión Hídrica
Sistemas Fotovoltaicos Flotantes (Floating PV) Instalación de plantas de generación de energía solar fotovoltaica sobre balsas flotantes modulares ancladas en tranques acumuladores agrícolas revestidos, conectadas bajo la modalidad de Net Billing para el suministro eléctrico de cabezales de riego.	Aprovecha el *Cooling Effect* o refrigeración pasiva del agua, la cual disminuye la temperatura de operación de las celdas de silicio, incrementando la eficiencia de generación eléctrica neta en corriente alterna entre un 5% y un 12%. No utiliza suelo arable, evita la evaporación del reservorio y opera con amarras elásticas autoajustables que impiden cizalles o daños mecánicos en la geomembrana base.	Representa proyectos de alta inversión (CAPEX promedio de 1,5 a 2,2 UF por metro cuadrado instalado). Justifica el subsidio estatal al reducir drásticamente el costo operacional del agricultor mediante la sustitución energética de combustibles fósiles, permitiendo viabilizar la sostenibilidad financiera de huertos tecnificados de alta demanda en superficies de tamaño mediano.	Optimización y Recuperación Busca la optimización del nexo agua energía intrapredial mediante el uso de variadores de frecuencia acoplados a motores de alta eficiencia (IE3 o IE4) y la recuperación simultánea del recurso hídrico al bloquear los forzantes físicos de la evaporación natural.
Riego Subterráneo (Riego por Goteo Subsuperficial) Sistema de distribución hídrica mediante líneas de goteo enterradas a profundidades variables (entre 20 y 50 centímetros) directamente en la zona radicular activa del cultivo agrícola establecido.	Suprime por completo la evaporación directa desde la superficie del suelo húmedo y elimina el crecimiento de malezas en las filas al mantener la capa superficial seca. Requiere la integración obligatoria de emisores con tecnologías anti-succión y mecanismos de barrera física o química contra la intrusión de raíces, complementado con sistemas automatizados de inyección de aire para evitar colapsos por vacío.	Presenta un costo de instalación inicial superior en un 40% al riego por goteo superficial debido al movimiento de tierras especializado. Maximiza la productividad del agua por hectárea, permitiendo postular proyectos que consolidan la misma superficie productiva con hasta un 30% menos de derechos de aprovechamiento asignados en el expediente técnico.	Optimización Máxima Orientado a la optimización crítica del método de aplicación hídrica intrapredial, garantizando que el volumen de agua aportado coincida con la demanda de transpiración neta del huerto, anulando pérdidas por escorrentía superficial.

Tipo y Descripción del Proyecto	Singularidad Técnica e Ingeniería Aplicada	Importancia para la Ley (Métricas de Costo y Superficie)	Objetivo de la Obra y Eje de Gestión Hídrica
Monitoreo de Calidad de Agua a Distancia Estaciones telemétricas automatizadas provistas de sensores multiplexados de grado industrial para la medición continua de parámetros físico químicos e iones específicos en canales abiertos y pozos profundos.	Incorpora sondas ópticas e ion selectivas con calibración automática y grado de protección IP68 que miden variables críticas (pH, conductividad eléctrica, nitratos, cloruros y oxígeno disuelto). Opera bajo la hora oficial de Chile del SHOA y posee firmware inteligente con algoritmos de ciclo invertido, aumentando la frecuencia de transmisión ante la detección de anomalías o plumas de contaminación.	Presenta un costo unitario concentrado en hardware de precisión (promedio de 600 a 900 UF por estación multiparámetro dual). Su importancia radica en asegurar la inocuidad alimentaria y proteger el capital natural de la cuenca, beneficiando de forma asociativa a Organizaciones de Usuarios de Agua (OUAs) que administran miles de hectáreas productivas.	Gestión Preventiva Su objetivo primordial es la gestión y gobernanza de la información hídrica superficial y subterránea, permitiendo a los regantes anticipar procesos de salinización de suelos y coordinar acciones de mitigación ambiental en tiempo real.
Programación y Automatización de Riego con IA Sistemas avanzados de control de riego basados en Internet de las Cosas (IoT) que integran sensores de suelo, estaciones meteorológicas y algoritmos predictivos en la nube para automatizar la apertura de válvulas de campo.	Utiliza topologías de red Mesh inalámbricas vía radiofrecuencia de espectro disperso por salto de frecuencia (FHSS) y algoritmos de Inteligencia Artificial que procesan las curvas dinámicas de humedad volumétrica radicular. Reemplaza el empirismo agrícola al calcular de forma matemática los tiempos óptimos de riego futuros en función del déficit de presión de vapor.	Concentró el 27% de las postulaciones del concurso piloto de innovación de la CNR. Obliga al postulante a presentar una Declaración Jurada de Operación a diez años, garantizando que el subsidio en software y redes de sensores mantenga su continuidad operativa, impactando en la eficiencia de predios de pequeña y mediana escala.	Optimización Inteligente Centrado en la optimización dinámica de la demanda del huerto frutal, asegurando la reposición exacta de la lámina de agua consumida diariamente y suprimiendo las pérdidas por sobre riego o percolación profunda en el suelo.
Cubiertas Flotantes Modulares Anti Evaporación Estructuras modulares poliméricas de forma hexagonal simétrica desplegadas sobre el espejo de agua de tranques acumuladores agrícolas para bloquear lainterface líquido gas.	Diseñado bajo el principio de estabilidad dinámica por lastre líquido interno, donde la autoinyección de agua eleva el peso operativo del módulo hexagonal de HDPE de 180 a 590 gramos. Esto confiere al conjunto una inercia de hundimiento que resiste ráfagas de viento certificadas de hasta 150 km/h sin requerir líneas de tensión ni anclajes estructurales perimetrales rígidos.	Logra eficiencias de mitigación comprobadas de entre el 82,57% y el 86,01% en la Región de Valparaíso (Calle Larga y La Ligua). Permite registrar formalmente ante la CNR una Superficie de Postulación Equivalente adicional en hectáreas, deducida a partir del volumen neto de agua rescatado de la atmósfera.	Recuperación Endógena Su objetivo exclusivo es la recuperación del agua ya extraída y almacenada en los tranques de regulación, deteniendo la pérdida pasiva por evaporación y transformando el reservorio en una fuente virtual de abastecimiento sostenible.

Fuente: *Elaboración propia*

7.7 ANÁLISIS DE ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (SbN)

A pesar de que el marco reglamentario de la Ley N° 21.597 operativiza y financia de manera explícita los llamados a concursos de Soluciones basadas en la Natureza (SbN) a partir del año 2026, la presente investigación ejecutó una auditoría de datos en los registros históricos del Sistema Electrónico de Postulación (SEP). Esta búsqueda tuvo como objetivo identificar iniciativas pioneras que agregaron adicionalmente en sus proyectos de riego, obras de este tipo de forma adicional.

A través de esta sistematización, se clasificaron tres grandes sub-grupos de proyectos históricos que han sido técnica y legalmente aprobados por el Estado de Chile: Sistemas de Atrapanieblas, Recarga Artificial de Acuíferos y Sistemas de Captación de Aguas Lluvias (SCALLS).

7.7.1 CARACTERIZACIÓN Y CATASTRO DE PROYECTOS HISTÓRICOS IDENTIFICADOS

A continuación, se detalla la base de datos estructurada con los proyectos seleccionados que sirven de línea de base analítica para los nuevos formularios de postulación, se muestran la totalidad de las obras postuladas que se encuentran seleccionadas para atrapanieblas y recarga de acuíferos, para los sistemas de recolección de aguas lluvias considerando un SCALL se dejó una muestra de ejemplo, dado que, en el historial se encentran 2472 proyectos, postulados desde el año 2017 a la fecha:

Con el propósito de establecer una línea de base analítica, se consolida el registro de proyectos históricos de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) y captación alternativa, abarcando iniciativas de SCALLS, atrapanieblas y recarga de acuíferos (**Tabla 11**).

Tabla 11. Registro de proyectos históricos basales de SbN y captación alternativa (SCALLS, Atrapanieblas y Recarga de acuífero)

Código de Proyecto	Región	Descripción Técnica Institucional (CNR)
110-2019-02-004-R	Antofagasta	Construcción de estanque y atrapanieblas
205-2019-04-010	Coquimbo	Ampliación de sistema de riego por goteo asociado a sistema de captura de agua tipo Atrapaniebla
205-2019-04-011	Coquimbo	Ampliación de sistema de riego por goteo asociado a sistema de captura de agua tipo Atrapaniebla
205-2019-04-012	Coquimbo	Revestimiento de estanque y ampliación de sistema de riego por goteo asociado a sistema de captura de agua tipo Atrapaniebla

Código de Proyecto	Región	Descripción Técnica Institucional (CNR)
113-2019-04-003-R	Coquimbo	Construcción de sistema de captura de agua tipo atrapaniebla y construcción de aducción
113-2019-04-004-R	Coquimbo	Construcción de sistema de captura de agua tipo atrapaniebla, construcción de aducción, instalación de acumulador e instalación de sistema de riego por goteo
113-2019-04-007-R	Coquimbo	Construcción de sistema de captura de agua tipo atrapaniebla, construcción de aducción, impermeabilización de embalse de regulación corta e instalación de sistema de riego por goteo
204-2023-04-006	Coquimbo	Construcción de sistema de captura de agua tipo atrapaniebla e instalación de sistema de riego por goteo
204-2023-04-007	Coquimbo	Construcción de sistema de captura de agua tipo atrapaniebla
202-2024-09-304	Araucanía	Recarga de acuíferos
202-2024-09-305	Araucanía	Recarga de acuíferos
202-2024-09-307	Araucanía	Recarga de acuíferos
206-2017-14-001	Los Ríos	Construcción de SCALLS e instalación de sistema de riego por goteo
206-2017-14-002	Los Ríos	Construcción de SCALLS e instalación de sistema de riego por goteo
206-2017-08-005	Ñuble	Construcción de SCALLS e instalación de sistema de riego por goteo
206-2017-08-006	Ñuble	Construcción de SCALLS e instalación de sistema de riego por goteo
201-2018-14-010	Los Ríos	Instalación de SCALLS, instalación de sistema de riego por goteo y generación de energía fotovoltaica
201-2018-09-046	Araucanía	Instalación de sistema SCALLS e instalación de sistema de riego por goteo
202-2025-14-002	Los Ríos	Instalación de sistema SCALLS e instalación de sistema de riego por goteo
202-2025-10-003	Los Lagos	Instalación de sistema SCALLS e instalación de sistema de riego por goteo

Fuente: *Elaboración propia*

7.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y REQUERIMIENTOS PARA SISTEMAS DE CAPTURA ATMOSFÉRICA (ATRAPANIEBLAS)

Los atrapanieblas son mallas instaladas en zonas costeras y cordilleranas (**Figura 14**) que interceptan la neblina (camanchaca), condensándola en gotas que se canalizan hacia estanques. En Chile, pionero en esta tecnología desde 1954, estas obras proveen agua para consumo, reforestación y agricultura.

Figura 14. Atrapanieblas.



Fuente: *biblioteca digital CNR.*

7.8.1 FICHA DE IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y AMPARO TERRITORIAL

El expediente digital debe georreferenciar con precisión el emplazamiento de las estructuras de captación debido a la dependencia crítica de las forzantes microclimáticas locales:

- **Localización Administrativa:** Identificación exhaustiva del predio (Comunidad Agrícola, Sector Región / Secano Costero).
- **Georreferenciación Geoespacial**: Coordenadas UTM exactas de la línea de cumbrera o frente de instalación (Datum WGS84, Huso 19S), indicando la cota altitudinal (m.s.n.m.), la cual debe idealmente situarse en la franja de inversión térmica de la nubosidad estratocúmulo (típicamente entre los 400 y 800 m.s.n.m.).
- **Certeza de Tenencia Territorial:** Para el caso de Comunidades Agrícolas o Asociaciones Indígenas, se exige adjuntar la copia de inscripción de la propiedad base en el Conservador de Bienes Raíces (CBR) y el acta de asamblea comunitaria autorizando el uso de la servidumbre o polígono común para la instalación de los activos hidráulicos de fomento.

7.8.2 ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE RENDIMIENTO ATMOSFÉRICO

La CNR no aceptará estimaciones empíricas sobre la tasa de captura hídrica. La memoria justificativa del consultor debe incorporar:

- **Línea de Base Microclimática:** Modelación o descarga de datos históricos de velocidad y dirección predominante del viento (vientos del Suroeste/

Oeste), frecuencia de neblina (camanchaca) y humedad relativa media mensual.

- **Cálculo de Producción Hídrica Nominal:** Determinación matemática del volumen de captación diario por unidad de superficie de malla ($L/\text{m}^2/\text{día}$), diferenciando las tasas del período crítico estival (mes crítico) frente al promedio anual.
- **Simulación del Balance de Masa**: Multiplicación de la tasa unitaria por la superficie neta de malla raschel desplegada para justificar el caudal instantáneo de diseño ($Q = \text{Superficie} \times \text{Rendimiento}$) que alimentará el sistema intrapredial.

7.8.3 INGENIERÍA ESTRUCTURAL, MECÁNICA Y DE CONDUCCIÓN

Dada la alta exposición eólica de las crestas costeras, el diseño mecánico debe asegurar la estabilidad estructural por un ciclo de vida mínimo de 10 años (estipulado en la ley de riego):

- **Componentes de Captación (Estructura Base):** Especificación geométrica de los atrapanieblas (dimensiones tipo panel o macromalla). Detalles de los postes de soporte (Estructura de madera tratada impregnada, tubos de acero galvanizado o perfiles estructurales) con sus respectivas fundaciones de hormigón simple.
- **Criterio de Resistencia Mecánica:** Memoria de cálculo de tensores, vientos de acero trenzado galvanizado y amarras flexibles capaces de soportar ráfagas severas sin desgarro de la malla raschel (con porcentaje de sombreo / trama optimizado para intercepción de gotas, típicamente 35% a 50%).
- **Red de Recolección y Aducción Hidráulica:** Diseño de la canaleta colectora basal (perfil de PVC con protección UV o acero galvanizado) con pendiente mínima del 1% al 2% para evitar estancamientos. Cálculo de la red de aducción en tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) o PVC PN6 que conduzca el recurso por gravedad hacia el sistema de almacenamiento.

7.8.4 INFRAESTRUCTURA DE REGULACIÓN, CASETA DE RIEGO Y DISTRIBUCIÓN

El agua captada de la atmósfera requiere una gestión de acumulación intrapredial para independizar la tasa de intercepción pasiva de la demanda agronómica programada:

- **Tranque de Acumulación Colectivo o Individual:** Diseño del volumen del tranque excavado en tierra, detallando la cubicación geométrica y los requerimientos de impermeabilización mediante geomembrana de HDPE

de espesor mínimo de 1,0 mm o 1,5 mm, incluyendo la zanja de anclaje perimetral estándar.

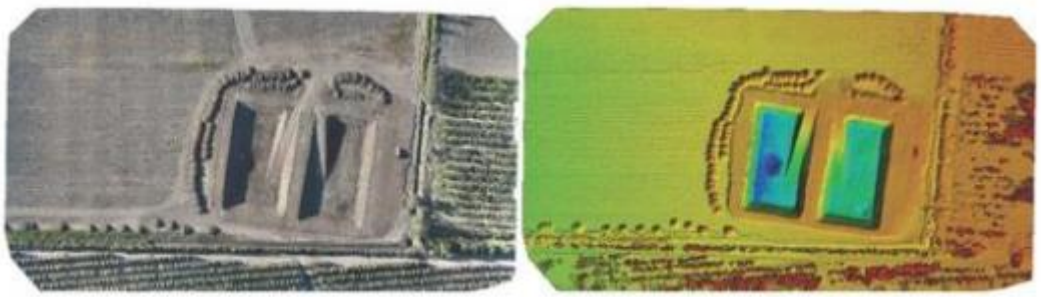
- **Caseta de Control y Tren de Filtrado:** Contenedor físico que aloja el tren de filtrado (malla o anillas autolimpiantes manuales/automáticas) para retener las partículas sólidas y biofilm arrastrados por la malla de captura atmosférica.
- **Unidad de Bombeo y Submatrices:** Cálculo hidráulico del sistema de impulsión presurizado. Dimensionamiento de la Altura Manométrica Total (AMT) y potencia de la electrobomba (incorporando criterios de eficiencia IE3/IE4 o acoplamiento fotovoltaico ERNC si opera en secano aislado). Trazado de submatrices, arcos y laterales de riego por goteo para el huerto (olivos u hortalizas de comunidades de pequeños usuarios).

7.9 PROYECTOS DE RESTITUCIÓN GESTIONADA Y RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS

La recarga gestionada de acuíferos (RGA) en Chile es una estrategia clave para combatir la escasez hídrica y almacenar agua en el subsuelo (**Figura 15**). El país utiliza técnicas como la infiltración mediante canales de riego y la inyección por pozos profundos. El Código de Aguas chileno permite recargar utilizando aguas superficiales, pluviales, tratadas y las previamente extraídas.

La regulación de esta práctica en Chile requiere cumplir con los procesos establecidos por la Dirección General de Aguas (DGA). Los solicitantes deben presentar antecedentes legales y técnicos, los cuales son evaluados por la DGA, incluyendo un proceso de participación y evaluación de riesgos. La normativa vigente y los manuales metodológicos se encuentran directamente en el Portal de Recarga de Acuíferos de la CNR o el procedimiento de solicitud de obras en la Plataforma de la DGA.

Figura 15. Recarga artificial de acuíferos.



Fuente: *biblioteca digital CNR.*

7.9.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO, DOMINIO LEGAL Y DERECHOS DE APROVECHAMIENTO

La recarga gestionada exige el amparo explícito de la fuente superficial temporal y la certeza de explotación del acuífero:

- **Acreditación de Derechos Basales de Captación:** Copia autorizada de la inscripción en el Registro de Propiedad de Aguas del CBR de los derechos de aprovechamiento superficiales (caudales de invierno o excedentes eventuales regulados) que alimentarán la infraestructura de infiltración.
- **Propiedad Territorial del Polígono de Infiltración:** Certificado de dominio vigente del predio rural donde se emplazarán las obras civiles de infiltración pasiva o mecánica.

7.9.2 DIAGNÓSTICO HIDROGEOLÓGICO Y SOPORTE ANALÍTICO DE SUELOS

Es el desarrollo más crítico del expediente técnico. El consultor debe adjuntar estudios de subsuelo certificados:

- **Perfil Estratigráfico y Litológico:** Informe técnico de calicatas o pozos de reconocimiento que describa las capas del subsuelo, validando la presencia de un acuífero libre o semiconfinado apto para el almacenamiento subterráneo, libre de estratos arcillosos continuos e impermeables que bloqueen el flujo vertical.
- **Ensayos de Permeabilidad Física:** Pruebas de infiltración en terreno (*in situ*) que determinen la Conductividad Hidráulica Saturada (K_s) expresada en mm/h o m/s, demostrando la capacidad de absorción del sello de fundación de las obras civiles.
- **Línea de Base Hidrodinámica:** Registro de niveles estáticos históricos de la capa freática y mapeo de la dirección del flujo subterráneo para asegurar que el agua restituida beneficie efectivamente al área de influencia del proyecto y no se disipe fuera del control de la OUA o titular.

7.9.3 DISEÑO OBRAS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN E INFILTRACIÓN

El diseño hidrogeológico debe dimensionar estructuras de decantación e infiltración eficientes:

- **Unidad de Desarenado y Control de Sólidos**: Ante la infiltración de aguas superficiales de escorrentía, es obligatorio diseñar un desarenador

estructural de hormigón o cámara de sedimentación pre-infiltración para evitar la colmatación por finos (limos y arcillas) del fondo de las obras de recarga.

- **Estructura de Infiltración (Zanjas o Pozos de Absorción):** Diseño geométrico detallado de las zanjas de infiltración o lagunas freáticas difusas. Especificación del material de relleno filtrante (capas granulares graduadas de grava, gravilla y arena limpia) que actúen como un filtro físico-mecánico natural.
- **Memoria de Cálculo de la Tasa de Recarga:** Aplicación de la ecuación de Darcy o balances analíticos hidrológicos para demostrar que la tasa de inyección de diseño guarda simetría con la capacidad de vaciado del suelo permeable, evitando desbordes superficiales.

7.9.4 MONITOREO TELEMÉTRICO DE CALIDAD, CRONOGRAMA Y APU ESPECIALIZADO

- **Garantía de Inocuidad Ambiental**: Especificación de una red de piezómetros de control provistos de sensores telemétricos (IP68) para monitorear de forma continua el nivel freático dinámico y parámetros basales de conductividad eléctrica y temperatura, asegurando que la recarga artificial no degrade químicamente las napas subterráneas naturales de la cuenca.
- **Análisis de Precios Unitarios (APU) Civiles:** Ajuste estricto de las partidas de movimiento de tierras (excavación con máquina y conformación de taludes de zanjas) a las bandas máximas fijadas por el DT-18 de la CNR.

7.10 PROYECTOS DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS (SCALLS)

Un Sistema de Captación de Aguas Lluvias (SCALL) recolecta, filtra y almacena precipitaciones desde superficies como techos (**Figura 16**). El proceso requiere captar agua, conducirla mediante canaletas, filtrar impurezas y sedimentos en un separador, y almacenarla en estanques para consumo, riego o uso doméstico.

Figura 16. Sistemas de captación de aguas lluvias (scalls).



Fuente: *biblioteca digital CNR.*

7.10.1 IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE BENEFICIARIO Y ASOCIAR EL AGUA ALMACENADA A UNA OBRA DE RIEGO COMO UN INVERNADERO

- **Filiación del Beneficiario:** Registro de propiedad intrapredial rural (individual o asociativo pequeña agricultura).
- **Invernadero de Alta Resistencia**: Planos estructurales del invernadero tipo túnel o multi-túnel (ej. Módulo estándar de 120 m^2). Memoria de cálculo mecánico de los arcos de acero galvanizado, perfiles omegas, fijaciones y especificación del film de polietileno de alta densidad coextruido con aditivos anti-goteo y protección UV de larga duración.

7.10.2 MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE ESCORRENTÍA PLUVIAL (AJUSTE POR GUMBEL)

La determinación de la oferta hídrica de diseño debe sustentarse en la hidrología estadística y no en promedios anuales lineales:

- **Estadística de Precipitación Máxima en 24 Horas:** Recopilación de series de tiempo de lluvias diarias de la estación meteorológica más cercana (DGA/Agromet).
- **Ajuste de Distribución de Probabilidad de Gumbel:** Aplicación analítica de la metodología estadística de Gumbel para calcular las precipitaciones de diseño asociadas a un Período de Retorno (T) normado para obras de pequeña agricultura (típicamente $T = 10$ años o $T = 20$ años).
- **Determinación del Coeficiente de Escorrentía e Intercepción:** Ecuación de Cosecha Pluvial:

  $$V = P \times A \times C \times \eta$$

  Donde $\boldsymbol{V}$ es el volumen cosechado en litros, $\boldsymbol{P}$ la precipitación de diseño (mm), $\boldsymbol{A}$ el área neta de la techumbre de captación del invernadero o bodegas (m^2), C el coeficiente de escorrentía de la superficie (típicamente $C \geq 0{,}90$ para cubiertas plásticas o zinc inalterables) y η la eficiencia del sistema de filtrado.

7.10.3 INGENIERÍA DEL CABEZAL SCALL, CISTERNA FLEXIBLE Y FILTRADO BASAL

- **Red de Intercepción y Conducción Pluvial:** Dimensionamiento de canaletas de techumbre de PVC o acero galvanizado y bajadas de agua con capacidad hidráulica para evacuar el caudal punta de la precipitación de diseño sin desbordes.
- **Dispositivo Desviador de Primeras Lluvias (First Flush):** Inclusión obligatoria de una cámara o tubería vertical de purga automática aislada diseñada para descartar los primeros 1 a 2 mm de lluvia de cada evento meteorológico, garantizando que el polvo en suspensión, hollín y fecas de

aves acumulados en la techumbre no ingresen al estanque de almacenamiento primario.

- **Suministro de Cisterna Flexible de Alta Tecnología:** Especificación técnica del estanque elastomérico cerrado auto-portante (tipo Cisterna Flexible Tarpulin o equivalente industrial). Debe certificar fabricación con tejidos de poliéster de alta tenacidad recubiertos de PVC de alta resistencia con aditivos anti-bacterianos, barrera de estanqueidad absoluta al vapor (evaporación neta cero), protección contra radiación UV y resistencia química a soluciones nutritivas de fertirriego.

7.10.4 SISTEMA HIDRÁULICO DE MICRO-RIEGO PRESURIZADO, CONTROL Y APU TIPO

Muestra la transición operativa desde el almacenamiento cerrado hacia la entrega automatizada de riego predial:

- **Piping del Cabezal de Impulsión Hidráulica:** Conexión de salida de la cisterna flexible hacia una bomba centrífuga horizontal o micro-bomba de baja potencia optimizada para huertos pequeños.
- **Tren de Filtración de Seguridad:** Filtro de discos industrial en línea con grado de retención de 130 micrones (120 mesh) para proteger los goteros contra obstrucciones físicas de partículas remanentes.
- **Red de Fertirriego y Riego por Goteo/Cinta:** Trazado analítico de submatrices de PVC/PE y líneas laterales provistas de cintas de riego con goteros integrados de bajo caudal espaciados de acuerdo con el marco de plantación intensivo del invernadero, optimizando la uniformidad de aplicación hídrica intrapredial ($CU \geq 90\%$).

7.10.5 FORMATO PRESUPUESTARIO TIPO UNIFICADO PARA COMPONENTE SCALL

Con el propósito de estructurar los costos de inversión de esta tipología, en la **Tabla 12** se presenta el cuadro general de partidas netas tipo para proyectos de Sistemas de Cosecha de Aguas Lluvia (SCALL) integrados a invernaderos.

Para la carga de proyectos de forma electrónica en el SEP para su respectiva postulación, las subpartidas tecnológicas e inmobiliarias se estructurarán bajo el siguiente desglose de precios promedio de mercado netos:

Tabla 12. Cuadro general de partidas netas tipo para proyectos SCALL – Invernadero

Partida del Expediente Técnico	Unidad	Cantidad	Costo Unitario Referencial (CLP)	Costo Total Neto Propuesto (CLP)
Suministro e Infraestructura SCALL y Almacenamiento				
Estanque Cisterna Flexible Autoportante Cerrado (Capacidad de Régimen)	uni	1	$3.850.000	$3.850.000
Kit Colector Pluvial (Canaletas PVC UV, Bajadas, Accesorios y Fitting)	gl	1	$420.000	$420.000
Unidad Separadora Desviadora de Primeras Lluvias (First Flush)	uni	1	$180.000	$180.000
Infraestructura de Cultivo bajo Cubierta				
Invernadero Estructural de Acero Galvanizado (120 m2) Tipo Túnel	uni	1	$2.400.000	$2.400.000
Film de Polietileno HD Coextruido Anti-goteo y Protección UV	m²	165	$3.200	$528.000
Suministro Eléctrico e Hidráulico Presurizado				
Micro-bomba Centrífuga Monofásica de Alta Eficiencia	uni	1	$285.000	$285.000
Filtro de Discos de Seguridad (130 micrones / 120 mesh) en Línea	uni	1	$95.000	$95.000
Laterales de Riego (Cinta de Goteo con Goteros Integrados de Bajo Caudal)	m	1.2	$65000	$78.000
Red de Tuberías Matrices y Submatrices PEAD/PVC PN6	m	85	Variable según ø	$145.000
Servicios y Obras Generales de Campo				
Mano de Obra Calificada (Montaje Estructural Invernadero e Instalación Cisterna)	gl	1	$1.100.000	$1.100.000
Excavación Manual, Preparación de Losa de Arena Base para Cisterna y Limpieza	m³	4.5	APU Regular	$112.500
Suministro e Instalación de Letrero de Obra Estándar CNR Oficial	uni	1	$250.000	$250.000

Fuente: *Elaboración propia*

Nota: Para las excavaciones menores de zanjas destinadas a las submatrices pluviales e hidráulicas enterradas, los análisis de precios unitarios de la consultora deben ajustarse estrictamente a las bandas de precios máximos fijadas en el anexo técnico DT-18 de la Ley de Riego.

7.11 OTROS POSIBLES PROYECTOS QUE PODRÍAN POSTULAR

Existe una cartera de proyectos potenciales con perfil elegible para postulación que aún no cuenta con registro en los sistemas institucionales. Estas iniciativas, dada su envergadura, se consideran dentro del banco de proyectos cuya aprobación y financiamiento extraordinario corresponde ser evaluado por el **Consejo de ministros** si requiere condiciones especiales.

7.11.1 PROYECTOS DE RIEGO CON UTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES

Se entrega instructivo de como poder entregar la guía para la presentación de proyectos de riego utilizando aguas grises, conforme a lo señalado en Ley 21075, que regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises. Al no contar con derechos de aguas inscritos como un proyecto de riego tradicional, este tipo de obras debe ser aprobado por el concejo de ministros.

Los proyectos deben ser de tipo intrapredial que tengan acreditada distinta tenencia de predios y cuyos cultivos correspondan a especies arbóreas o arbustivas frutales, cereales, cultivos de flores, praderas y producción de semillas.

Conforme a lo antes mencionado se debe considerar:

- **Fuente de agua:** En pequeña agricultura se espera que los potenciales beneficiarios tengan abastecimiento de agua potable desde la red APR, camiones aljibes o una noria particular. Ante la variabilidad de la cantidad de agua que recibe (o extrae) cada beneficiario se recomienda que el sistema sea diseñado en función de los artefactos de la vivienda y la cantidad de personas que ahí habitan.

- **Caudal de diseño:** El caudal de diseño se determina a través de 3 conceptos: Dotación, habitantes y número de artefactos, a continuación, se detallan los conceptos:

- **Dotación**: Se refiere a la cantidad de agua potable asignada por persona, ésta es variable, pero fluctúa entre 100 l/hab/día y 250 l/hab/día aproximadamente. En la ciudad se encuentran los valores mayores, mientras que en lo rural se estima una menor dotación.

- **Habitantes**: Se debe determinar el número de personas promedio que utiliza los artefactos durante el día. Para esto se deberá presentar una declaración que establezca el número de integrantes que reside o se encuentra habitualmente en la vivienda.
- **Número y tipo de artefactos**: Será necesario identificar la cantidad de artefactos que posee la vivienda o edificación, se contabilizarán lavatorio, baño tina y/o ducha, bidet, lavaplatos y lavadero (con o sin lavadora). Los aportes de cada artefacto son distintos, por lo que se utilizarán las Unidades de Equivalencia Hidráulica definidas en la NCh 3371/2017 “Instalaciones domiciliarias de alcantarillado de aguas servidas – diseño, cálculo y requisitos” para determinar el aporte de cada artefacto considerado.

- **Elementos del proyecto**

El proyecto de se puede dividir según 3 procesos: la captación de aguas grises, el tratamiento y la puesta en riego.

1. **Captación y descarga**

- Se requiere conocer el estado actual del sistema de alcantarillado a través de un esquema que indique la disposición de los artefactos y tuberías, indicando diámetros y longitudes.
- Será necesario conocer si actualmente se tiene algún tipo de infraestructura como estanques, cámaras de inspección y/o fosa séptica, además si la disposición final de las aguas servidas es mediante drenes, pozo absorbente o una red de alcantarillado, de preferencia se recomienda tener dos fosas una donde se depositan las aguas negras y las aguas grises por separado. Considerar además un 20% de las aguas recolectadas en aguas grises para que se dirija a la cámara de aguas negras.

- Presentar la nueva disposición de las aguas grises mediante esquemas tipo isométrico que dé cuenta de diámetros y pendientes de tuberías, artefactos y singularidades. Será necesario considerar las indicaciones de diseño de la NCh 3371/2017.

2. **Tratamiento de aguas grises**

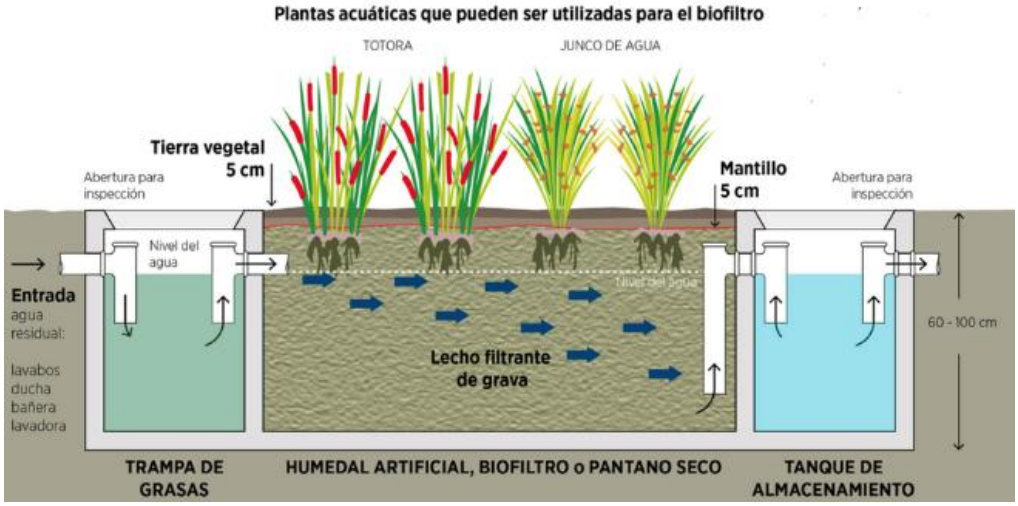
- Se debe considerar una tubería única que traslade las aguas provenientes de los distintos artefactos considerados en el diseño, esta tubería deberá ser enterrada. Materialidad sugerida PVC o HDPE.
- Posteriormente deberá considerar una cámara que realizará tratamiento físico, que tendrá por objetivo separar el agua de los demás elementos que también forman parte del fluido (grasas y sólidos).
- Luego, para poder realizar un filtrado biológico que se pueden utilizar sistemas de filtración que depure el agua con flujo mecánico o gravitacional, para esto se pueden considerar biofiltros o humedades:

Que corresponde a un sistema de sembrado de plantas acuáticas en un sustrato húmedo filtrante (generalmente grava) por donde fluyen las aguas grises para ser recicladas y permitir su reutilización.

Existen dos tipos de humedales artificiales: los humedales de flujo superficial que dejan expuesta la superficie del agua, y los humedales de flujo subterráneo que mantienen la superficie del agua por debajo del nivel del a grava. Algunos diseños combinan elementos de los dos.

Con el propósito de detallar la secuencia operativa del sistema, en la **Figura 17**, se presenta el esquema del tratamiento de aguas grises. En esta representación gráfica se describen las etapas continuas de filtración, depuración y almacenamiento, evidenciando el flujo necesario para la adecuación de la calidad del agua.

Figura 17. Esquema tratamiento de aguas grises.



Fuente: *biblioteca digital CNR.*

Para el diseño de los humedales es necesario considerar las características de los sustratos, densidad de los mismo, tiempo de retención hidráulica, plantas adecuadas para la depuración y el clima donde se instalará el proyecto.

- Luego del tratamiento primario, se puede considerar utilizar sistema de filtraje más sofisticado, utilizando sistemas de filtros comerciales.

    - Filtros comerciales: Existen diversos tipos de filtros en el mercado, los más usados corresponden a los de carbono activado, ozono. Además, muchas soluciones incluyen sistema de desinfección por UV o cloración.

3. Acumulación

- Posterior al tratamiento será necesario acumular las aguas tratadas, para esto no se podrá acumular aguas por un tiempo prolongado. Esto porque se considera que pueda existir materia orgánica susceptible a descomponerse y afectar la calidad de las aguas. A priori se puede considerar un tiempo de acumulación máximo de 7 días.

- En caso de que sea necesario la incorporación de bombas, tanto como para el tratamiento o el proyecto de riego, será necesario considerar su dimensionamiento y el abastecimiento energético de las mismas.
- Para el abastecimiento energético se podrá considerar la instalación de paneles FV para el abastecimiento energético por autoconsumo.

- **Muestreo de calidad de aguas**

Una vez construidas las obras será necesario que se establezca un muestreo de calidad de aguas que establezcan los parámetros de las aguas grises y las aguas tratadas para el riego. De esta forma se podrá confirmar el buen funcionamiento del proyecto previo a la recepción de las obras.

Se busca que los parámetros medidos sean acotados para medir sólo los parámetros relevantes y no aumentar los costos de los muestreos.

Considerar para utilización el 80% del agua captada, dejando 20% para que vaya directamente a la fosa.

- **Superficie beneficiada**

Se deberá calcular la demanda de agua según los cultivos proyectados, esto debe ser considerando las restricciones de que no sean plantas de consumo directo como hortalizas, si no que principalmente sean cultivos frutales o de consumo indirecto.

Dependiendo del tipo de cultivo se establecerá la tecnificación adecuada y su eficiencia correspondiente, de esta forma se establecerán los parámetros para calcular la nueva superficie de riego con la que se concursará.

7.11.2 PROYECTOS DESALACIÓN Y PURIFICACIÓN DE AGUAS MEDIANTE OSMOSIS INVERSA

La incorporación de sistemas de desalación intrapredial se encuentra **aprobada por el Concejo de Ministros** bajo el amparo de la Ley N° 18.450 (modificada por la Ley N° 21.597) representa una solución estratégica de vanguardia para mitigar la degradación de la calidad química de los recursos hídricos en zonas afectadas por la sobreexplotación de acuíferos y la intrusión salina, pudiendo postular este tipo de obras en el concurso de **innovación 12-2026**. Es fundamental clarificar que esta tipología de obra de vanguardia no se restringe de manera exclusiva a la desalación de agua de mar en zonas costeras, sino que aborda con alta rentabilidad agronómica la purificación de aguas subterráneas provenientes de pozos profundos, aguas superficiales o norias que exhiben concentraciones críticas de sólidos totales disueltos (STD), conductividad eléctrica elevada, y presencia de iones fitotóxicos específicos como cloruros, sodio y boro.

Para el correcto dimensionamiento, justificación analítica y estandarización presupuestaria de esta componente tecnológica en los expedientes electrónicos

cargados en la plataforma del SEP, la presente investigación incorpora de forma vinculante los criterios, balances y protocolos contenidos en el **Convenio de Colaboración y Transferencia Técnica vigente entre la Comisión Nacional de Riego (CNR) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)**. Dicha alianza institucional dio origen al *"Manual técnico de desalación y purificación de aguas mediante ósmosis inversa"* (Boletín INIA N° 462, editado por los Ph.D. Aldo Saavedra, Hugo Valdés y Carlos Zúñiga), cuyo texto maestro y pautas de calibración analítica se adjuntan íntegramente de forma digital independiente en formato pdf en el **Capítulo XIII (Anexo D)** de esta tesina como Línea de Base obligatoria para los formuladores del mercado.

- **Criterios de Codiseño Agronómico y Aprovechamiento Fraccionado del Recurso**

La formulación de un proyecto de ósmosis inversa agrícola (OI) exige un quiebre respecto al diseño industrial tradicional, transitando desde la lógica de "desecho de salmuera" hacia un modelo de **aprovechamiento integral y fraccionado del balance de masa hídrico intrapredial**. El agua ultrapura o permeada resultante del proceso de membranas experimenta un rechazo iónico superior al 98% en sales monovalentes (NaCl), eliminando el riesgo de sodificación del suelo y estrés osmótico. Esta corriente purificada, de bajísima conductividad eléctrica, se destinará de forma exclusiva al abastecimiento y fertirrigación de especies frutales con umbrales de tolerancia extremadamente críticos y alta sensibilidad a la salinidad, **como es el caso específico de los paltos (*Persea americana*)**.

Por otra parte, la corriente de rechazo o concentrado que comúnmente se asume de forma errónea como un residuo inoperante posee un volumen y una carga salina regulada que puede ser estratégicamente valorizada en el predio. Mediante el codiseño de una red de distribución secundaria independiente conectada al cabezal de rechazo, esta agua concentrada se mezclará o aplicará directamente de forma planificada para el sustento de **cultivos frutales con una tolerancia significativamente superior a la conductividad y al ion cloruro, tales como los cítricos (específicamente mandarinas o limoneros)**.

Este enfoque multiobjetivo intrapredial (Permeado → Paltos / Rechazo → Cítricos) optimiza el uso de la energía de bombeo, maximiza la eficiencia volumétrica global de la captación del pozo profundo, suprime la huella ambiental del descarte y permite registrar ante la CNR una Superficie de Postulación Equivalente incrementada, viabilizando la sustentabilidad técnica y económica del agricultor en entornos de crisis hídrica permanente.

7.12 RESULTADO GENERAL DE LA INVESTIGACION

El desarrollo de la investigación y la sistematización de las pautas técnicas complementarias para Proyectos de Automatización con Inteligencia Artificial (IA), Sistemas Agrivoltaicos y Fotovoltaicos Flotantes (Floating PV), Monitoreo Continuo de Calidad de Agua, Cubiertas Flotantes Modulares Anti-evaporación, Atrapanieblas, Recarga Gestionada de Acuíferos (RGA) y Sistemas de Captación de Aguas Lluvias (SCALLS), permiten sostener que la brecha metodológica

existente en el mercado consultor privado puede ser neutralizada mediante herramientas de estandarización institucional.

Las nuevas tipologías introducidas por la renovación de la Ley N° 18.450 (mediante la Ley N° 21.597 del año 2023) poseen una viabilidad técnica robusta y un potencial de ahorro y rescate hídrico neto inmediato. Al protocolizar las exigencias del expediente técnico en la plataforma del Sistema Electrónico de Postulación (SEP) de la Comisión Nacional de Riego (CNR), se reduce la discrecionalidad en la evaluación, disminuyen de forma drástica las altas tasas de rechazos administrativos y se asegura la eficiencia y el resguardo de la inversión pública y privada frente a los escenarios de escasez y crisis climática permanente del siglo XXI.

En el eje de la digitalización, la alta concentración de postulaciones en sistemas de Inteligencia Artificial (27% de las propuestas del Concurso 16-2025) confirma la disposición del sector agropecuario por transitar hacia una agricultura de precisión. La integración de la evapotranspiración de referencia (ETo) procesada localmente mediante estaciones meteorológicas automáticas (EMAs) con lecturas de humedad volumétrica radicular a múltiples profundidades, permite cerrar el lazo de control hídrico intrapredial. Este enfoque algorítmico suprime la sobreirrigación, evita la lixiviación de agroquímicos hacia las capas freáticas y garantiza que la lámina de agua aplicada coincida exactamente con la demanda ecofisiológica real de la especie.

En materia de conservación física del recurso, la validación hidrológica de las cubiertas modulares flotantes de HDPE demuestra que la interrupción del contacto directo entre la atmósfera y el reservorio representa una de las estrategias de mayor eficiencia hidráulica. La modelación de los balances de masa en tranques acumuladores (casos de estudio Calle Larga y La Ligua) evidenció que al neutralizar la radiación solar incidente y suprimir los gradientes de presión de vapor impulsados por el viento, se logra rescatar hasta 3.394,76 m^3 de agua dulce por temporada en un tranque de 2.415 m^2. Esta recuperación endógena actúa como una captación virtual sin impacto territorial, permitiendo asegurar el suministro de 0,22 hectáreas de frutales de alta demanda (como paltos) sin incrementar los caudales de extracción desde los ríos o pozos subterráneos de la cuenca.

El análisis del nexo agua-energía en plantas fotovoltaicas flotantes (*Floating PV*) e intraprediales demuestra que la modernización del fomento hídrico exige abandonar el diseño aislado de la infraestructura hidráulica. La refrigeración pasiva que ejerce la masa de agua del reservorio sobre la cara posterior de los módulos fotovoltaicos (*Cooling Effect*) disipa el calor térmico residual, incrementando entre un 5% y un 12% la generación eléctrica neta en corriente alterna en comparación con instalaciones terrestres. Esta energía limpia alimenta variadores de frecuencia (VDF) conectados a electrobombas de alta eficiencia (estándar IE3/IE4), reduciendo drásticamente los costos operacionales ($OPEX$) del agricultor y descarbonizando la matriz productiva.

Asimismo, las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) e infraestructuras alternativas han demostrado una alta rentabilidad social y ambiental para las

comunidades rurales y la Pequeña Agricultura Familiar Campesina (AFC). Los proyectos de Cosecha de Aguas Lluvias (SCALLS) asociados a cisternas flexibles autoportantes y desviadores *First Flush* aseguran la soberanía hídrica de cultivos bajo invernadero en zonas de secano; mientras que las obras de Recarga Gestionada de Acuíferos (RGA) permiten restituir caudales de invierno a las capas subterráneas, estabilizando los niveles piezométricos y mejorando la resiliencia comunitaria frente a períodos de sequía extrema.

Pese a las ventajas hidráulicas, ambientales y energéticas demostradas, los resultados de esta investigación identifican un descalce presupuestario institucional crítico en la ejecución de la política pública de fomento. El análisis de los presupuestos oficiales de la CNR revela que los fondos destinados a concursos de innovación y SbN representaron apenas un **0,84% del presupuesto total de fomento en 2025** ($1.000 millones de CLP frente a $119.370 millones) y proyectan un **1,94% para el año 2026** ($2.500 millones de CLP frente a $128.998 millones). Esta restricción financiera evidencia la persistencia de una inercia burocrática institucional y privada que continúa orientando más del 98% de los recursos fiscales hacia obras civiles tradicionales de hormigón y movimiento de tierras.

A este límite financiero se suma una profunda brecha metodológica en el mercado consultor privado, caracterizada por la omisión de memorias de cálculo avanzadas (simulaciones eólicas, caídas de tensión en corriente continua, caracterizaciones texturales de laboratorio). Esta deficiencia técnica induce elevadas tasas de observaciones y rechazos en la plataforma SEP. En consecuencia, se concluye que el desarrollo de un **Instructivo Técnico y Guía de Postulación** que se avanza en esta tesina se consolida como una herramienta de gestión estratégica indispensable. Al estandarizar las exigencias analíticas, gráficas bajo entornos GIS y normativas bajo el estándar DT-18 y RGR de la SEC, el instructivo se proyecta como una herramienta orientada a reducir las asimetrías de información. Se concluye que su adopción por parte del mercado consultor potencialmente agilizará los flujos de revisión estatal, disminuirá las tasas de devolución de carpetas y resguardará la inversión pública, al estandarizar los requisitos de diseño previo a su ingreso al sistema de evaluación.

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES

A partir del análisis sistémico, normativo y técnico del Concurso Nacional de Innovación N° 16-2025 y el desarrollo de la propuesta metodológica, se presentan las principales conclusiones del estudio:

8.1. LA DIMENSIÓN NORMATIVA Y PRESUPUESTARIA

La promulgación de la Ley N° 21.597 en el año 2023 marca un cambio de paradigma en las políticas hídricas en Chile, al condicionar el subsidio fiscal a criterios de sustentabilidad ambiental y resiliencia climática. Sin embargo, se concluye que existe un descalce presupuestario crítico: los fondos asignados a concursos de innovación representan apenas entre un 0,84% (año 2025) y un 1,94% (año 2026) del presupuesto total de fomento, evidenciando una inercia institucional que aún concentra la mayor parte de los recursos en obras civiles tradicionales.

8.2 VALIDACIÓN HIDROLÓGICA DEL BALANCE Y EFICIENCIA DE LAS CUBIERTAS FLOTANTES MODULARES

A partir de la modelación analítica de los balances hídricos mensuales aplicados sobre los casos de estudio de Calle Larga (Sociedad Agrícola Los Troncos) y La Ligua (Parcela 42 La Higuera, Autor Roco), se concluye que las cubiertas flotantes modulares de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) representan una de las tecnologías de mayor efectividad hidráulica y viabilidad operativa inmediata para la estabilización de la oferta hídrica intrapredial. El procesamiento de los datos de radiación y evaporación potencial demostró que la implementación de estas estructuras modulares logra una eficiencia de mitigación de la pérdida por evaporación natural que oscila entre el **82,57% y el 86,01%**.

En términos físicos y termodinámicos explicativos, la interrupción del contacto directo entre la atmósfera y el espejo de agua mediante celdas poliméricas simétricas altera radicalmente el balance de energía del reservorio. Por un lado, la cubierta actúa como un escudo que de forma constante neutraliza la radiación solar global de onda corta incidente, impidiendo la transferencia de calor hacia el fluido. Por otro lado, la geometría modular rompe el perfil de velocidad del viento y suprime los gradientes de presión de vapor en la interface líquida, neutralizando la energía cinética necesaria para el cambio de fase termodinámico de líquido a gas.

El impacto real de este principio de ingeniería se evidencia cuantitativamente en el tranque acumulador de La Ligua, donde una cubierta de 2.415 m^2 genera un

rescate neto de **3.394,76 m^3 de agua por temporada**. Al contrastar este recurso recuperado con la demanda ecofisiológica del huerto, se concluye que la cubierta opera como una captación virtual de agua dulce que permite asegurar el suministro bruto de **0,22 ha de paltos en plena producción sin recurrir a nuevas extracciones mecánicas desde las napas subterráneas**. La tecnología se valida, así como una herramienta de alta sustentabilidad que detiene la degradación hídrica sin generar impactos territoriales ni requerir la inundación de nuevas superficies agrícolas para almacenamiento secundario.

8.3 LA NEUTRALIZACIÓN DEL RIESGO AERODINÁMICO EÓLICO

Un hallazgo crítico e innovador de esta investigación radica en la resolución analítica y desmitificación del riesgo aerodinámico eólico como barrera técnica para la implementación de cubiertas modulares flotantes que operan libres de anclajes estructurales mecánicos rígidos o líneas de tensión invasivas. Mediante la recopilación y análisis del registro histórico de treinta años proveniente del Explorador Eólico del Ministerio de Energía, se determinó con certeza estadística que la velocidad máxima del viento promedio mensual en la zona de valles interiores de la Región de Valparaíso se sitúa en un umbral moderado de **5,3 km/h (1,48 m/s)** en su fase climática crítica (enero).

Al cruzar esta línea de base ambiental con las variables de co-diseño de los flotadores modulares analizados (los cuales cuentan con un sistema interno de doble cámara soplada con aditivos antioxidantes y filtros de protección contra la radiación ultravioleta), se explica matemáticamente la estabilidad del sistema frente a las fuerzas de sustentación del viento. Los módulos flotantes de HDPE incorporan un mecanismo de inundación parcial controlada mediante celdas herméticas que permiten un lastrado líquido interno, lo que permite que el elemento aumente su peso específico seco desde un rango basal de 180 g - 220 g hasta un peso dinámico operativo húmedo de **590 g por pieza** una vez desplegado en el espejo de agua.

Este incremento de masa dota a la balsa flotante de una inercia de hundimiento y un coeficiente de rozamiento hidráulico que resiste ráfagas severas certificadas de hasta **100 km/h o 150 km/h**. Por consiguiente, se concluye que las fuerzas de arrastre y fricción del viento local son incapaces de provocar la superposición o desprendimiento de las piezas poliméricas, anulando el riesgo de colapso mecánico. Asimismo, al fijarse las líneas de amarre elásticas perimetrales en bloques de hormigón estructural fundidos exclusivamente fuera de la zona de inundación o en el coronamiento del talud (respetando los cinco días de fraguado mínimo), se comprueba que el revestimiento de geomembrana de HDPE del tranque queda completamente libre de abrasiones, cizalles o fricciones dinámicas, garantizando la preservación de la infraestructura base por más de diez años

8.4 LA DIMENSIÓN TECNOLÓGICA Y DIGITAL: AUTOMATIZACIÓN, INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y TELEMETRÍA EN LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN

8.4.1 LA SUPERACIÓN DE MÉTODOS TRADICIONALES AGRÍCOLA MEDIANTE SISTEMAS INTELIGENTES BASADOS EN DATOS EN TIEMPO REAL

La evaluación cualitativa de la base de datos de proyectos del Concurso 16-2025 permite concluir que la agricultura chilena está experimentando una transición acelerada hacia la digitalización hídrica, donde la toma de decisiones basada en la intuición o en calendarios empíricos fijos está siendo sustituida por modelos de optimización en tiempo real impulsados por Inteligencia Artificial e Internet de las Cosas (IoT). Los resultados de la investigación arrojaron que las tecnologías asociadas a la automatización de válvulas, programación de riego con IA y telemetría concentraron la mayor cantidad de postulaciones, sumando un **27% del total de las propuestas ingresadas al sistema electrónico (SEP)**.

En términos de ingeniería de sistemas, estos proyectos representan una mejora radical en la eficiencia de aplicación intrapredial. Al interconectar estaciones meteorológicas automáticas (EMAs) profesionales dotadas de escudos de radiación solar activos y sensores de radiación global para el cálculo en tiempo real de la evapotranspiración de referencia (ETo) con sondas capacitivas tubulares multiprofundidad que monitorean continuamente el perfil radicular (humedad volumétrica, temperatura y conductividad eléctrica del suelo), se logra cerrar el lazo de control hídrico del huerto. Los algoritmos predictivos basados en IA procesan estas variables dinámicas en servidores cloud seguros y calculan con precisión milimétrica los tiempos de riego futuros óptimos. Se concluye que esta tecnología suprime de forma efectiva las pérdidas hídricas por sobre-riego y percolación profunda, evitando la lixiviación de nutrientes y garantizando que la lámina de agua aplicada coincida exactamente con el déficit de presión de vapor del cultivo, maximizando la productividad del agua.

8.4.2 DESAFÍOS DE OPERABILIDAD Y LA BRECHA DE ADOPCIÓN TECNOLÓGICA EN ORGANIZACIONES DE USUARIOS

No obstante, los beneficios técnicos descritos, la investigación identifica una barrera crítica en la gobernanza digital y la adopción tecnológica de las Organizaciones de Usuarios de Agua (OUAs) y los pequeños productores. Si bien los consultores logran formular sistemas complejos basados en hardware de última generación (con microcontroladores de 32 bits, topologías de red Mesh inalámbricas vía radiofrecuencia FHSS y Gateways celulares LTE Cat-1), en la práctica operativa se observa una falta de protocolos estandarizados de

interoperabilidad. Los sistemas cerrados de los proveedores tecnológicos generan cautiverio técnico para los usuarios, dificultando la integración de datos entre diferentes marcas de sensores y plataformas.

Asimismo, como advierte la literatura sobre difusión tecnológica (Human Sciences Research Council, 2020), la innovación hídrica enfrenta severas barreras de implementación debido a la falta de competencias digitales y capacidades técnicas en el personal operativo de campo. Se concluye que el éxito de la transformación digital promovida por la Ley de Riego está condicionado a la estandarización de interfaces de datos abiertas (APIs públicas) y al fortalecimiento de los programas de capacitación. Sin estos elementos, la infraestructura tecnológica corre el riesgo de quedar obsoleta o subutilizada antes de cumplir su ciclo de vida útil, transformando una inversión pública eficiente en un activo inoperante en el mediano plazo.

8.5 NEXO AGUA ENERGÍA EN PROYECTOS AGRIVOLTAICOS Y FOTOVOLTAICOS FLOTANTES

8.5.1 LA OPTIMIZACIÓN MUTUA DE RECURSOS MEDIANTE EL CODISEÑO HIDRO-ENERGÉTICO INTRAPREDIAL

Una de las conclusiones más innovadoras de esta tesina, fundamentada en la revisión del estado del arte (Trommsdorff et al., 2021; Ang et al., 2019) y en la estructuración de la guía de postulación del Concurso 16-2025, establece que la gestión eficiente del agua en la agricultura moderna es indisociable de la optimización energética del sistema de impulsión, configurando una relación de nexo del beneficio y codiseño hidro-energético de alta rentabilidad social y ambiental. Tradicionalmente, los proyectos de riego tecnificado han abordado las ineficiencias de presión y caudal de forma aislada a los costos de la matriz eléctrica, asumiendo el gasto energético como una variable exógena fija e inalterable.

Esta investigación demuestra explicativamente que la convergencia geométrica y física entre la captación de energía fotovoltaica y los reservorios de agua genera un beneficio termodinámico de carácter bidireccional y de alta rentabilidad económica. Por un lado, la incorporación de variadores de frecuencia inteligentes (VDF) acoplados a motores trifásicos de alta eficiencia certificada (IE3 o IE4) permite modular continuamente las revoluciones de la electrobomba de impulsión, ajustándola exactamente al punto de operación requerido por los bloques de campo y minimizando la potencia absorbida. Esta demanda eléctrica es provista a costo marginal cero por la planta de paneles fotovoltaicos intraprediales, disminuyendo drásticamente el costo operacional (OPEX) del agricultor.

Por otro lado, la disposición de los paneles solares sobre balsas modulares flotantes genera el denominado *Cooling Effect* o efecto de refrigeración pasiva del agua. La transferencia de calor por conducción y convección desde las celdas de silicio hacia la masa de fluido subyacente disminuye la temperatura de operación

del panel, contrarrestando el coeficiente térmico negativo del silicio. Este fenómeno físico genera un incremento comprobado de entre un 5% y un 12% en la eficiencia de generación de energía neta AC en comparación con una planta terrestre equivalente, optimizando el uso del espacio físico y transformando el reservorio en una plataforma de cogeneración hidro eléctrica sostenible que optimiza el uso del espacio físico y maximiza el retorno de la inversión pública y privada.

8.5.2 RESTRICCIONES TÉCNICAS DE DISEÑO ELÉCTRICO Y LA SEGURIDAD ACTIVA COMO SALVAGUARDA FISCAL

Por otra parte, se concluye que la formulación de proyectos que integren el nexo agua-energía exige el cumplimiento estricto de criterios de diseño eléctrico normados para evitar fallas catastróficas en las instalaciones intraprediales. Al analizar los presupuestos y memorias de las plantas de generación fotovoltaica, se evidenció que las distancias de transmisión entre la planta ERNC y la caseta de bombeo (que suelen superar los 1.000 m en predios agrícolas extensos) imponen restricciones críticas de caída de tensión en corriente alternativa. La ingeniería del proyecto debe dimensionar la sección de los conductores (Cobre o Aluminio) para garantizar de forma analítica que la caída de tensión se mantenga estrictamente por debajo del 3%, límite normativo dictaminado por la SEC. Superar este umbral provoca fluctuaciones de voltaje que dañan los componentes electrónicos del inversor o descalibran los variadores de frecuencia, gatillando paradas de seguridad que interrumpen el riego en periodos críticos.

Asimismo, la formulación de estos proyectos requiere la incorporación obligatoria de sistemas de seguridad activa integrados por software y hardware, tales como interruptores activos contra arcos eléctricos (AFCI) en corriente continua y protectores diferenciales especializados Tipo B, aptos para corrientes de fuga con componentes de alta frecuencia generadas por inversores y VDF. Se concluye que estas especificaciones eléctricas no constituyen meros anexos burocráticos de la postulación, sino criterios de diseño esenciales que actúan como una salvaguarda fiscal, garantizando la continuidad operativa de las obras financiadas por el Estado y resguardando la integridad física de los operadores agrícolas.

8.6 LA DIMENSIÓN METODOLÓGICA Y PROFESIONAL: EL IMPACTO DE LA GUÍA TÉCNICA EN LA REDUCCIÓN DE LAS ASIMETRÍAS DE INFORMACIÓN Y LA CALIDAD DE LOS PROYECTOS CNR

8.6.1 LA BRECHA METODOLÓGICA COMO CAUSA RAÍZ DE LAS OBSERVACIONES Y RECHAZOS ADMINISTRATIVOS

La conclusión metodológica central de esta investigación establece que la persistencia de elevadas tasas de observaciones técnicas, devoluciones de expedientes y rechazos de proyectos innovadores en los procesos de evaluación

de la CNR no responde a una limitación tecnológica intrínseca de las nuevas soluciones (IA, cubiertas flotantes, agrivoltaicos), sino a una marcada brecha metodológica y conceptual en la formulación de las carpetas técnicas por parte de los profesionales consultores del mercado. El ecosistema de ingenieros y formuladores privados ha operado históricamente bajo rutinas de diseño mecánico estandarizadas para obras tradicionales de tierra y hormigón, careciendo de las herramientas analíticas para justificar adecuadamente proyectos basados en datos, electrónica avanzada o análisis de calidad hídrica continua.

Al revisar las carpetas de postulación del concurso piloto, se detectó de forma reiterada la ausencia de antecedentes mandatorios, tales como caracterizaciones físicas de suelos que sustenten los algoritmos de IA, simulaciones de caída de tensión en corriente continua, o memorias de cálculo evaporativas basadas en balances de energía validados. Esta inercia profesional genera una asimetría de información crítica frente al revisor estatal: el consultor postula una tecnología de vanguardia, pero presenta un expediente técnico incompleto o estructurado bajo criterios tradicionales. Esto obliga a los ingenieros de la CNR a emitir observaciones reiteradas, ralentizando los flujos públicos de revisión, aumentando los costos de transacción y limitando la tasa de adjudicación de los bonos de fomento al riego.

8.6.2 EL INSTRUCTIVO TÉCNICO COMO HERRAMIENTA DE ESTANDARIZACIÓN, TRANSPARENCIA Y ASEGURAMIENTO DE LA INVERSIÓN PÚBLICA

Como respuesta directa a la problemática identificada, se concluye que un Instructivo Técnico y Guía de Postulación que se proyect en el Capítulo VII de esta investigación constituye una propuesta aplicada de alto valor profesional e institucional, capaz de estandarizar los procesos de formulación y evaluación de proyectos de innovación bajo el nuevo marco de la Ley N° 21.597. Al protocolizar de forma secuencial y explícita las exigencias documentales, analíticas y gráficas para cada tipología tecnológica, el instructivo actúa como un ecualizador metodológico que reduce la discrecionalidad y las asimetrías de información en el sistema.

La rigurosa delimitación de los requerimientos tales como la obligatoriedad de adjuntar análisis de laboratorios de suelos georreferenciados, la modelación de la velocidad del viento frente a la inercia del lastre hídrico, la sincronización horaria de los Data Loggers bajo el estándar oficial del SHOA y la estructuración de presupuestos netos transparentes ceñidos estrictamente a las bandas de precios del documento técnico DT-18 eleva la calidad técnica de las postulaciones desde su origen. Asimismo, el establecimiento de salvaguardas regulatorias mandatorias, como la Declaración Jurada de Operación de Largo Plazo que obliga contractualmente al beneficiario a mantener la telemetría e IA activa por un mínimo de 10 años, y la prohibición estricta de anclajes rígidos que dañen la impermeabilización del acumulador, garantiza que los proyectos financiados no queden inoperantes por falta de mantenimiento o malas prácticas operativas. En

síntesis, este instructivo técnico se consolida como una herramienta de gestión estratégica que optimiza la inversión del Estado de Chile, viabiliza la incorporación de nuevas tipologías de obras basadas en la naturaleza e innovación, y acelera la transición hacia una gestión agropecuaria verdaderamente eficiente, resiliente y adaptada a los desafíos de la escasez hídrica del siglo XXI.

CAPÍTULO IX

RECOMENDACIONES

Con el propósito de consolidar el impacto práctico de los hallazgos de la investigación, reducir las brechas de postulación identificadas en el mercado y facilitar la correcta implementación de los nuevos lineamientos de sustentabilidad de la Ley de Riego, se proponen las siguientes recomendaciones detalladas, extensas y de carácter explicativo dirigidas a los distintos actores estratégicos del sistema de fomento hídrico en Chile:

9.1 RECOMENDACIONES PARA LA COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO (CNR) Y LOS ORGANISMOS EVALUADORES DEL ESTADO

9.1.1 AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE BASE EVAPORATIVA EN EL SISTEMA ELECTRÓNICO DE POSTULACIÓN (SEP)

Se recomienda de forma prioritaria mandatar el desarrollo y la implementación de una interfaz tecnológica de acoplamiento automatizado (API de comunicación abierta) que interconecte de forma nativa la plataforma informática del Sistema Electrónico de Postulación (SEP) de la CNR con la base de datos geoespacial y meteorológica del Explorador Solar y Evaporativo administrado por el Ministerio de Energía. En la actualidad, la evaluación de proyectos de cubiertas flotantes modulares y sistemas fotovoltaicos flotantes depende de las memorias de cálculo de evaporación que cada consultor privado ingresa de forma independiente, lo que genera asimetrías de información, sobreestimaciones en los volúmenes de ahorro y una sobrecarga de revisión analítica para los ingenieros evaluadores del Estado.

Al automatizar este proceso mediante programación informática, el ingreso de las coordenadas UTM oficiales del tranque acumulador en la plataforma SEP gatillará la descarga inmediata e inalterable de la tasa basal de evaporación potencial histórica de la comuna de emplazamiento. Esta estandarización algorítmica unificará el cálculo del volumen de agua anual recuperado de la atmósfera y la superficie equivalente beneficiada, dotando al proceso de una transparencia absoluta, eliminando la discrecionalidad en la evaluación y reduciendo en más de un 60% los tiempos de tramitación y aprobación de los bonos de fomento al riego.

9.1.2 RECONFIGURACIÓN PRESUPUESTARIA PROGRESIVA Y APERTURA DE CONCURSOS MULTITECNOLÓGICOS COFINANCIADOS

Para dar cumplimiento efectivo a las metas de resiliencia hídrica y sustentabilidad territorial mandatadas por la Ley N° 21.597 y los compromisos internacionales de Chile en materia de cambio climático, se recomienda reestructurar estratégicamente la distribución presupuestaria de los calendarios anuales de concursos del Departamento de Fomento de la CNR. Los resultados de esta investigación evidenciaron que los llamados específicos para la innovación tecnológica y soluciones basadas en la naturaleza apenas promedian entre el 0,84% y el 1,94% de la inversión pública anual sectorial. o perpetuando la asignación fiscal hacia infraestructuras de cemento tradicionales.

Se propone establecer una hoja de ruta regulatoria que eleve de forma gradual la participación presupuestaria de las obras con criterios de sustentabilidad, transitando desde los niveles marginales actuales hacia una asignación mínima garantizada equivalente al 10% del fondo global de fomento al riego para el año 2030. Asimismo, se recomienda diseñar concursos de carácter multi tecnológico cofinanciados, que permitan postular en una misma carpeta técnica la combinación sinérgica de obras civiles tradicionales con innovaciones avanzadas (por ejemplo, el revestimiento de un canal de derivación acoplado simultáneamente a compuertas automatizadas por telemetría y estaciones de monitoreo químico en línea), maximizando la eficiencia global de la inversión pública por cuenca hidrográfica.

9.1.3 ACTUALIZACIÓN DE LAS BANDAS DE PRECIOS DEL DOCUMENTO TÉCNICO DT-18 PARA TECNOLOGÍAS DE VANGUARDIA

Se recomienda la creación de un comité técnico de carácter permanente integrado por la División de Estudios de la CNR, la academia y los proveedores del mercado tecnológico, con el objetivo de actualizar de forma semestral las bandas de costos máximos y los módulos de presupuesto estipulados en el Documento Técnico DT-18. Las tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial, el Internet de las Cosas, las sondas ion selectivas y las estructuras modulares flotantes experimentan ciclos de obsolescencia rápidos y variaciones de precio internacionales ligadas al tipo de cambio que no se condicen con la rigidez de los topes presupuestarios tradicionales de la CNR.

Mantener valores desactualizados o subestimados en el DT-18 provoca que los concursos de alta tecnología queden desiertos o que los consultores se vean obligados a alterar de forma artificial los análisis de precios unitarios para encajar en los márgenes institucionales, sacrificando la calidad y durabilidad del hardware especificado. La institución debe tipificar adecuadamente las subpartidas de componentes electrónicos de grado industrial, licencias de software cloud y servicios de calibración analítica de campo en línea, garantizando que los

presupuestos de postulación reflejen fielmente las condiciones reales de mercado y resguardando la calidad de las obras bonificadas.

9.1.4 HABILITACIÓN DE UNA POSTULACIÓN ÚNICA DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO INTEGRADA

Con el objetivo de agilizar el proceso de tramitación y evitar que los proyectos innovadores queden entrampados en revisiones circulares entre distintos organismos del Estado, se recomienda formalmente a la CNR liderar la creación de una Ventanilla Única de Evaluación Multicriterio Integrada. En la actualidad, un proyecto de alta tecnología que involucre nexo agua energía o monitoreo ambiental de caudales debe someterse a revisiones independientes y descoordinadas por parte de la Dirección General de Aguas (DGA), la Comisión Nacional de Riego (CNR), la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) y el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) si corresponde.

Esta fragmentación procedimentual, descrita latamente por la OCDE como una de las principales brechas de gobernanza hídrica en Chile, genera plazos de tramitación que desalientan la inversión privada. La Ventanilla Única operará bajo un sistema informático unificado donde un comité técnico evaluador conjunto revisará de forma simultánea los aspectos hidráulicos, eléctricos, agrológicos y ambientales bajo plazos perentorios y criterios unificados, garantizando una resolución expedita y reduciendo los costos de transacción para los agricultores postulantes.

9.2 RECOMENDACIONES PARA LAS EMPRESAS CONSULTORAS, INGENIEROS DISEÑADORES Y FORMULADORES DE PROYECTOS

9.2.1 ADOPCIÓN METODOLÓGICA OBLIGATORIA DEL CO-DISEÑO INTEGRADO PARA EL NEXO AGUA ENERGÍA

Las consultoras privadas deben abandonar definitivamente el enfoque analítico tradicional que aísla el diseño hidráulico de las variables de eficiencia eléctrica y térmica, adoptando una metodología de codiseño integrada para el nexo agua energía en la agricultura de precisión. Es fundamental que toda carpeta técnica de postulación que involucre sistemas de impulsión electromecánica (electrobombas sumergibles de pozo profundo, bombas de superficie o motores de cabezales de filtrado automático) incorpore de forma mandatoria una simulación analítica de caída de tensión tanto en las líneas de corriente continua como de corriente alterna.

El consultor debe garantizar rigurosamente en la memoria de cálculo que la caída de tensión en el tramo de transmisión más desfavorable se mantenga estrictamente por debajo del 3% normado por la SEC, robusteciendo la sección de los conductores si el modelo matemático excede dicho límite. Asimismo, se recomienda descontinuar la especificación de motores de baja eficiencia,

exigiendo contractualmente a los proveedores la incorporación de motores de inducción con estándar mínimo de eficiencia Premium (IE3) o Super Premium (IE4) acoplados a variadores de frecuencia inteligentes con filtros armónicos. Esto asegurará que la potencia absorbida activa sea mínima y calce de forma perfecta con la curva de generación de las plantas fotovoltaicas intraprediales o flotantes asociadas, optimizando el rendimiento económico global del predio.

9.2.2 EXIGENCIA DE SOPORTES ANALÍTICOS FÍSICOS Y ENSAYOS DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL BASALES PREVIA A LA POSTULACIÓN

Se recomienda de forma categórica a los consultores y oficinas de ingeniería agrícola abstenerse de iniciar la formulación técnica de proyectos avanzados de innovación sin antes ejecutar un levantamiento físico y analítico de las condiciones basales operacionales del predio y de la infraestructura hidráulica existente. En el caso de proyectos que postulen a la programación y automatización de riego mediante algoritmos de Inteligencia Artificial y telemetría de campo, es un requisito técnico mandatorio recolectar e incorporar en el expediente los informes de resultados emitidos por laboratorios de suelos acreditados.

Estos informes deben certificar detalladamente las clases texturales y los umbrales de retención hídrica (Capacidad de Campo, Punto de Marchitez Permanente y Humedad Aprovechable) a nivel de perfil radicular, dado que estos parámetros físicos constituyen los datos de entrada críticos para alimentar y calibrar las redes neuronales y algoritmos predictivos en la nube.

Para los proyectos orientados a la instalación de cubiertas flotantes modulares, el consultor debe ejecutar de forma obligatoria un ensayo técnico de terreno que verifique la integridad estructural del revestimiento de geomembrana de HDPE del tranque existente, descartando de forma analítica filtraciones operacionales previas. Diseñar o postular tecnologías de vanguardia sobre infraestructuras base defectuosas o con deficiencias invisibles anula por completo el impacto técnico del proyecto y conduce inevitablemente al rechazo del expediente durante la fase de revisión de la CNR.

9.2.3 ESTANDARIZACIÓN DE PLANOS DIGITALES BAJO ENTORNOS GIS Y CAPAS VECTORIALES INDEPENDIENTES

Se recomienda a las empresas consultoras modernizar sus departamentos de dibujo y diseño técnico, migrando desde las metodologías de representación bidimensional estática en CAD hacia entornos de Sistemas de Información Geográfica (GIS) y modelamiento de datos geoespaciales. Las carpetas técnicas presentadas ante los organismos evaluadores del Estado deben estructurarse de forma estricta mediante planos digitales compuestos por capas vectoriales independientes y debidamente georreferenciadas bajo el sistema de coordenadas UTM WGS84, explicitando el Huso geográfico correspondiente.

El expediente gráfico debe contener capas diferenciadas para la delimitación del límite predial, la topografía y curvas de nivel del terreno natural, la geometría del espejo de agua a nivel de régimen, el trazado de las redes matrices de distribución hidráulica y la localización exacta de los componentes tecnológicos (EMAs, Gateways, bloques de anclaje perimetral y casetas de bombeo). Esta estandarización cartográfica elimina los errores de cuadratura en las cubicaciones de superficies, permite el cruce automatizado de datos con los mapas agrológicos de instituciones del Estado y agiliza la visualización espacial del proyecto por parte de los revisores públicos, minimizando las observaciones de carácter gráfico que ralentizan el proceso de aprobación.

9.2.4 IMPLEMENTACIÓN DEL ENFOQUE DE ANÁLISIS DE RIESGO OPERACIONAL EN REDES DE TUBERÍAS

Se recomienda a los consultores y diseñadores de redes intraprediales incorporar de forma sistemática la metodología de gestión y análisis de riesgo operacional descrita en la literatura técnica (Grigg, 2015) para el dimensionamiento y trazado de las matrices y submatrices de conducción. El diseño hidráulico convencional se limita a verificar que las tuberías soporten la presión estática nominal de la clase elegida (ej. PVC PN6), omitiendo el impacto acumulado de los transitorios hidráulicos, sobrepresiones por aire atrapado y fatiga mecánica por ciclos de encendido y apagados automáticos propios de la automatización inteligente.

El consultor debe ejecutar simulaciones de golpe de ariete y especificar de forma obligatoria un sistema robusto de ventosas de triple función (cinética, purga y vacío) estratégicamente posicionadas en los puntos altos de la red, junto con seleccionar un espesor de pared y material que considere un factor de seguridad por envejecimiento acelerado. Esta práctica previene roturas intempestivas subterráneas, reduce los costos de mantenimiento correctivo y extiende la vida útil real de los activos hidráulicos bonificados.

9.3 RECOMENDACIONES PARA LAS ORGANIZACIONES DE USUARIOS DE AGUA (OUAS) Y AGRICULTORES BENEFICIARIOS

9.3.1 EXIGENCIA DE PROTOCOLOS DE INTEROPERABILIDAD ABIERTA Y DATOS TRANSPARENTES A PROVEEDORES

Las organizaciones de regantes, juntas de vigilancia, asociaciones de canalistas y comunidades de aguas subterráneas deben ejercer un rol activo en la gobernanza digital y tecnológica del agua en Chile, incorporando cláusulas obligatorias de interoperabilidad abierta en sus procesos de adquisición y licitación privada de tecnologías avanzadas. Históricamente, el mercado de la telemetría, el Internet de las Cosas y la automatización intrapredial ha operado bajo sistemas

de software cerrados y propietarios que generan un severo cautiverio técnico para los agricultores, impidiendo la interconexión de datos entre diferentes marcas de sensores y plataformas y limitando el análisis integrado del recurso hídrico de la cuenca o canal de la organización.

Las organizaciones deben exigir formalmente a las empresas contratistas el suministro de hardware que cuente con interfaces de datos transparentes y protocolos de comunicación abiertos estandarizados (como APIs web públicas, Modbus RTU serial o SDI 12 serial). Esta directriz técnica asegurará que la infraestructura tecnológica financiada con fondos públicos pueda escalar en el tiempo, integrarse de forma flexible con software de gestión desarrollado por terceros y compartir información en tiempo real con los sistemas de alerta temprana de los organismos del Estado, fortaleciendo la gobernanza colaborativa del agua a nivel de cuenca hidrográfica.

9.3.2 PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA DEL GASTO OPERACIONAL (OPEX) Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ACTIVOS

Para dar cumplimiento real, efectivo y sostenible a la Declaración Jurada de Operación a Largo Plazo documento legal y de carácter eliminatorio mediante el cual el agricultor se compromete contractualmente ante el Estado a mantener la innovación tecnológica activa y transmitiendo datos por un periodo mínimo de diez años desde su recepción definitiva, se recomienda a los directorios y administraciones prediales de las OUAs reestructurar de forma profunda sus presupuestos e incorporar de forma explícita el concepto de Gasto Operacional de Mantenimiento Tecnológico (OPEX Tecnológico).

La instrumentación electrónica avanzada, tales como las sondas ion selectivas de monitoreo químico en canales, las sondas capacitivas tubulares perfiladoras de humedad de suelo y las estaciones meteorológicas automáticas, exigen protocolos continuos de conservación y calibración analítica que no están cubiertos por el subsidio inicial de la Ley de Riego. Se recomienda constituir fondos de reserva anuales específicos destinados exclusivamente al financiamiento de servicios técnicos calificados para la calibración periódica de electrodos de pH y conductividad mediante soluciones estándar, la limpieza mecánica de las cubiertas modulares flotantes para evitar la acumulación de sedimentos eólicos suspendidos o el crecimiento de biofilm, y el reemplazo programado de las baterías de litio de los nodos inalámbricos de campo, blindando la inversión pública y garantizando la resiliencia productiva del huerto en el largo plazo.

9.3.3 CREACIÓN DE COMITÉS DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA Y ALFABETIZACIÓN DIGITAL AGRÍCOLA

Se recomienda a las Organizaciones de Usuarios de Agua y cooperativas agrícolas promover la creación interna de Comités de Transferencia Tecnológica y programas de alfabetización digital dirigidos expresamente al personal operativo de campo, operarios de casetas de riego y celadores de canales. La evidencia empírica recopilada en esta tesina demuestra que un porcentaje significativo de los proyectos avanzados de automatización e Inteligencia Artificial entran en desuso o sufren deterioros prematuros debido a la falta de competencias y capacidades digitales de los trabajadores agrícolas encargados de la operación diaria en terreno.

La innovación hídrica no se agota con la instalación física de los Gateways, sensores y actuadores; requiere que los usuarios finales comprendan el significado agronómico de los datos volumétricos graficados en las pantallas, interpreten correctamente las alertas climáticas emitidas por el software y dominen los procedimientos seguros para la limpieza, purga y protección invernal de los equipos electrónicos. Las OUAs deben establecer alianzas estratégicas con las instituciones de educación técnica superior de la región y con las empresas proveedoras para dictar talleres prácticos de capacitación continúa certificados, transformando el empirismo tradicional del riego en una cultura de gestión hídrica digital avanzada y de alta precisión.

9.3.4 MIGRACIÓN HACIA MÉTODOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA MULTIOBJETIVO EN LA GESTIÓN DE OUA

Se recomienda a los directorios de las Juntas de Vigilancia y Asociaciones de Canalistas adoptar metodologías de valoración económica y gestión de activos que incorporen las externalidades ambientales y el capital natural, superando los enfoques tradicionales basados únicamente en la contabilidad de cuotas de mantenimiento por acción de agua. De acuerdo con las mejores prácticas globales e indicadores de gobernanza analizados (AASB, 2009; Vardon, 2014), la infraestructura hídrica colectiva (bocatomas, tranques reguladores, redes de distribución) posee un valor patrimonial y un impacto ecosistémico que debe ser valorado de forma estratégica para la toma de decisiones financieras a largo plazo.

Las organizaciones deben transitar desde la mera evaluación de costos de operación inmediatos hacia modelos multiobjetivo (Loucks y van Beek, 2017) que cuantifiquen el beneficio económico del agua recuperada por conceptos de menor evaporación o filtración, integrando estos indicadores de capital natural en sus balances contables públicos. Esta práctica patrimonial facilitará la justificación técnica ante el Estado para la adjudicación de grandes obras civiles asociativas y aumentará la resiliencia social y económica de las comunidades de regantes frente a los escenarios de escasez permanente.

CAPÍTULO X

BIBLIOGRAFÍA

Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). *Water quality for agriculture* (Vol. 29). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Arrojo, P., Bernal, E., Fernández, J., & López, J. M. (2020). El análisis coste-beneficio y su vigencia relativa en la valoración de grandes proyectos hidráulicos. *Revista de Análisis Económico*, 35(2), 45-68.

Ang, K. K., et al. (2019). Design and construction of floating modular photovoltaic system for water reservoirs. *Energy*, 189, 116549.

Asadnia, M., et al. (2024). Portable multiplexed ion-selective sensor for long-term and continuous irrigation water quality monitoring. *Computers and Electronics in Agriculture*, 216, 109455.

Bosch, H. J., & Gupta, J. (2023). The tension between state ownership and private quasi-property rights in water. *WIREs Water*, 10(1), e1621.

Buchade, G., et al. (2024). A Six Sigma Approach to Water Savings. *International Journal of Water Resources Engineering*, 14(1), 112-128.

Chen, L., Huang, K., Zhou, J., Duan, H.-F., Zhang, J., Wang, D., & Qiu, H. (2020). Multiple-risk assessment of water supply, hydropower and environment nexus in the water resources system. *Journal of Cleaner Production*, 268, 122057.

Coelho, R. S., Lopes, R., Coelho, P. S., Ramos, T. B., & Antunes, P. (2024). Participatory selection of indicators for water resources planning. *Water Resources Management*, 38(3), 895-912.

Fernández-Ortega, J. (2024). Common framework for the development of spring water contamination risk assessment. *Science of the Total Environment*, 956, 177294.

Grigg, N. S. (2015). Management tools to optimize pipeline life cycle and operational risk. *Journal of the American Water Works Association*, 107(4), 19-27.

Haasnoot, M. (2014). Exploring adaptive pathways for water policy under deep uncertainty. *Environmental Modelling & Software*, 59, 45-57.

Hassan, M. M., et al. (2015). Evaporation mitigation using floating modular devices in water reservoirs. *Journal of Hydrology*, 531, 822-835.

Human Sciences Research Council. (2020). Diffusion of technological innovations in water scarce contexts: Barriers and drivers. *Environmental Science & Policy*, 112, 104-115.

Lammers, R. W. (2024). Environmental flow prediction through objective hydrologic model calibration. *Journal of Hydrology*, 630, 128450.

Loucks, D. P., & van Beek, E. (2017). *Water resource systems planning and management: An introduction to methods, models, and applications*. Springer.

Miglietta, P. (2026). A theoretical framework for vineyard irrigation management using AI-driven sensor systems. *Procedia Computer Science*, 275, 109-122.

Müller, A. B., Avellán, T., & Schanze, J. (2020). Risk and sustainability assessment framework for decision support in “water scarcity – water reuse” situations. *Journal of Hydrology*, 591, 125424.

Peña-Arancibia, J. L., et al. (2024). Feasibility of monitoring agricultural floodplain water storages using integrated airborne LiDAR and satellite remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 301, 113910.

Rodriguez Diaz, J. A., Camacho Poyato, E., Olmedo Vázquez, V. M., Minjares Lugo, J. L., & Hernández Hernández, M. L. (2024). Application of Data Envelopment Analysis (DEA) to measure water use efficiency in irrigation districts. *Agricultural Water Management*, 292, 108540.

Saavedra, A., Valdés, H., & Zúñiga, C. (2022). *Manual técnico de desalación y purificación de aguas mediante osmosis inversa*. Boletín INIA Nº 462. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Cruz. La Cruz, Chile. 300 p.

Saluja, R., et al. (2025). Effectiveness of nature-based solutions to address water challenges: A systematic mapping. *Nature-Based Solutions*, 7, 100283.

Shah, M. (2023). A comprehensive and systematic study in smart drip and sprinkler irrigation systems. *Agricultural Technology*, 5, 100303.

Trommsdorff, M., Dhal, I. S., & Rösch, C. (2021). Agrivoltaics: Solar power generation and food production systems. In *Solar Energy Advancements in Agriculture and Food Production Systems* (pp. 159-210). Academic Press.

Valdés-Pineda, R., et al. (2014). Water governance in Chile: Availability, management and climate change. *Journal of Hydrology*, 519, 2538–2567.

Vardon, M. J. (2014). Accounting for water: A global review and indicators of best practice for improved water governance. *Ecological Economics*, 104, 34-45.

Vilarinho, H., Pereira, M. A., D’Inverno, G., Nóvoa, H., & Camanho, A. S. (2023). Quality of service evaluation index for water supply utilities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 88, 101797.

Wu, W., et al. (2025). Water sensitive urban design (WSUD) planning framework for storm flood mitigation at a catchment scale. *Water Research*, 270, 124095.

CAPÍTULO XI

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

Comisión Nacional de Riego. (2025). *Calendario de concursos de la Ley N° 18.450 para el año 2025*. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. https://www.cnr.gob.cl/agricultores/calendario-de-concurso/

Comisión Nacional de Riego. (2026a). *Calendario de concursos de la Ley N° 18.450 para el año 2026 e instructivos técnicos DT*. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. https://www.cnr.gob.cl/

Comisión Nacional de Riego. (2026b). *Sistema Electrónico de Postulación (SEP)*. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. https://sep.cnr.gob.cl/

Ministerio de Energía. (2026c). *Explorador eólico de Chile*. Gobierno de Chile. http://exploradoreolico.minenergia.cl/

Ministerio de Energía. (2026d). *Explorador solar y evaporativo institucional*. Gobierno de Chile. http://exploradorsolar.minenergia.cl/

Superintendencia de Electricidad y Combustibles. (2024). *Normativas técnicas de generación residencial RGR 01/2024 y RGR 02/2024: Diseño y ejecución fotovoltaica*. Gobierno de Chile. https://www.sec.cl/

CAPÍTULO XII

GLOSARIO Y ACRÓNIMOS

AASB (Australian Accounting Standards Board): Junta de Normas Contables de Australia, utilizada como referencia internacional para la valoración patrimonial de activos hídricos naturales.

Agri-PV / AgriPV (Sistemas Agrivoltaicos): Co-diseño espacial elevado que integra de forma simultánea la generación de energía solar fotovoltaica con la producción de cultivos agrícolas sobre el mismo suelo arable.

AOC (Assimilable Organic Carbon): Carbono Orgánico Asimilable; métrica química utilizada en el pretratamiento de membranas para predecir la velocidad de proliferación biológica en las plantas de ósmosis.

API (Application Programming Interface): Interfaz de Programación de Aplicaciones; protocolo informático que permite el intercambio automatizado de datos inalámbricos en tiempo real entre servidores cloud independientes.

APU (Análisis de Precios Unitarios): Desglose matemático y financiero de los rendimientos, materiales, mano de obra y costos directos de cada partida de una obra de fomento hídrico.

BFR (Biofilm Formation Rate): Tasa o velocidad de formación de bio-películas microbianas sobre la interface densa de una membrana filtrante.

CAPEX (Capital Expenditure): Inversión en bienes de capital; costo directo inicial asociado a la adquisición de hardware, ingeniería y construcción física de los proyectos de innovación.

CNR (Comisión Nacional de Riego): Organismo público dependiente del Ministerio de Agricultura de Chile, encargado de administrar y adjudicar las bonificaciones de la Ley N° 18.450.

COD (Carbono Orgánico Disuelto): Métrica físico-química monitoreada mediante absorbancia UV254 para registrar la carga de materia orgánica disuelta en un cauce o pozo.

Cooling Effect (Efecto de Refrigeración Pasiva): Fenómeno termodinámico donde el calor de las celdas de silicio se disipa hacia la masa de agua subyacente, elevando la eficiencia eléctrica de las plantas fotovoltaicas flotantes.

DEA (Data Envelopment Analysis): Análisis Envolvente de Datos; metodología económica no paramétrica empleada para evaluar la eficiencia técnica relativa de distritos de riego.

DEF (Demanda de Potencia y Energía Facturada): Historial del consumo hídrico real medido en kW y kWh registrado en las boletas eléctricas comerciales de la agrícola.

DGA (Dirección General de Aguas): Servicio público dependiente del Ministerio de Obras Públicas de Chile, encargado de la gobernanza y fiscalización del Código de Aguas.

DT-18 (Documento Técnico 18): Tabla oficial y banda regulatoria de precios máximos aprobada anualmente por la CNR para la valorización de proyectos concursables.

EMA (Estación Meteorológica Automática): Unidad instrumentalizada en campo para registrar en tiempo real variables climáticas basales (radiación, viento, humedad) y calcular la evapotranspiración diaria.

ERNC (Energías Renovables No Convencionales): Fuentes energéticas limpias e inagotables (solar, eólica) integradas a los sistemas de impulsión hidráulica intrapredial.

FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum): Radiofrecuencia inalámbrica por salto de frecuencia, utilizada para la comunicación robusta de sensores IoT en entornos agrícolas extensos.

Floating PV / SFF (Fotovoltaico Flotante): Arreglo de strings solares instalados sobre balsas modulares que flotan sobre el espejo de agua de tranques agrícolas revestidos.

Fouling (Ensuciamiento Superficial): Deposición física y pasiva de partículas coloidales, microorganismos, arcillas o aceites sobre la superficie de filtración de las membranas.

GAC (Granular Activated Carbon): Carbón activado granular; medio MFG utilizado en filtros de adsorción para retener compuestos orgánicos y declorar tramas de agua residuales.

GIS (Geographic Information System): Sistemas de Información Geográfica; entornos de software para mapeo vectorial georreferenciado bajo coordenadas de precisión UTM WGS84.

HDPE / PEAD (Polietileno de Alta Densidad): Polímero de alta resistencia mecánica, química y térmica utilizado en tuberías, cubiertas modulares, flotadores y geomembranas de tranques.

INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias): Organismo chileno de investigación agro-científica dependiente del Ministerio de Agricultura.

IoT (Internet of Things): Internet de las Cosas; ecosistema digital de sensores, actuadores y telemetría inalámbrica interconectados en malla a través de la nube.

LSI (Langelier Saturation Index): Índice de Saturación de Langelier; indicador analítico para predecir la tendencia corrosiva o incrustante del carbonato de calcio en aguas de baja salinidad.

MFG (Medios de Filtración Granular): Baterías de filtración rápida rellenas con estratos de arena, cuarzo y antracita para el abatimiento de la turbidez en el agua cruda.

Net Billing (Generación Distribuida): Marco regulatorio de la Ley N° 21.118 en Chile que permite a los agricultores inyectar excedentes solares a la red y rebajar sus costos de facturación.

ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias): Servicio público centralizado encargado de levantar estadísticas sectoriales y coordinar la plataforma nacional "Cotiza Riego".

OI / RO (Ósmosis Inversa): Tecnología de membranas no porosas densas accionadas mecánicamente por alta presión para separar el agua ultrapura de las sales y solutos salobres.

OPEX (Operating Expenditure): Gasto operacional; costos continuos vinculados a las tarifas eléctricas, mantención técnica, reactivos químicos y calibraciones del sistema de riego.

OUA (Organización de Usuarios de Agua): Comunidades, juntas de vigilancia y asociaciones de canalistas que ejercen la gobernanza asociativa del recurso a nivel de cuenca.

PSU (Practical Salinity Units): Unidades Prácticas de Salinidad; escala oceanográfica e hidrológica para cuantificar la masa de sales disueltas por kilogramo de agua cruda.

RGA (Recarga Gestionada de Acuíferos): Introducción planificada e infiltración controlada de aguas eventuales de invierno hacia las capas freáticas subterráneas de la cuenca.

RSI (Ryznar Stability Index): Índice de Estabilidad de Ryznar; parámetro químico secundario para evaluar la sobresaturación y agresividad del carbonato de calcio sobre los activos.

S&DSI (Stiff and Davis Saturation Index): Índice de Saturación de Stiff y Davis; indicador modificado por fuerza iónica para predecir incrustaciones alcalinas en aguas de mar o salmueras densas.

SBN / NbS (Soluciones Basadas en la Naturaleza): Acciones e infraestructura verde que aprovechan los procesos ecológicos y de ecosistemas naturales para resolver desafíos hídricos de escasez y calidad.

SCALLS (Sistemas de Captación de Aguas Lluvias): Infraestructura intrapredial diseñada para interceptar, desviar las primeras lluvias pluviales y acumular las precipitaciones en cisternas elásticas.

Scaling (Incrustación Mineral): Precipitación cristalina y tenaz de sales insolubles (sulfatos, carbonatos) que se adhieren en las últimas membranas del banco de ósmosis.

SEC (Superintendencia de Electricidad y Combustibles): Organismo fiscalizador chileno encargado de regular las inscripciones, certificaciones y planos unifilares de inyección Net Billing (TE-4).

SEP (Sistema Electrónico de Postulación): Plataforma web transaccional donde los ingenieros consultores cargan los archivos y expedientes técnicos de fomento.

STD / TDS (Sólidos Totales Disueltos): Concentración acumulada de la masa de solutos minerales disueltos en el agua, expresada en ppm o mg/L.

VDF (Variador de Frecuencia): Dispositivo electrónico que modula la velocidad del motor de impulsión acoplándolo a la curva de generación solar y demandas dinámicas de presión.

CAPÍTULO XIII

ANEXOS

Este apartado reúne el conjunto de antecedentes complementarios que respaldan el desarrollo de la investigación, los cuales, por su extensión o nivel de detalle, no han sido incorporados en el cuerpo principal del documento. Su inclusión tiene como finalidad proporcionar sustento técnico, metodológico y documental a los análisis realizados, permitiendo una comprensión más profunda de los resultados y facilitando la trazabilidad del estudio.

Los anexos contienen información relevante utilizada durante el proceso investigativo, tales como bases de datos de proyectos asociados a la Ley N° 18.450, fichas técnicas, tablas de análisis, instrumentos metodológicos, esquemas de diseño, normativa aplicada y documentación de referencia. Asimismo, se incorporan ejemplos de aplicación de la metodología propuesta, lo que permite evidenciar su funcionamiento en contextos reales.

Este capítulo cumple un rol fundamental al fortalecer la validez y transparencia de la investigación, dado que permite al lector revisar en detalle los insumos utilizados, verificar los procedimientos desarrollados y comprender los criterios técnicos adoptados. De esta manera, los anexos constituyen un complemento indispensable para la correcta interpretación de los resultados y conclusiones del estudio.

Cada anexo se presenta de forma ordenada y numerada, acompañado de una breve descripción de su contenido, con el fin de facilitar su consulta y vinculación con los capítulos correspondientes de la investigación.

13.1 ANEXO A: ORDEN DE IDEAS SOBRE EL TEMA

CARACTERÍSTICAS DE LA IDEA DE LA TESINA o TRABAJO DE POSTGRADO	**EXPLICACIÓN** *Aquí se escriben frente a cada característica unas quince líneas redactadas con forma clara, explicativa y de un modo gramatical correcto*
Porque es una idea **ORIGINAL**, que es propia del alumno	La presente investigación se considera original, dado que aborda la reciente renovación de la Ley 18.450 del año 2023 desde una perspectiva integrada que combina el análisis técnico, normativo y de gestión, incorporando además un enfoque aplicado mediante el desarrollo de un instructivo técnico. A diferencia de estudios tradicionales que se limitan a evaluar impactos normativos o financieros, esta propuesta vincula directamente los cambios legales con su implementación práctica en proyectos de riego. Asimismo, incorpora el análisis de nuevas tipologías de obras impulsadas por los concursos públicos, incluyendo soluciones innovadoras y basadas en la naturaleza, lo que representa un enfoque poco explorado en la literatura actual. La idea surge desde la experiencia y formación del alumno en el ámbito de la ingeniería hidráulica, lo que permite integrar criterios técnicos reales con necesidades actuales del sector, generando un aporte concreto y aplicable tanto a nivel profesional como institucional.
Motivos personales o profesionales **MOTIVACION** por desarrollar el tema	La motivación para desarrollar esta investigación surge de la experiencia profesional en el ámbito de la revisión, formulación y seguimiento de proyectos de riego, donde se ha evidenciado una brecha significativa entre los lineamientos normativos y su aplicación práctica. En particular, la actualización de la Ley 18.450 representa una oportunidad relevante para modernizar el enfoque de desarrollo de obras hidráulicas, incorporando criterios de eficiencia, sostenibilidad e innovación. Sin embargo, en la práctica aún predomina un enfoque tradicional que limita el potencial de estas herramientas. Desde el punto de vista académico, el desarrollo de este trabajo permite profundizar en la gestión del recurso hídrico en un contexto de creciente escasez y variabilidad climática. A nivel profesional, se busca generar un instrumento útil que facilite la correcta formulación de proyectos, mejorando la calidad de las postulaciones y promoviendo un uso más eficiente del recurso hídrico.
Objetivo es posible de lograr es un tena **REALISTA** o aplicado	El objetivo de la investigación es plenamente alcanzable, dado que se basa en el análisis de información disponible, normativa vigente, y antecedentes públicos como los concursos del Departamento de Fomento al Riego. Además, se sustenta en metodologías de análisis técnico y documental que son factibles de aplicar dentro del plazo de desarrollo de la tesina. El carácter aplicado del estudio se refleja en la elaboración de un instructivo técnico, el cual constituye un producto concreto y viable, orientado a mejorar la formulación de proyectos de riego. Este enfoque permite vincular directamente la teoría con la práctica, asegurando que los resultados no queden únicamente en el ámbito académico, sino que puedan ser utilizados por profesionales del área. La disponibilidad de información técnica, normativa y experiencias previas garantiza la factibilidad del estudio y la coherencia entre los objetivos planteados y los resultados esperados.
Atractivo tema para la Gestión del Agua **VINCULADO** con el objetivo del magister del agua	El tema propuesto se alinea directamente con los objetivos del magíster en gestión del agua, al abordar uno de los principales instrumentos de política pública para el fomento del uso eficiente del recurso hídrico en Chile. La Ley 18.450 ha sido históricamente un pilar en el desarrollo de infraestructura de riego, y su reciente actualización introduce nuevos desafíos y oportunidades en materia de sostenibilidad, eficiencia y adaptación al cambio climático. La investigación no solo analiza estos aspectos, sino que también propone herramientas concretas para su implementación, contribuyendo a mejorar la gestión integrada del recurso hídrico. Además, el enfoque en innovación y soluciones basadas en la naturaleza responde a las tendencias actuales en gestión del agua, fortaleciendo la pertinencia del estudio dentro del contexto académico y profesional del programa.
El problema investigado servirá para RESOLVER un tema aplicado desde la **PERSPECTIVA PROFESIONAL**	El problema abordado en esta investigación tiene una clara orientación práctica, dado que busca reducir las brechas existentes en la formulación y evaluación de proyectos de riego bajo el marco de la Ley 18.450. En la actualidad, muchos proyectos presentan deficiencias técnicas o no incorporan adecuadamente los nuevos enfoques promovidos por la normativa, lo que limita su aprobación o impacto. A través del análisis de estos problemas y la elaboración de un instructivo técnico, se propone una solución concreta que facilite la correcta estructuración de proyectos, incorporando criterios de eficiencia hídrica, innovación y sostenibilidad. Desde la perspectiva profesional, este aporte resulta altamente relevante, dado que entrega herramientas directamente aplicables en el ejercicio laboral, mejorando la calidad de los proyectos y contribuyendo a una gestión más eficiente del recurso hídrico.
Otras características	La investigación se caracteriza por su enfoque integral, combinando análisis normativo, técnico y de gestión, lo que permite abordar el problema desde múltiples dimensiones. Asimismo, presenta un fuerte componente aplicado, orientado a la generación de un producto concreto que pueda ser utilizado por profesionales del sector público y privado. Otro aspecto relevante es su pertinencia temporal, dado que se enfoca en una normativa recientemente actualizada, lo que le otorga un alto valor en términos de actualidad y relevancia. Además, incorpora una visión de futuro al considerar la inclusión de soluciones innovadoras y basadas en la naturaleza, alineadas con los desafíos del cambio climático y la sostenibilidad. Finalmente, destaca por su potencial de impacto, dado que sus resultados pueden contribuir a mejorar la eficiencia en el uso del agua y la calidad de las inversiones en infraestructura de riego en Chile.

13.2 ANEXO B: FICHAS BIBLIOGRÁFICAS

1	**TIPO de lectura (Fundamental).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Müller, A. B., Avellán, T., & Schanze, J. (2020). *Risk and sustainability assessment framework for decision support in "water scarcity – water reuse" situations*. Journal of Hydrology, 591, 125424. **L01 asignatura 1** Máster of Water Management 2024 - Marco de evaluación de riesgos y sostenibilidad para el apoyo a la toma de decisiones
Palabras claves:	Escasez de agua; Reutilización del agua; Evaluación de riesgos; Evaluación de la sostenibilidad; Toma de decisiones; Marco integrado.
Tema central	Integración de la evaluación del riesgo de escasez hídrica con la evaluación de sostenibilidad del reúso de agua para apoyar la toma de decisiones.
Idea fundamental	• La escasez hídrica y el reúso se analizan en ámbitos separados, lo que genera decisiones incompletas. • La escasez de agua debe entenderse como un riesgo definido por amenaza, exposición y vulnerabilidad. • El reúso solo es válido si es social, económica y ambientalmente sostenible. • Es posible integrar riesgo y sostenibilidad en un solo marco de evaluación (RSA).
Cita clave	"La integración del riesgo y la sostenibilidad en una evaluación conjunta para apoyar la toma de decisiones es conceptualmente factible".
Redacción propia	El artículo demuestra que los proyectos de reúso deben evaluarse no solo por su sostenibilidad, sino por su capacidad real de reducir el riesgo de escasez hídrica, integrando ambas dimensiones en un único marco de análisis.
¿Para qué sirve?	Orientar políticas hídricas, avalar o rechazar proyectos de reúso, definir criterios técnicos y estructurar evaluaciones integradas.
Aplicación en hidráulica	Evaluación de plantas de reúso, proyectos de seguridad hídrica, planes de cuenca y toma de decisiones en escenarios de déficit.
Material relevante	Esquema CHANS, tablas de definiciones de riesgo y sostenibilidad, diagrama del marco RSA.

2	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	CSIRO Environment, Black Mountain Science and Innovation Park, GPO Box 1700, Canberra, ACT 2601, Australia. *E-mail address:* jorge.penaarancibia@csiro.au (J.L. Peña-Arancibia). **L03 asignatura 2** Máster of Water Management 2024 - *Factibilidad de monitorear almacenamientos de agua en planicies de inundación agrícola mediante la integración de LiDAR aéreo y satelital con sensores ópticos remotos*.
Palabras claves:	Planicie de inundación; estanques agrícolas; LiDAR; altimetría satelital; sensores remotos; volumen de agua; monitoreo.

Tema central	Evaluar si es posible estimar niveles y volúmenes de agua almacenados en estanques y embalses agrícolas ubicados en planicies de inundación usando datos satelitales y LiDAR.
Idea fundamental	• Los almacenamientos agrícolas en zonas de inundación son difíciles de medir con métodos tradicionales en terreno. • La altimetría satelital permite estimar niveles de agua en cuerpos pequeños cuando se combina con información topográfica. • El LiDAR aéreo permite generar modelos digitales de terreno de alta precisión para calcular volúmenes almacenados. • La integración de LiDAR, imágenes ópticas y altimetría mejora significativamente la estimación del área y volumen del agua almacenada.
Cita clave	"La integración de LiDAR aéreo y altimetría satelital proporciona un enfoque viable para monitorear almacenamientos de agua agrícola en planicies de inundación."
Redacción propia	El estudio demuestra que hoy es técnicamente posible cuantificar cuánta agua almacenan los agricultores sin instalar instrumentos en terreno, usando información satelital y modelos topográficos de alta resolución.
¿Para qué sirve?	Fiscalizar uso de agua, estimar volúmenes reales almacenados, apoyar la gestión de cuencas y mejorar la planificación hídrica.
Aplicación en hidráulica	Control de embalses y tranques privados, balances hídricos, evaluación de seguridad de riego y planificación de recursos hídricos.
Material relevante	Modelos digitales de terreno LiDAR, imágenes satelitales, curvas área–nivel–volumen y validación de errores.

3	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	The University of Georgia, College of Engineering, Boyd Hall Room 711, 200 D. W. Brooks Drive, Athens, GA 30602, United States. E-mail address: rodlammers@gmail.com (R.W. Lammers). **L07 asignatura 2** Máster of Water Management 2024 - *Predicción del caudal ecológico mediante la calibración de un modelo hidrológico objetivo.*
Palabras claves:	Caudal ecológico; modelo hidrológico; calibración; simulación; régimen de caudales; sostenibilidad.
Tema central	Estimar el caudal ecológico óptimo a partir de un modelo hidrológico calibrado que permita reproducir el régimen natural del río y sus necesidades ambientales.
Idea fundamental	• El caudal ecológico debe basarse en la dinámica hidrológica natural del río y no solo en umbrales fijos. • La calibración del modelo hidrológico es clave para que las predicciones de caudal sean confiables. • Un modelo bien calibrado permite simular escenarios de extracción, sequía o cambio climático. • El caudal ecológico puede predecirse como una función del régimen hidrológico simulado.

Cita clave	El caudal ecológico debe representar la variabilidad natural del régimen de escurrimiento.
Redacción propia	El documento propone que el caudal ecológico no se defina por un valor fijo, sino como resultado de un modelo hidrológico calibrado que reproduzca la dinámica real del río bajo distintas condiciones.
¿Para qué sirve?	Definir caudales mínimos ambientales, evaluar proyectos de captación y respaldar decisiones de gestión de recursos hídricos.
Aplicación en hidráulica	Evaluación de derechos de agua, estudios de impacto ambiental, planes de cuenca y diseño de obras de regulación.
Material relevante	Curvas de caudal, resultados de calibración, simulaciones de escenarios y métricas de ajuste del modelo.

4	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	R. Valdés-Pineda et al. / Journal of Hydrology 519 (2014) 2538–2567. Water governance in Chile: Availability, management and climate change. **L02 asignatura 3** Máster of Water Management 2024 - *Gobernanza del agua en Chile: disponibilidad, gestión y cambio climático.*
Palabras claves:	Gobernanza del agua; Chile; disponibilidad hídrica; gestión; cambio climático; institucionalidad.
Tema central	Analizar cómo el marco institucional y de gobernanza del agua en Chile enfrenta la disminución de la disponibilidad hídrica y los efectos del cambio climático.
Idea fundamental	• La disponibilidad de agua en Chile ha disminuido de forma estructural por sequías prolongadas y cambio climático. • El modelo de gestión basado en derechos de aprovechamiento no se adapta bien a escenarios de escasez. • Existe fragmentación institucional y falta de coordinación en la gestión del recurso hídrico. • La gobernanza debe evolucionar hacia una gestión integrada de cuencas.
Cita clave	La gestión del agua en Chile no está diseñada para escenarios de escasez permanente.
Redacción propia	El documento muestra que el problema del agua en Chile no es solo hidrológico, sino institucional: un sistema pensado para abundancia hoy gestiona escasez, lo que genera conflictos y sobreexplotación.
¿Para qué sirve?	Evaluar políticas públicas, proponer reformas institucionales y respaldar la gestión integrada de recursos hídricos.
Aplicación en hidráulica	Planificación de cuencas, evaluación de proyectos, análisis de disponibilidad y diseño de políticas de asignación de agua.
Material relevante	

	Datos de disponibilidad hídrica, análisis institucional, mapas de cuencas y escenarios climáticos.

5	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Science of the Total Environment 956 (2024) 177294. E-mail address: jaimeortega@uma.es (J. Fernández-Ortega). common framework for the development of spring water contamination. **L03 asignatura 4** Máster of Water Management 2024 - *Desarrollo de un marco común para la contaminación de aguas de manantiales.*
Palabras claves:	Manantiales; contaminación del agua; calidad del agua; acuíferos; evaluación de riesgo; marco metodológico.
Tema central	Proponer un marco común para identificar, evaluar y gestionar la contaminación de aguas provenientes de manantiales.
Idea fundamental	• Los manantiales son altamente vulnerables a fuentes de contaminación superficial y subterránea. • La contaminación no depende solo de la fuente, sino también del contexto hidrogeológico. • Se requiere un enfoque estandarizado para evaluar el riesgo de contaminación. • Un marco común permite comparar sitios y priorizar medidas de protección.
Cita clave	La protección de los manantiales requiere una evaluación sistemática del riesgo de contaminación.
Redacción propia	El documento propone una metodología para pasar de “sospechas de contaminación” a una evaluación técnica del riesgo, considerando fuentes, vías de transporte y vulnerabilidad del sistema hidrogeológico.
¿Para qué sirve?	Evaluar calidad de fuentes de agua, priorizar protección de manantiales y diseñar medidas de mitigación.
Aplicación en hidráulica	Protección de captaciones rurales, diseño de zonas de resguardo, evaluación de impacto de actividades humanas sobre fuentes de agua.
Material relevante	Diagramas conceptuales, matrices de riesgo, clasificaciones de vulnerabilidad y ejemplos de aplicación.
6	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Escola Superior Agraria de Santarem, Instituto Politecnico de Santarem, Portugal. E-mail addresses: rosa.coelho@esa.ipsantarem.pt, rm.coelho@campus.fct.unl.pt (R. Santos Coelho), rjl@fct.unl.pt (R. Lopes), pmhc@fct.unl.pt (P.S. Coelho), tabr@fct.unl.pt (T.B. Ramos), mpa@fct.unl.pt (P. Antunes). **L03 asignatura 5** Máster of Water Management 2024 - *Selección participativa de indicadores para la planificación de recursos hídricos.*

Palabras claves:	Indicadores; planificación hídrica; participación; gestión del agua; toma de decisiones; sostenibilidad.
Tema central	Desarrollar un método participativo para seleccionar indicadores que apoyen la planificación y gestión de los recursos hídricos.
Idea fundamental	• Los indicadores técnicos no son suficientes si no reflejan las prioridades sociales y ambientales. • La participación de actores locales mejora la legitimidad de la planificación hídrica. • Un conjunto bien elegido de indicadores permite evaluar alternativas de gestión. • La selección participativa reduce conflictos y mejora la implementación de políticas de agua.
Cita clave	Los indicadores deben representar tanto criterios técnicos como valores sociales.
Redacción propia	El documento propone que la planificación del agua no se base solo en variables hidrológicas, sino también en indicadores definidos junto a los usuarios y actores del territorio.
¿Para qué sirve?	Diseñar planes de cuenca, evaluar políticas de agua y apoyar procesos de toma de decisiones participativos.
Aplicación en hidráulica	Evaluación de proyectos, planificación de cuencas, priorización de inversiones y gestión integrada del recurso hídrico.
Material relevante	Listas de indicadores, matrices de evaluación, esquemas de participación y casos de estudio.

7	**TIPO de lectura (Fundamental).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Bosch, H. J., & Gupta, J. (2023). The tension between state ownership and private quasi-property rights in water. WIREs Water, 10(1), e1621. https://doi.org/10.1002/wat2.1621 **L02 asignatura 6** Máster of Water Management 2024 - *La tensión entre la propiedad estatal y los cuasi-derechos de propiedad privados sobre el agua.*
Palabras claves:	Derechos de agua; propiedad estatal; propiedad privada; gobernanza; Chile; regulación.
Tema central	Analizar el conflicto entre el carácter público del agua y su asignación mediante derechos privados transferibles.
Idea fundamental	• El agua es jurídicamente un bien nacional de uso público, pero operativamente funciona como un activo privado. • Los derechos de aprovechamiento crean incentivos económicos, pero también rigideces frente a la escasez. • El Estado tiene dificultades para intervenir cuando los derechos están fuertemente protegidos como propiedad.

	• La tensión entre interés público y derechos privados limita la gestión adaptativa del recurso.
Cita clave	Existe una contradicción estructural entre la propiedad pública del agua y su uso privado como activo económico.
Redacción propia	El documento muestra que el modelo chileno transformó el agua en un cuasi-bien privado, lo que dificulta que el Estado actúe cuando hay sequía, sobreexplotación o conflicto social.
¿Para qué sirve?	Analizar reformas legales, evaluar conflictos hídricos y fundamentar cambios en la gestión de derechos de agua.
Aplicación en hidráulica	Evaluación de disponibilidad legal vs. disponibilidad física, planificación de cuencas y estudios de impacto regulatorio.
Material relevante	Análisis jurídico, esquemas de derechos de agua, casos de conflicto y discusión institucional.

8	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Australian Accountings Standards Board (AASB): AASB 116 Plant, Property and Equipment, 2009, AASB, viewed April 2 2011, http://www.aasb.gov.au/admin/file/content102/c3/AASB116_07-04_ERDRjun10_07-09.pdf **L04 asignatura 6** Máster of Water Management 2024 - *Valoración de los recursos hídricos y de los activos de infraestructura hídrica.*
Palabras claves:	Valoración económica; activos hídricos; infraestructura; capital natural; gestión financiera; sostenibilidad.
Tema central	Desarrollar enfoques para valorar económicamente tanto el recurso hídrico como la infraestructura asociada, integrando criterios financieros, ambientales y sociales.
Idea fundamental	• El agua debe considerarse un activo económico y ambiental, no solo un recurso físico. • La infraestructura hídrica (embalses, canales, plantas) posee valor patrimonial que debe gestionarse estratégicamente. • La subvaloración del agua conduce a decisiones ineficientes e insostenibles. • Incorporar valoración económica mejora la planificación de inversiones y la sostenibilidad a largo plazo.
Cita clave	La correcta valoración del agua y su infraestructura es fundamental para una gestión eficiente y sostenible.
Redacción propia	El documento plantea que gestionar agua sin asignarle valor económico real es como administrar una empresa sin contabilidad: se toman decisiones sin medir el impacto total.
¿Para qué sirve?	

	Evaluar proyectos, justificar inversiones, estimar rentabilidad social y mejorar la gestión patrimonial del sector hídrico.
Aplicación en hidráulica	Evaluación costo-beneficio de obras, análisis VAN/TIR, priorización de inversiones y planificación de mantenimiento de infraestructura.
Material relevante	Métodos de valoración económica, enfoques de activos, análisis financiero y ejemplos de aplicación.

9	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Stakeholder analysis for effective implementation of water management system: Case of groundwater charge in South Korea, *Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Republic of Korea, E-mail address: hydroqueen@kangwon.ac.kr (H. Kim).* **L01 asignatura 7** Máster of Water Management 2024 - *Análisis de actores para la implementación efectiva de políticas de agua.*
Palabras claves:	Stakeholders; análisis de actores; gobernanza; implementación; participación; gestión del agua.
Tema central	Aplicar el análisis de actores para mejorar la implementación de políticas y proyectos relacionados con el agua.
Idea fundamental	• La implementación falla cuando no se identifican correctamente los actores clave. • Los actores tienen distintos niveles de poder, interés e influencia. • El mapeo de actores permite anticipar conflictos y alianzas estratégicas. • Una gestión participativa aumenta la probabilidad de éxito en proyectos hídricos.
Cita clave	Comprender intereses e influencias es esencial para una implementación efectiva.
Redacción propia	El documento sostiene que ningún proyecto hídrico funciona si no se entiende quién gana, quién pierde y quién decide.
¿Para qué sirve?	Diseñar estrategias de implementación, reducir resistencia social y fortalecer la gobernanza del agua.
Aplicación en hidráulica	Gestión de proyectos, planificación de cuencas, ejecución de obras públicas y coordinación institucional.
Material relevante	Matrices de poder-interés, esquemas de influencia y metodologías de identificación de actores.

10	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Accounting for water: A global review and indicators of best practice for improved water governance, , Australian National University, Australia, E-mail address: michael.vardon@anu.edu.au (M.J. Vardon). journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolecon* **L04 asignatura 7** Máster of Water Management 2024 - *Indicadores de buenas prácticas para mejorar la gobernanza del agua.*
Palabras claves:	Gobernanza del agua; indicadores; buenas prácticas; desempeño institucional; políticas públicas; evaluación.
Tema central	Desarrollar indicadores que permitan evaluar y mejorar la calidad de la gobernanza en la gestión del agua.
Idea fundamental	• La gobernanza del agua requiere medición objetiva mediante indicadores claros. • Las buenas prácticas deben basarse en transparencia, coordinación y rendición de cuentas. • Los indicadores permiten comparar desempeño entre regiones o países. • Sin evaluación sistemática no es posible mejorar la gestión hídrica.
Cita clave	Lo que no se mide, no se puede mejorar en términos de gobernanza.
Redacción propia	El documento plantea que la gestión del agua no puede depender solo de normas, sino que debe evaluarse mediante indicadores concretos que midan desempeño institucional.
¿Para qué sirve?	Evaluar políticas públicas, fortalecer instituciones y detectar debilidades en la gestión del recurso.
Aplicación en hidráulica	Evaluación de planes de cuenca, seguimiento de proyectos, análisis institucional previo a inversiones.
Material relevante	Marco conceptual de gobernanza, sistema de indicadores, criterios de evaluación y ejemplos comparativos.

11	**TIPO de lectura (Fundamental).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*OECD (2017), "La gobernanza de la infraestructura de agua en Chile", in Gaps and Governance Standards of Public Infrastructure in Chile: Infrastructure Governance Review, OECD Publishing, Paris. DOI: https://doi.org/10.1787/9789264286948-7-es* **Asignatura 7 Bibliografía de apoyo** Máster of Water Management 2024 - *Capítulo 5: Gobernanza de infraestructura de agua*
Palabras claves:	Gobernanza hídrica; infraestructura; coordinación institucional; inversión pública; planificación; OCDE.
Tema central	Evaluar la gobernanza de la infraestructura hídrica en Chile e identificar brechas en planificación, coordinación e inversión.

Idea fundamental	• Existe fragmentación institucional en la gestión del agua en Chile. • La planificación de infraestructura hídrica carece de una visión estratégica integrada a nivel de cuenca. • La coordinación entre niveles de gobierno es insuficiente. • Se requiere fortalecer mecanismos de priorización y evaluación de inversiones en infraestructura hídrica.
Cita clave	La falta de coordinación institucional limita la eficiencia en la provisión de infraestructura hídrica.
Redacción propia	El capítulo sostiene que el problema no es solo técnico ni financiero, sino de gobernanza: múltiples instituciones con competencias superpuestas dificultan una gestión integrada del recurso.
¿Para qué sirve?	Fundamentar diagnósticos institucionales, justificar reformas y evaluar políticas de infraestructura hídrica.
Aplicación en hidráulica	Planificación de obras mayores, análisis de brechas de inversión, evaluación estratégica de infraestructura y diseño de políticas públicas.
Material relevante	Diagnóstico institucional, recomendaciones OCDE, análisis comparado y propuestas de mejora.

12	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Neil S. Grigg is a profesor of civil and environmental engineering at Colorodado State University in Fort Collins.* http://dx.doi.org/10.5942/jawwa.2015.107.0019 **L01 asignatura 8** Máster of Water Management 2024 - *Herramientas de gestión para optimizar la vida útil de tuberías.*
Palabras claves:	Vida útil de tuberías; gestión de activos; mantenimiento; fallas; infraestructura hidráulica; optimización.
Tema central	Presentar herramientas de gestión que permitan extender la vida útil de tuberías mediante mantenimiento planificado y toma de decisiones basada en riesgo.
Idea fundamental	• La falla de tuberías no es aleatoria, responde a patrones identificables. • La gestión reactiva es más costosa que la gestión preventiva. • El análisis de riesgo permite priorizar intervenciones en redes extensas. • Integrar datos históricos mejora la planificación del mantenimiento.
Cita clave	Optimizar la vida útil de las tuberías requiere decisiones basadas en riesgo y desempeño.
Redacción propia	El documento plantea que no se trata de reemplazar tuberías cuando fallan, sino de gestionarlas como activos, anticipando fallas y optimizando costos a lo largo de su vida útil.
¿Para qué sirve?	Reducir costos de operación, disminuir fallas y mejorar la continuidad del servicio.

Aplicación en hidráulica	Gestión de redes de agua potable, alcantarillado, riego y conducciones industriales.
Material relevante	Modelos de deterioro, matrices de riesgo, estrategias de mantenimiento y ejemplos de aplicación.

13	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Water Research Centre, School of Civil and Environmental Engineering, UNSW Sydney, Australia.* E-mail address: wenhui.wu2@unsw.edu.au *https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.124095* **L01 asignatura 9** Máster of Water Management 2024 - *Marco de planificación de diseño urbano sensible al agua (WSUD) para la mitigación de inundaciones pluviales a escala de cuenca.*
Palabras claves:	WSUD; drenaje urbano sostenible; inundaciones pluviales; planificación de cuencas urbanas; mitigación de crecidas.
Tema central	Desarrollar un marco de planificación que permita reducir el riesgo de inundaciones urbanas mediante estrategias de diseño urbano sensible al agua.
Idea fundamental	• Las inundaciones pluviales urbanas deben abordarse desde una perspectiva de cuenca y no solo a escala local. • El diseño urbano puede integrarse con la gestión del agua para reducir escorrentías y mejorar la infiltración. • Las soluciones basadas en naturaleza pueden complementar la infraestructura hidráulica tradicional. • La planificación estratégica permite definir metas de reducción de riesgo a largo plazo.
Cita clave	La mitigación efectiva de inundaciones urbanas requiere integrar planificación territorial y gestión del agua.
Redacción propia	El documento plantea que controlar inundaciones urbanas no depende solo de colectores más grandes, sino de rediseñar la ciudad para que gestione mejor el agua lluvia.
¿Para qué sirve?	Diseñar estrategias de drenaje urbano sostenible y mejorar la planificación territorial frente a eventos de lluvia intensa.
Aplicación en hidráulica	Modelación hidrológica urbana, planificación de drenaje urbano, implementación de SUDS y diseño de infraestructura verde.
Material relevante	Marco conceptual WSUD, estrategias de planificación, herramientas de evaluación y casos de aplicación.

14	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*College of Architecture and Urban Planning, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China.* E-mail address: landwangmo@outlook.com https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.124095 **Asignatura 9 Bibliografía de apoyo** Máster of Water Management 2024 - *Despliegue estratégico de soluciones basadas en la naturaleza para la gestión de inundaciones urbanas.*
Palabras claves:	Soluciones basadas en la naturaleza (NbS); inundaciones urbanas; resiliencia; planificación; drenaje sostenible.
Tema central	Evaluar cómo implementar estratégicamente soluciones basadas en la naturaleza para reducir el riesgo de inundaciones en entornos urbanos.
Idea fundamental	• Las NbS pueden reducir caudales punta y volúmenes de escorrentía. • Su efectividad depende de una correcta ubicación y escala dentro de la cuenca urbana. • No reemplazan completamente la infraestructura tradicional, sino que la complementan. • Aportan beneficios adicionales como mejora ambiental y calidad de vida urbana.
Cita clave	Las soluciones basadas en la naturaleza deben implementarse estratégicamente para maximizar su efectividad.
Redacción propia	El documento plantea que no basta con poner áreas verdes o zanjas de infiltración al azar, sino que deben ubicarse estratégicamente para realmente reducir inundaciones.
¿Para qué sirve?	Diseñar estrategias de mitigación de inundaciones más sostenibles y multifuncionales.
Aplicación en hidráulica	Diseño de SUDS, planificación urbana, modelación hidrológica y evaluación de medidas de mitigación.
Material relevante	Estrategias de implementación, criterios de localización, análisis de desempeño y casos de estudio.

15	**TIPO de lectura (Fundamental).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Daniel P. Loucks y Eelco van Beek Water Resource Systems Planning and Management: An Introduction to Methods, Models, and Applications. Cap.3: Models for Identifying and Evaluating Alternatives 2017.* **L01 asignatura 10** Máster of Water Management 2024 - *Capítulo 3: Planificación y gestión de sistemas de recursos hídricos.*
Palabras claves:	Sistemas de recursos hídricos; planificación; gestión integrada; optimización; toma de decisiones.

Tema central	Desarrollar los principios y enfoques para la planificación y gestión eficiente de sistemas de recursos hídricos.
Idea fundamental	• Los sistemas hídricos deben analizarse de forma integrada, considerando múltiples componentes y usos. • La planificación implica tomar decisiones bajo incertidumbre. • Se deben equilibrar objetivos económicos, sociales y ambientales. • El uso de modelos y herramientas de optimización mejora la toma de decisiones.
Cita clave	La gestión de sistemas hídricos requiere integrar múltiples objetivos y restricciones en la toma de decisiones.
Redacción propia	El capítulo plantea que gestionar el agua no es resolver un cálculo aislado, sino coordinar un sistema complejo con múltiples variables, actores y objetivos en conflicto.
¿Para qué sirve?	Diseñar políticas, planificar infraestructura y optimizar el uso del recurso hídrico a nivel de sistema.
Aplicación en hidráulica	Modelación de cuencas, operación de embalses, planificación de recursos y análisis de escenarios.
Material relevante	Enfoques de planificación, modelos de optimización, análisis de sistemas y ejemplos aplicados.

16	**TIPO de lectura (Fundamental).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*M. Haasnoot. Deltares, PO Box 177, 2600 MH Delft, The Netherlands Corresponding author. Tel.: +31 88 335 8175. E-mail address: marjolijn.haasnoot@deltares.nl https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.05.020* **L04 asignatura 10** Máster of Water Management 2024 - *explorando trayectorias de políticas del agua.*
Palabras claves:	Políticas del agua; gobernanza; toma de decisiones; adaptación; planificación estratégica.
Tema central	Analizar cómo diseñar políticas del agua adecuadas al contexto, considerando diferentes trayectorias de desarrollo y escenarios futuros.
Idea fundamental	• No existe una única política hídrica óptima, depende del contexto. • Las decisiones deben adaptarse a cambios futuros e incertidumbre. • Es clave evaluar distintas trayectorias de política antes de implementarlas. • La gobernanza flexible permite responder mejor a crisis hídricas.
Cita clave	Las políticas del agua deben ser adecuadas al propósito y al contexto específico.
Redacción propia	El documento plantea que no basta con copiar modelos exitosos de otros países, sino que las políticas deben diseñarse según las condiciones locales y adaptarse en el tiempo.

¿Para qué sirve?	Diseñar políticas públicas más robustas y adaptativas frente a la incertidumbre climática y social.
Aplicación en hidráulica	Evaluación de escenarios, planificación de largo plazo, diseño de estrategias de gestión del agua.
Material relevante	Enfoques de planificación adaptativa, análisis de trayectorias, evaluación de políticas y toma de decisiones bajo incertidumbre.

17	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Juan Antonio Rodríguez Díaz, Emilio Camacho Poyato y Víctor Manuel Olmedo Vázquez Universidad de Córdoba España, José Luis Minjares Lugo Comisión Nacional de Agua (Conagua) México, , María Leticia Hernández Hernández Centro Regional Universitario del Noroeste (CRUNO) México, E-mail address: olmedovazquez@gmail.com jose.minjares@conagua.gob.mx hernandez.leticia710@gmail.com* **Asignatura 10 Bibliografía de apoyo** Máster of Water Management 2024 - *Uso de DEA para evaluar eficiencia en riego.*
Palabras claves:	DEA; eficiencia técnica; riego; productividad; análisis comparativo.
Tema central	Evaluar la eficiencia en el uso del agua de riego mediante el método Análisis Envolvente de Datos (DEA).
Idea fundamental	• La eficiencia en riego puede medirse comparando unidades productivas similares. • DEA permite identificar unidades eficientes e ineficientes sin requerir una función de producción explícita. • Existen brechas significativas en el uso eficiente del agua entre usuarios. • Mejorar la eficiencia no siempre implica más infraestructura, sino mejor gestión.
Cita clave	DEA permite evaluar la eficiencia relativa de unidades de decisión en el uso del recurso hídrico.
Redacción propia	El documento muestra que no todos usan el agua igual de bien, y que con herramientas como DEA se puede identificar quién lo hace mejor y replicar esas prácticas.
¿Para qué sirve?	Detectar ineficiencias, mejorar la gestión del riego y optimizar el uso del agua.
Aplicación en hidráulica	Evaluación de sistemas de riego, gestión de recursos hídricos agrícolas y análisis de desempeño.
Material relevante	Metodología DEA, indicadores de eficiencia, comparación entre unidades y resultados aplicados.

18	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*A Six Sigma Approach to Water Savings* *1 PG Student, Saraswati College of Engineering, Kharghar, Navi Mumbai, email: gopal.buchade@gmail.com* *2 Professor, Bharati Vidyapeeth College of Engineering, Navi Mumbai, email: shivanandteli@yahoo.com* *3 Principal, Lokmanya Tilak College of Engineering, Navi Mumbai, email: vivek.yakkundi@gmail.com* *4 Principal, St. John College of Engineering and Management, Palghar, email: gvmulgund@gmail.com* **L02 asignatura 11** Máster of Water Management 2024 - *Ahorro de agua con el enfoque Six Sigma.*
Palabras claves:	Six Sigma; DMAIC; pérdidas de agua; eficiencia hídrica; fugas; gestión de demanda.
Tema central	Reducir pérdidas de agua en sistemas de distribución mediante la aplicación de la metodología Six Sigma.
Idea fundamental	• Las pérdidas de agua en sistemas de distribución representan un problema significativo a nivel global. • La metodología DMAIC permite identificar causas raíz y reducir la variabilidad en el sistema. • La sectorización mediante DMA y el análisis de caudales nocturnos son claves para detectar fugas. • La mejora en eficiencia hídrica puede lograrse con medidas operativas y de gestión, no solo con inversión en infraestructura.
Cita clave	Six Sigma puede ser utilizado para reducir pérdidas de agua y mejorar la eficiencia mediante un enfoque basado en datos.
Redacción propia	El estudio demuestra que las pérdidas de agua no son solo un problema físico, sino de gestión. Con un método ordenado como Six Sigma, se pueden detectar fallas y corregirlas eficazmente.
¿Para qué sirve?	Identificar pérdidas, optimizar el uso del agua y mejorar la eficiencia en sistemas de distribución.
Aplicación en hidráulica	Diseño y operación de redes de distribución, gestión de pérdidas en riego y agua potable, y optimización de sistemas hidráulicos.
Material relevante	Metodología DMAIC, análisis de fugas, caudal nocturno mínimo, sectorización (DMA) y auditorías de eficiencia hídrica.

19	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Chen L, Huang K, Zhou J, Duan H-F, Zhang J, Wang D, Qiu H, Multiple-risk assessment of water supply, hydropower and environment nexus in the water resources system, Journal of Cleaner Production (2020), doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122057.* **Asignatura 12 Bibliografía de apoyo** Máster of Water Management 2024 - *Modelación y análisis de sistemas hídricos.*
Palabras claves:	Nexo agua-energía-ambiente; hidroelectricidad; riesgo; recursos hídricos; modelación; sostenibilidad.
Tema central	Evaluar los riesgos asociados a la interacción entre abastecimiento de agua, generación hidroeléctrica y necesidades ambientales en sistemas de recursos hídricos.
Idea fundamental	• Existe una fuerte interdependencia entre agua disponible, generación hidroeléctrica y requerimientos ambientales. • El aumento en generación hidroeléctrica puede incrementar el riesgo de escasez de agua para otros usos. • La asignación del agua genera trade-offs entre consumo humano, energía y conservación ambiental. • Modelos multivariados permiten evaluar riesgos conjuntos en sistemas hídricos complejos.
Cita clave	El incremento en la generación hidroeléctrica puede aumentar el riesgo de insuficiencia en el suministro de agua y afectar el ambiente.
Redacción propia	El estudio muestra que el agua no puede gestionarse por separado: producir energía, abastecer a la población y proteger el ambiente compiten por el mismo recurso, generando conflictos inevitables.
¿Para qué sirve?	Evaluar riesgos en la planificación hídrica y apoyar decisiones sobre asignación del agua en contextos de múltiples usos.
Aplicación en hidráulica	Operación de embalses, planificación de cuencas, evaluación de proyectos hidroeléctricos y gestión integrada de recursos hídricos.
Material relevante	Modelos probabilísticos multivariados, análisis de riesgo, variables W (agua), P (hidroelectricidad) y E (ambiente), y estudio de caso en la cuenca del Yangtsé.

20	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal. E-mail addresses: hermilio.vilarinho@inesctec.pt (H. Vilarinho), miguelalvespereira@tecnico.ulisboa.pt (M.A. Pereira), giovanna.dinverno@unipi.it (G. D'Inverno), hnovoa@fe.up.pt (H. Nóvoa), acamanho@fe.up.pt (A.S. Camanho). https://doi.org/10.1016/j.seps.2023.101797*

	L02 asignatura 13 Máster of Water Management 2024 - *Evaluación de servicios sanitarios*
Palabras claves:	Calidad de servicio; empresas sanitarias; indicadores; desempeño; índice; agua potable.
Tema central	Desarrollar un índice que permita evaluar la calidad del servicio entregado por empresas de agua potable mediante indicadores integrados.
Idea fundamental	• La calidad del servicio de agua puede medirse mediante indicadores cuantificables. • Un índice integrado permite evaluar el desempeño global de una empresa sanitaria. • La calidad del servicio incluye dimensiones técnicas, operativas y de atención al usuario. • La medición del desempeño permite comparar empresas y detectar brechas de gestión.
Cita clave	Un índice de calidad de servicio permite evaluar de manera integral el desempeño de las empresas de agua.
Redacción propia	El documento plantea que no basta con que el agua llegue, sino que debe hacerlo con calidad, continuidad y buen servicio, lo que puede medirse mediante indicadores claros.
¿Para qué sirve?	Evaluar desempeño de empresas sanitarias, mejorar la calidad del servicio y apoyar decisiones regulatorias.
Aplicación en hidráulica	Gestión de sistemas de agua potable, evaluación de operación de redes y control de desempeño en servicios sanitarios.
Material relevante	Índices de calidad de servicio, indicadores de continuidad, presión, calidad del agua y satisfacción del usuario.

21	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Human Sciences Research Council, 116-118 Buitengracht Street, 8001 Cape Town, South Africa. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.08.011* **L02 asignatura 14** Máster of Water Management 2024 - *Innovación en el sector hídrico en Sudáfrica.*
Palabras claves:	Innovación hídrica; difusión tecnológica; escasez de agua; cadena de valor; gestión integrada; barreras de adopción.
Tema central	Analizar el desarrollo de innovaciones en el sector hídrico de Sudáfrica y las barreras que limitan su adopción y masificación.
Idea fundamental	• Sudáfrica posee alta capacidad de innovación en el sector hídrico, especialmente en tecnologías de tratamiento.

	• Existe una brecha entre el desarrollo de innovaciones y su implementación a gran escala. • Las principales barreras son financiamiento, validación técnica y altos costos de adopción. • La innovación debe abordarse a lo largo de toda la cadena de valor del agua, desde captación hasta tratamiento y uso.
Cita clave	La innovación hídrica existe, pero su difusión es limitada por barreras económicas, técnicas e institucionales.
Redacción propia	El estudio muestra que no basta con innovar: el verdadero problema es lograr que esas soluciones lleguen a implementarse masivamente en el sistema hídrico.
¿Para qué sirve?	Identificar brechas entre desarrollo tecnológico y aplicación real, y mejorar estrategias de implementación de innovaciones.
Aplicación en hidráulica	Evaluación de tecnologías de tratamiento, planificación de soluciones innovadoras y gestión de sistemas hídricos con enfoque integral.
Material relevante	Teoría de difusión de innovación, análisis de la cadena de valor del agua, barreras de adopción y casos de tecnologías aplicadas (tratamiento, ahorro y distribución).

22	**TIPO de lectura (Fundamental).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Pedro ARROJO AGUDO, Estrella BERNAL CUENCA, Javier FERNÁNDEZ COMUÑAS, Jesús María LÓPEZ GRACIA Departamento de Análisis Económico Universidad de Zaragoza.* **Asignatura 14 Bibliografía de apoyo** Máster of Water Management 2024 - *El análisis coste-beneficio y su vigencia relativa en la valoración de grandes proyectos hidráulicos.*
Palabras claves:	Análisis coste-beneficio; proyectos hidráulicos; rentabilidad; evaluación económica; externalidades; subsidios.
Tema central	Evaluar la validez y limitaciones del análisis coste-beneficio en la valoración de grandes proyectos hidráulicos, especialmente en regadío.
Idea fundamental	• El análisis coste-beneficio es útil, pero ha sido mal aplicado en muchos proyectos hidráulicos. • Muchos estudios sobreestiman beneficios al usar indicadores incorrectos o incluir efectos que no corresponden. • Al aplicar correctamente la metodología (sin subsidios y con costos reales), muchos proyectos resultan no rentables. • El análisis económico tradicional no incorpora adecuadamente impactos ambientales y sociales.
Cita clave	Los balances de estos estudios coste-beneficio resultan demoledoramente negativos en grandes proyectos hidráulicos.

Redacción propia	El documento demuestra que muchos proyectos hidráulicos parecen rentables solo en el papel, pero al analizarlos correctamente, sin distorsiones, resultan económicamente inviables.
¿Para qué sirve?	Evaluar correctamente la rentabilidad de proyectos y evitar decisiones basadas en estudios mal formulados.
Aplicación en hidráulica	Evaluación de embalses, proyectos de riego, infraestructura hídrica y análisis de inversión pública.
Material relevante	Metodología de análisis coste-beneficio, uso de valores de oportunidad, tasa de descuento, identificación de costos/beneficios y análisis crítico de casos reales.

23	**TIPO de lectura (Fundamental).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Ley 18450 APRUEBA NORMAS PARA EL FOMENTO DE LA INVERSION PRIVADA EN OBRAS DE RIEGO Y DRENAJE* Fecha Publicación: 30-OCT-1985 | Fecha Promulgación: 22-OCT-1985. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile - www.leychile.cl MINISTERIO DE AGRICULTURA.
Palabras claves:	Ley 18.450; riego; bonificación; fomento; eficiencia hídrica; inversión privada.
Tema central	Incentivar la inversión privada en obras de riego y drenaje mediante bonificaciones estatales para mejorar la eficiencia en el uso del agua.
Idea fundamental	• El Estado subsidia parcialmente proyectos de riego para fomentar la inversión privada. • La ley busca mejorar la eficiencia del uso del agua en la agricultura. • Se financian obras como tecnificación de riego, acumulación y conducción de aguas. • El sistema opera mediante concursos públicos evaluados técnica y económicamente.
Cita clave	La ley promueve el desarrollo de obras de riego mediante bonificaciones a la inversión privada.
Redacción propia	La ley establece que el desarrollo del riego en Chile no depende solo del Estado, sino de incentivar a los privados mediante subsidios bien focalizados.
¿Para qué sirve?	Fomentar el desarrollo agrícola, mejorar la eficiencia hídrica y apoyar la inversión en infraestructura de riego.
Aplicación en hidráulica	Diseño y evaluación de proyectos de riego, tecnificación, obras de conducción y almacenamiento de agua.
Material relevante	

	Sistema de concursos, criterios de evaluación, tipos de obras bonificables y porcentajes de subsidio.

24	**TIPO de lectura (Fundamental).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Ley N° 21.597 MODIFICA Y PRORROGA LA VIGENCIA DE LA LEY Nº18.450, QUE APRUEBA NORMAS PARA EL FOMENTO DE LA INVERSIÓN PRIVADA EN OBRAS DE RIEGO Y DRENAJE. Fecha Publicación: 26-SEP-2023 /Fecha Promulgación: 08-SEP-2023* Biblioteca del Congreso Nacional de Chile - www.leychile.cl MINISTERIO DE AGRICULTURA.
Palabras claves:	Ley 21.597; modernización; riego; eficiencia hídrica; cambio climático; sostenibilidad.
Tema central	Actualizar el sistema de fomento al riego incorporando criterios de sostenibilidad, eficiencia hídrica y adaptación al cambio climático.
Idea fundamental	• La ley incorpora el cambio climático como eje central en la planificación del riego. • Se priorizan proyectos que mejoren la eficiencia en el uso del agua. • Se amplía el enfoque hacia la sostenibilidad ambiental y la seguridad hídrica. • Se fortalecen criterios de focalización para pequeños y medianos agricultores.
Cita clave	La modernización del sistema de riego debe orientarse a un uso más eficiente y sostenible del recurso hídrico.
Redacción propia	La ley adapta el modelo tradicional de riego a un nuevo escenario: menos agua disponible y mayor presión por usarla bien, obligando a priorizar eficiencia y sostenibilidad.
¿Para qué sirve?	Mejorar el sistema de bonificaciones al riego, incorporando criterios modernos de gestión del agua y adaptación climática.
Aplicación en hidráulica	Evaluación de proyectos con enfoque de eficiencia, sostenibilidad, tecnificación y adaptación al cambio climático.
Material relevante	Nuevos criterios de evaluación, enfoque en eficiencia hídrica, priorización de usuarios vulnerables y adaptación al cambio climático.

25	**TIPO de lectura (Fundamental).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*LEY 21455 LEY MARCO DE CAMBIO CLIMÁTICO, Fecha Publicación: 13-JUN-2022 / Fecha Promulgación: 30-MAY-2022.* Biblioteca del Congreso Nacional de Chile - www.leychile.cl MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.

Palabras claves:	Cambio climático; carbono neutralidad; adaptación; mitigación; resiliencia; gestión hídrica.
Tema central	Establecer un marco legal para enfrentar el cambio climático mediante medidas de mitigación y adaptación a nivel nacional, sectorial y local.
Idea fundamental	• La ley fija como meta la carbono neutralidad de Chile al año 2050. • Se establecen instrumentos de gestión climática como planes sectoriales y regionales. • La adaptación al cambio climático es obligatoria, especialmente en sectores vulnerables como el recurso hídrico. • Se promueve la integración del cambio climático en la planificación y toma de decisiones públicas.
Cita clave	El Estado debe incorporar la mitigación y adaptación al cambio climático en todas sus políticas e instrumentos de planificación.
Redacción propia	La ley establece que el cambio climático deja de ser un tema ambiental aislado y pasa a ser una obligación transversal en todas las decisiones del Estado.
¿Para qué sirve?	Guiar políticas públicas, reducir emisiones y fortalecer la adaptación frente a impactos climáticos.
Aplicación en hidráulica	Planificación de recursos hídricos, diseño de infraestructura resiliente, gestión de sequías y adaptación de sistemas de riego.
Material relevante	Estrategia climática de largo plazo, planes sectoriales de mitigación y adaptación, metas de carbono neutralidad y herramientas de gestión climática.

26	**TIPO de lectura (Fundamental).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Decreto 95 APRUEBA NUEVO REGLAMENTO DE LA LEY Nº 18.450 DE FOMENTO A LA INVERSIÓN PRIVADA EN OBRAS DE RIEGO Y DRENAJE, MODIFICADA POR LA LEY Nº 20.705. Fecha Publicación: 23-ABR-2015 / Fecha Promulgación: 17-JUL-2014* Biblioteca del Congreso Nacional de Chile - www.leychile.cl MINISTERIO DE AGRICULTURA.
Palabras claves:	Reglamento; Ley 18.450; riego; bonificación; concursos; CNR; evaluación de proyectos.
Tema central	Establecer las disposiciones y procedimientos para la correcta aplicación de la Ley 18.450 en la bonificación de proyectos de riego y drenaje.
Idea fundamental	• El reglamento define los requisitos técnicos y administrativos para postular a bonificaciones. • Establece el funcionamiento del sistema de concursos públicos para asignar recursos. • Determina criterios de evaluación técnica, económica y social de los proyectos.

	• Regula el rol de la Comisión Nacional de Riego (CNR) en la administración del sistema.
Cita clave	El reglamento establece los procedimientos y requisitos para acceder a los beneficios de la Ley de Fomento al Riego.
Redacción propia	El decreto aterriza la ley: pasa del "qué se quiere hacer" al "cómo se hace", definiendo reglas claras para postular, evaluar y ejecutar proyectos de riego.
¿Para qué sirve?	Operativizar la Ley 18.450, asegurando transparencia, correcta evaluación y asignación de recursos públicos.
Aplicación en hidráulica	Formulación y evaluación de proyectos de riego, cumplimiento normativo, diseño técnico y postulación a concursos de la CNR.
Material relevante	Bases de concursos, criterios de evaluación, requisitos técnicos, procedimientos administrativos y rol institucional de la CNR.

27	**TIPO de lectura (Fundamental).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Decreto 40 APRUEBA REGLAMENTO DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. Fecha Publicación: 12-AGO-2013 | Fecha Promulgación: 30-OCT-2012* Biblioteca del Congreso Nacional de Chile - www.leychile.cl MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.
Palabras claves:	SEIA; evaluación ambiental; impacto ambiental; RCA; DIA; EIA; permisos ambientales.
Tema central	Regular el funcionamiento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), estableciendo procedimientos para evaluar proyectos susceptibles de generar impacto ambiental.
Idea fundamental	• Todo proyecto que pueda generar impacto ambiental debe ingresar al SEIA. • Existen dos vías de ingreso: Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o Estudio de Impacto Ambiental (EIA). • La evaluación ambiental busca prevenir, mitigar, compensar o reparar impactos negativos. • El proceso culmina con una Resolución de Calificación Ambiental (RCA), que aprueba o rechaza el proyecto.
Cita clave	Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
Redacción propia	El decreto establece que ningún proyecto relevante puede ejecutarse sin antes demostrar que sus impactos ambientales están controlados o gestionados adecuadamente.
¿Para qué sirve?	Evaluar impactos ambientales, asegurar cumplimiento normativo y resguardar el medio ambiente en el desarrollo de proyectos.

Aplicación en hidráulica	Evaluación de embalses, canales, obras de riego, drenaje urbano y cualquier infraestructura que interactúe con el medio ambiente.
Material relevante	Procedimientos del SEIA, criterios de ingreso, contenido de DIA/EIA, participación ciudadana y obtención de RCA.

28	**TIPO de lectura (Fundamental).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Decreto 16 APRUEBA PLAN SECTORIAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DEL SECTOR SILVOAGROPECUARIO EN EL MARCO DE LA LEY N° 21.455 Publicación: 11-DIC-2025 Promulgación: 23-JUL-2024* Biblioteca del Congreso Nacional de Chile - www.leychile.cl MINISTERIO DE AGRICULTURA.
Palabras claves:	Adaptación; cambio climático; sector silvoagropecuario; resiliencia; recursos hídricos; planificación
Tema central	Establecer lineamientos y medidas para adaptar el sector silvoagropecuario a los impactos del cambio climático, especialmente en disponibilidad hídrica.
Idea fundamental	• El cambio climático afecta directamente la disponibilidad y gestión del recurso hídrico en el sector agrícola. • Se promueve la implementación de medidas de adaptación para aumentar la resiliencia productiva. • La gestión eficiente del agua es un eje central del plan. • Se requiere coordinación institucional para implementar medidas de adaptación a distintas escalas.
Cita clave	El sector silvoagropecuario debe adaptarse a los impactos del cambio climático mediante una gestión sostenible de los recursos naturales.
Redacción propia	El plan reconoce que el agua no está garantizada como antes, por lo que el sector agrícola debe adaptarse activamente para seguir siendo viable.
¿Para qué sirve?	Guiar políticas, programas y proyectos que permitan reducir la vulnerabilidad del sector frente al cambio climático.
Aplicación en hidráulica	Diseño de sistemas de riego resilientes, gestión de sequías, planificación hídrica y optimización del uso del agua en agricultura.
Material relevante	Medidas de adaptación, diagnósticos de vulnerabilidad, estrategias sectoriales, gestión del recurso hídrico y coordinación institucional.

29	**TIPO de lectura (Fundamental).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Resolución 384 EXENTA APRUEBA LA CREACIÓN, CONFORMACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL GRUPO TÉCNICO INTERMINISTERIAL DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA EN CHILE (SBN). Fecha Publicación: 16-FEB-2026 | Fecha Promulgación: 23-ENE-2026* Biblioteca del Congreso Nacional de Chile - www.leychile.cl MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.
Palabras claves:	Soluciones basadas en la naturaleza; Sbn; gobernanza; coordinación interministerial; cambio climático; sostenibilidad
Tema central	Establecer un grupo técnico interministerial para coordinar, promover e implementar soluciones basadas en la naturaleza en Chile.
Idea fundamental	• Las soluciones basadas en la naturaleza requieren coordinación entre distintos sectores del Estado. • Se crea una instancia formal para articular políticas públicas en torno a Sbn. • Las Sbn son clave para enfrentar el cambio climático y mejorar la resiliencia. • La institucionalidad es fundamental para escalar la implementación de estas soluciones.
Cita clave	Se establece un grupo técnico para promover la implementación de soluciones basadas en la naturaleza en la gestión pública.
Redacción propia	La resolución reconoce que las Sbn no pueden avanzar solas, sino que necesitan coordinación real entre ministerios para pasar del discurso a la implementación.
¿Para qué sirve?	Coordinar acciones del Estado, promover Sbn y fortalecer la implementación de soluciones sostenibles frente al cambio climático.
Aplicación en hidráulica	Integración de soluciones naturales en drenaje urbano, control de inundaciones, gestión de cuencas y planificación hídrica.
Material relevante	Estructura del grupo técnico, funciones, coordinación interministerial y lineamientos para implementación de Sbn.

30	**TIPO de lectura (Especifica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Solar Energy Advancements in Agriculture and Food Production Systems, Chapter 5 Agrivoltaics: solar power* *generation and food production. Max Trommsdorff, Ipsa Sweta Dhal, ... Christine Rösch Pages 159-210.* ***"Avances en la energía solar en la agricultura y los sistemas de producción de alimentos, Capítulo 5: Agrivoltaica: generación de energía solar y producción de alimentos"*** *https://biblioteca.usm.cl* *https://www.sciencedirect.com/* *https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89866-9.00012-2*

Palabras claves:	Energía solar; agricultura sostenible; riego; agrivoltaica; desalación; eficiencia energética.
Tema central	Analizar el uso de tecnologías solares avanzadas para mejorar la productividad y sostenibilidad en sistemas agrícolas y de producción de alimentos.
Idea fundamental	• La energía solar permite reducir la dependencia de combustibles fósiles en la agricultura. • Tecnologías como bombeo solar, riego y desalación amplían la disponibilidad de agua para uso agrícola. • Conceptos como agrivoltaica y acuavoltaica integran producción de energía y alimentos en un mismo sistema. • La adopción de estas tecnologías mejora la sostenibilidad y eficiencia del sistema productivo agrícola.
Cita clave	La energía solar ofrece soluciones sostenibles e innovadoras para la agricultura moderna.
Redacción propia	El documento muestra que la energía no es un límite para el riego o la producción agrícola, sino una oportunidad para hacer sistemas más eficientes y sostenibles.
¿Para qué sirve?	Mejorar la productividad agrícola, reducir costos energéticos y avanzar hacia sistemas de producción más sostenibles.
Aplicación en hidráulica	Sistemas de bombeo solar, riego tecnificado, desalación para riego y gestión eficiente del agua en agricultura.
Material relevante	Tecnologías solares aplicadas (bombeo, invernaderos, desalación), agrivoltaica, automatización agrícola y análisis económico-ambiental.

31	**TIPO de lectura (Fundamental).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Nature-based solutions for water management: Pluridisciplinary state-of-the-art and research needs E-mail address: freddy.rey@inrae.fr (F. Rey).* ***"Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua: necesidades pluridisciplinarias de vanguardia e investigación"*** https://biblioteca.usm.cl https://www.sciencedirect.com/ https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2025.107887
Palabras claves:	NbS; gestión del agua; cambio climático; ingeniería ecológica; sostenibilidad; gobernanza
Tema central	Analizar el rol de las soluciones basadas en la naturaleza (NbS) como estrategia para enfrentar desafíos en la gestión del agua.
Idea fundamental	• Las NbS permiten gestionar el agua mediante la conservación y restauración de ecosistemas. • Integran beneficios ambientales y sociales, incluyendo biodiversidad y resiliencia climática.

	• Existen barreras importantes para su implementación, como falta de conocimiento y adopción. • Se requiere un enfoque multidisciplinario y coordinación entre actores para su implementación efectiva.
Cita clave	Las soluciones basadas en la naturaleza permiten enfrentar desafíos sociales y ambientales de forma integrada.
Redacción propia	El paper muestra que la naturaleza no es solo un complemento, sino una herramienta real de gestión hídrica, pero que su implementación falla si no hay coordinación y conocimiento técnico adecuado.
¿Para qué sirve?	Diseñar estrategias sostenibles de gestión del agua que integren beneficios ambientales, sociales y económicos.
Aplicación en hidráulica	Drenaje urbano sostenible, control de inundaciones, restauración de cuencas y gestión integrada del recurso hídrico.
Material relevante	Concepto de NbS, relación con ingeniería ecológica, barreras de implementación, enfoques multidisciplinarios y estrategias de gobernanza.

32	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Effectiveness of nature-based solutions to address water challenges in the Greater Mekong Subregion: a systematic mapping. E-mail address: ridhi.saluja@sei.org (R. Saluja).* ***"Eficacia de las soluciones basadas en la naturaleza para hacer frente a los problemas del agua en la subregión del Gran Mekong: un mapeo sistemático"*** *https://biblioteca.usm.cl* *https://www.sciencedirect.com/* *https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2025.100283*
Palabras claves:	NbS; gestión del agua; evaluación de efectividad; gobernanza; resiliencia; adaptación climática
Tema central	Evaluar la efectividad de las soluciones basadas en la naturaleza (NbS) para enfrentar desafíos hídricos en la región del Mekong mediante revisión sistemática de estudios.
Idea fundamental	• Las NbS son una herramienta prometedora para abordar problemas como inundaciones, sequías y erosión. • Existe una falta de evidencia sólida y monitoreo a largo plazo sobre su efectividad. • La implementación de NbS está fuertemente influenciada por factores de gobernanza y contexto político. • Hay brechas territoriales importantes en la investigación y aplicación de NbS en la región.
Cita clave	La efectividad de las NbS sigue siendo difícil de evaluar debido a la falta de monitoreo y evidencia sistemática.

Redacción propia	El estudio muestra que las NbS funcionan, pero el problema no es técnico sino de implementación: falta evidencia, seguimiento y buena gobernanza para escalarlas correctamente.
¿Para qué sirve?	Evaluar qué tan efectivas son las NbS y mejorar su implementación en políticas y proyectos hídricos.
Aplicación en hidráulica	Diseño de soluciones naturales para control de inundaciones, gestión de cuencas y adaptación climática basada en ecosistemas.
Material relevante	Revisión sistemática, análisis regional, evaluación de efectividad, rol de gobernanza y brechas de implementación.

33	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*A theoretical framework for vineyard irrigation management using AI-driven sensor systems. Corresponding author. Tel.: +39-389-794-4505; fax: +39-0832-29-7040. E-mail address: pierpaolo.miglietta@unisalento.it* ***"Un marco teórico para la gestión del riego de viñedos utilizando sistemas de sensores impulsados por IA"*** *https://biblioteca.usm.cl* *https://www.sciencedirect.com/* https://doi.org/10.1016/j.procs.2026.02.109
Palabras claves:	Modelación; inteligencia artificial; análisis de datos; optimización; sistemas computacionales.
Tema central	Desarrollar un enfoque computacional para analizar, modelar o optimizar sistemas complejos mediante herramientas de inteligencia artificial o análisis de datos.
Idea fundamental	• Los métodos computacionales permiten analizar grandes volúmenes de datos y detectar patrones complejos. • Las técnicas de inteligencia artificial mejoran la capacidad predictiva frente a métodos tradicionales. • La modelación permite optimizar decisiones en sistemas complejos bajo múltiples variables. • La calidad de los resultados depende fuertemente de los datos disponibles y su procesamiento.
Cita clave	Los enfoques basados en datos permiten mejorar la toma de decisiones en sistemas complejos mediante modelación y análisis avanzado.
Redacción propia	El documento muestra que hoy la diferencia no está solo en diseñar sistemas, sino en usar datos e inteligencia artificial para entenderlos y optimizarlos mejor.
¿Para qué sirve?	Mejorar la toma de decisiones, optimizar procesos y analizar sistemas complejos mediante herramientas computacionales.
Aplicación en hidráulica	

	Modelación hidrológica, optimización de redes, predicción de caudales y apoyo a la gestión de recursos hídricos mediante datos.
Material relevante	Algoritmos de análisis de datos, modelos predictivos, técnicas de inteligencia artificial y herramientas de optimización.

34	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Soil moisture forecasting from sensors-based soil moisture, weather and irrigation observations: A systematic review. E-mail address: iivanova@fbk.eu* ***"Previsión de la humedad del suelo a partir de la humedad del suelo basada en sensores, el clima y las observaciones de riego: una revisión sistemática"*** *https://biblioteca.usm.cl* *https://www.sciencedirect.com/* https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100692
Palabras claves:	Humedad del suelo; predicción; sensores; IoT; inteligencia artificial; riego inteligente.
Tema central	Analizar métodos para predecir la humedad del suelo utilizando datos de sensores, clima y riego, con apoyo de inteligencia artificial.
Idea fundamental	• La humedad del suelo es clave para la toma de decisiones en riego y productividad agrícola. • El uso de sensores (IoT) permite recopilar datos continuos sobre condiciones del suelo y clima. • Modelos de inteligencia artificial permiten predecir la humedad futura del suelo con mayor precisión. • Aún no existe una metodología estandarizada para desarrollar y evaluar estos modelos.
Cita clave	La predicción de humedad del suelo permite apoyar decisiones de riego basadas en datos.
Redacción propia	El estudio muestra que el riego no debería basarse en intuición, sino en datos medidos y modelos predictivos que permiten anticiparse a las necesidades del cultivo.
¿Para qué sirve?	Optimizar el riego, reducir consumo de agua y mejorar la productividad agrícola mediante decisiones basadas en datos.
Aplicación en hidráulica	Programación de riego, gestión eficiente del agua en agricultura, modelación hidrológica a escala de parcela y sistemas de riego inteligente.
Material relevante	Sensores IoT, variables climáticas, modelos predictivos (IA/ML), integración de datos y revisión sistemática de metodologías (PRISMA).

35	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*A comprehensive and systematic study in smart drip and sprinkler irrigation systems. E-mail address: manan.shah@spt.pdpu.ac.in (M. Shah).* ***"Un estudio exhaustivo y sistemático en sistemas inteligentes de riego por goteo y aspersores"*** *https://biblioteca.usm.cl* *https://www.sciencedirect.com/* https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100303
Palabras claves:	Riego inteligente; goteo; aspersión; IoT; eficiencia hídrica; agricultura de precisión.
Tema central	Analizar sistemas de riego inteligente (goteo y aspersión) integrados con tecnologías IoT para mejorar la eficiencia y productividad agrícola.
Idea fundamental	• El riego tiene un impacto directo en la productividad agrícola y uso del agua. • El riego por goteo permite un uso más eficiente del agua al aplicarla directamente en la raíz. • Los sistemas IoT permiten automatizar el riego mediante sensores y datos en tiempo real. • La combinación de tecnologías inteligentes mejora rendimiento, reduce trabajo manual y optimiza recursos.
Cita clave	Los sistemas de riego inteligentes pueden aumentar la productividad y ahorrar agua mediante automatización y monitoreo.
Redacción propia	El documento muestra que el riego moderno no es solo infraestructura, sino un sistema inteligente que combina tecnología, datos y automatización para usar mejor el agua.
¿Para qué sirve?	Optimizar el uso del agua en agricultura, aumentar la productividad y avanzar hacia sistemas de riego más eficientes y automatizados.
Aplicación en hidráulica	Diseño de sistemas de riego tecnificado, automatización de redes, gestión de agua en agricultura y riego de precisión.
Material relevante	Comparación entre riego por goteo y aspersión, tecnologías IoT, sensores, automatización y análisis de eficiencia hídrica.

36	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Design and construction of floating modular photovoltaic system for water reservoirs. E-mail address: ceeangkk@nus.edu.sg (K.K. Ang).* ***"Diseño y construcción de un sistema fotovoltaico modular flotante para embalses de agua"*** *https://biblioteca.usm.cl* *https://www.sciencedirect.com/* *https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116549*

Palabras claves:	Energía solar; fotovoltaico flotante; embalses; evaporación; eficiencia energética; innovación.
Tema central	Diseñar y evaluar un sistema fotovoltaico flotante modular instalado sobre embalses para generación de energía y mejora en la gestión hídrica.
Idea fundamental	• Los sistemas fotovoltaicos flotantes permiten generar energía sin ocupar suelo agrícola o urbano. • La cobertura parcial del embalse reduce la evaporación del agua. • El diseño modular facilita la instalación, operación y escalabilidad del sistema. • Existe una sinergia entre generación energética y gestión eficiente del recurso hídrico.
Cita clave	Los sistemas fotovoltaicos flotantes ofrecen beneficios simultáneos en generación energética y conservación del agua.
Redacción propia	El estudio demuestra que un embalse no es solo almacenamiento de agua, sino también una plataforma para generar energía y reducir pérdidas por evaporación.
¿Para qué sirve?	Generar energía renovable, reducir evaporación en embalses y optimizar el uso del recurso hídrico.
Aplicación en hidráulica	Gestión de embalses, integración energía–agua, reducción de pérdidas por evaporación y apoyo energético a sistemas de riego.
Material relevante	Diseño modular, estructuras flotantes, rendimiento energético, reducción de evaporación y evaluación técnico-económica.

37	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Evaporation mitigation using floating modular devicesCorresponding author. Tel.: +61 2 8071 9833; fax: +61 2 9949 4188. E-mail addresses: m.hassan@unsw.edu.au (M.M. Hassan)* ***"Mitigación de la evaporación mediante dispositivos modulares flotantes"*** *https://biblioteca.usm.cl* *https://www.sciencedirect.com/* *https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.10.027*
Palabras claves:	Evaporación; embalses; cubiertas flotantes; conservación de agua; eficiencia hídrica; pérdidas
Tema central	Evaluar el uso de dispositivos modulares flotantes para reducir las pérdidas de agua por evaporación en embalses.
Idea fundamental	• La evaporación representa una pérdida significativa de agua en embalses, especialmente en climas áridos. • Las cubiertas flotantes reducen la exposición directa del agua a radiación solar y viento.

	• Los sistemas modulares permiten adaptarse a distintas geometrías y tamaños de embalses. • Existe un balance entre reducción de evaporación, costos de implementación y mantenimiento.
Cita clave	Las cubiertas flotantes modulares pueden reducir significativamente las pérdidas por evaporación en embalses.
Redacción propia	El estudio demuestra que una solución relativamente simple, como cubrir parcialmente un embalse, puede tener un impacto grande en la conservación del agua.
¿Para qué sirve?	Reducir pérdidas de agua, mejorar la eficiencia de almacenamiento y aumentar la disponibilidad hídrica.
Aplicación en hidráulica	Diseño y operación de embalses, gestión de recursos hídricos en zonas áridas y optimización del almacenamiento de agua.
Material relevante	Dispositivos flotantes modulares, reducción de evaporación, análisis experimental y evaluación costo-beneficio.

38	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Effective monitoring of Noyyal River surface water quality using remote sensing and machine learning and GIS techniques.* ***"Monitoreo eficaz de la calidad de las aguas superficiales de Noyyal River mediante la teledetección y el aprendizaje automático y técnicas de SIG"*** *https://biblioteca.usm.cl* *https://www.sciencedirect.com/* *https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100630*
Palabras claves:	Calidad de agua; teledetección; aprendizaje automático; GIS; monitoreo; ríos
Tema central	Evaluar la calidad del agua superficial del río Noyyal mediante el uso integrado de teledetección, modelos de machine learning y herramientas GIS.
Idea fundamental	• La teledetección permite monitorear la calidad del agua en grandes áreas de forma continua. • Los modelos de machine learning mejoran la estimación de parámetros de calidad del agua. • La integración con GIS facilita el análisis espacial y la identificación de zonas críticas. • Estas herramientas permiten reducir costos y aumentar la eficiencia del monitoreo ambiental.
Cita clave	La combinación de teledetección, machine learning y GIS mejora significativamente el monitoreo de la calidad del agua.
Redacción propia	

	El estudio muestra que no es necesario depender solo de muestreos en terreno, dado que hoy se puede monitorear la calidad del agua de forma continua usando datos satelitales y modelos inteligentes.
¿Para qué sirve?	Monitorear calidad de agua, detectar contaminación y apoyar la gestión ambiental de cuencas.
Aplicación en hidráulica	Gestión de cuencas, monitoreo de ríos, control de contaminación y apoyo a la toma de decisiones en recursos hídricos.
Material relevante	Imágenes satelitales, modelos de machine learning, herramientas GIS, variables de calidad de agua y análisis espacial.

39	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Irrigating underground: Assembling, disassembling, and reassembling the hydraulic fracturing energy-water nexus.* ***"Regar bajo tierra: ensamblar, desmontar y volver a ensamblar el nexo energía-agua de fracturación hidráulica"*** *https://biblioteca.usm.cl* *https://www.sciencedirect.com/* *https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2019.04.028*
Palabras claves:	Nexo agua-energía; fracking; gobernanza; recursos hídricos; política pública; sostenibilidad.
Tema central	Analizar cómo se configura y reconfigura el nexo agua-energía en el contexto del fracking, desde una perspectiva socio-política e institucional.
Idea fundamental	• El fracking requiere grandes volúmenes de agua, generando presión sobre los recursos hídricos. • El nexo agua-energía no es solo técnico, sino también político e institucional. • Las decisiones sobre el uso del agua en energía dependen de relaciones de poder y gobernanza. • El sistema se "reensambla" constantemente según intereses económicos, regulatorios y sociales.
Cita clave	El nexo agua-energía se configura a través de procesos dinámicos de ensamblaje y gobernanza.
Redacción propia	El documento muestra que el uso del agua en energía no es solo un problema técnico, sino una construcción social donde influyen decisiones políticas, económicas y de poder.
¿Para qué sirve?	Entender cómo interactúan agua y energía en contextos complejos y mejorar la toma de decisiones en políticas públicas.

Aplicación en hidráulica	Evaluación de uso del agua en sectores energéticos, análisis de conflictos por recursos hídricos y planificación integrada agua-energía.
Material relevante	Concepto de nexo agua-energía, enfoque socio-técnico, análisis de gobernanza y dinámica de reconfiguración de sistemas.
40	**TIPO de lectura (Específica).**
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	*Portable multiplexed ion-selective sensor for long-term and continuous irrigation water quality monitoring. E-mail address: mohsen.asadnia@mq.edu.au (M. Asadnia).* ***"Sensor selectivo de iones multiplexado portátil para un monitoreo continuo y a largo plazo de la calidad del agua de riego"*** *https://biblioteca.usm.cl https://www.sciencedirect.com/* *https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109455*
Palabras claves:	Sensores; calidad de agua; riego; monitoreo continuo; IoT; iones; agricultura de precisión.
Tema central	Desarrollar un sensor portátil y multiplexado capaz de monitorear en forma continua la calidad del agua de riego mediante medición de iones específicos.
Idea fundamental	• La calidad del agua de riego influye directamente en la productividad y salud del suelo. • Los sensores ion-selectivos permiten medir parámetros específicos (como nutrientes o sales) en tiempo real. • El monitoreo continuo mejora la toma de decisiones frente a cambios en la calidad del agua. • Los sistemas portátiles facilitan su uso en terreno y su integración con tecnologías IoT.
Cita clave	Los sensores portátiles permiten el monitoreo continuo y en tiempo real de la calidad del agua de riego.
Redacción propia	El estudio muestra que no basta con saber cuánta agua aplicas, sino también qué calidad tiene, permitiendo ajustar el riego con mayor precisión.
¿Para qué sirve?	Monitorear calidad de agua, optimizar riego y evitar problemas asociados a salinidad o nutrientes.
Aplicación en hidráulica	Gestión de riego, control de calidad de agua, agricultura de precisión y monitoreo en sistemas hidráulicos agrícolas.
Material relevante	Sensores ion-selectivos, monitoreo continuo, integración con sistemas digitales, análisis de calidad de agua y aplicaciones en riego.

13.3 ANEXO C: GUÍA DESARROLLADA POR CONVENIO CNR-MINISTERIO DE ENERGÍA.

13.3.1 SISTEMAS AGRIVOLTAICOS (AGRI PV) Y SISTEMA FOTOVOLTAICO FLOTANTE (FLOATING PV)"

1. Propósito de los sistemas ERNC innovadores

Suministrar la energía eléctrica necesaria para abastecer el consumo de los equipos de riego, con el objeto de contribuir significativamente a reducir los costos asociados a la demanda de energía eléctrica en riego, al mismo tiempo que contribuye a la transición energética del sector agrícola de una forma más integrada y sustentable. Esta forma de generación de energía debe provenir de fuentes renovables del tipo solar con módulos fotovoltaicos y su diseño debe generar sinergias priorizando la actividad agrícola, es decir que permita dar mayor sostenibilidad, resiliencia y adaptabilidad a los proyectos de riego que se postulen en CNR.

Por lo anterior, los sistemas ERNC innovadores deben cumplir con:

1. **Eficiencia en uso de superficie de riego**: No debe existir pérdida de superficie agrícola destinada al riego debido a la instalación de paneles fotovoltaicos, o que el suelo agrícola originalmente dedicado a la producción de alimentos se destine exclusivamente a la generación de electricidad.
2. **Eficiencia económica/energética:** Ser diseñado con el objeto de reducir parcial o totalmente las necesidades energéticas y los costos de operación de la actividad del riego.
3. **Eficiencia hídrica:** Reducir las pérdidas de agua por evaporación para mejorar la eficiencia en el uso del agua de riego y aumentar la disponibilidad de este recurso.

Estas tecnologías son una alternativa innovadora para evitar la pérdida de superficie en terrenos, aumentando la eficiencia en el uso de la superficie en donde se presente algunas de las siguientes condiciones:

- Alto valor de la tierra agrícola como para cubrirla de paneles fotovoltaico.
- Alto costo de oportunidad por la pérdida de capacidad de producción agrícola.
- Terrenos que no cuenten con suficiente espacio disponible para la instalación de un parque fotovoltaico en suelo.

2. Definiciones de los sistemas ERNC innovadores

Los proyectos que son considerados como sistemas ERNC innovadores son los siguientes:

A) Sistemas fotovoltaicos flotantes (Floating PV):

Son una forma de instalación innovadora de los módulos fotovoltaicos sobre cuerpos de agua que permite aumentar y resguardar el uso de superficie. Esto es posible mediante el empleo de un sistema de flotación modular colaborativo que permite la construcción de una balsa de flotación en la cual los módulos fotovoltaicos pueden ser instalados de forma segura para la generación de electricidad. Para efectos de los proyectos de riego, los Sistemas fotovoltaicos flotantes serán aquellos que se instalen en cuerpos de agua artificiales, es decir, embalses o tranques de riego.

Las principales características de esta tecnología son:

- Permite aprovechar la superficie de cuerpos de agua, tales como, embalses y tranques, que de otro modo no se utilizarían para la generación de energía.
- Mayor eficiencia en generación solar: El agua ayuda a mantener menores temperaturas en los módulos fotovoltaicos, lo que puede aumentar su eficiencia en generación.
- Reducción pérdidas de agua por Evaporación: Al cubrir la superficie del agua, se reduce las pérdidas por evaporación producto de altas temperaturas o del viento.

B) Sistemas Agrivoltaicos (AgriPV):

Corresponden a Sistemas Fotovoltaicos diseñados para que la misma superficie agrícola en la cual se instala permita la generación simultánea de energía eléctrica junto con el crecimiento de cultivos, y donde las actividades agrícolas son priorizadas y consideradas en el diseño para garantizar su vida útil (al menos 10 años). Esto lleva a un aumento de producción y un mayor uso en general de la superficie agrícola.

Las principales características de esta tecnología son:

- Permite aprovechar la superficie agrícola productiva, y aumenta su productividad generando dos productos: alimentos y energía renovable.
- Aumenta la eficiencia en generación solar: Los cultivos ayudan a mantener menores temperaturas en los módulos fotovoltaicos, lo que puede aumentar su eficiencia en generación.
- Reduce pérdidas de agua por evaporación: Al cubrir la superficie del suelo, genera una disminución de las pérdidas por evaporación y evapotranspiración, lo que se traduce en un aumento en la eficiencia del agua para riego.
- Adicionalmente, genera la protección de los cultivos frente a eventos meteorológicos: granizo, sequía, lluvias torrenciales, golpes de calor e incluso es una alternativa que reemplaza el uso de techos plásticos sobre cultivos.

Existen tres tipos de AgriPV para efectos de este concurso:

- AgriPV de techo (o de altura): Diseñado para cultivos de hasta 5 m de altura y en hileras. Solo pueden emplear paneles fotovoltaicos semitransparentes (translucidez de un 30% o superior) o transparentes.
- AgriPV vertical (o de baja altura): Diseñado para cultivos de baja altura en hileras o extensivos. Solo pueden emplear paneles fotovoltaicos bifaciales.
- AgriPV tipo invernadero: Diseño de un invernadero donde su techo es reemplazado con paneles fotovoltaicos semitransparentes (translucidez de un 30% o superior) o transparentes.

3.Condiciones para los sistemas ERNC innovadores

Los proyectos postulados solo pueden ser conectados a la red con generación distribuida para autoconsumo.

El predio no debe tener ERNC preexistente.

El predio debe contar con red eléctrica preexistente con alguna de las empresas de distribución eléctricas de Chile, con un registro de facturaciones eléctricas de 1 año como mínimo. No podrán postular proyectos de riego con menos de 1 año de facturaciones eléctricas al momento de la postulación.

Se deberá presentar el registro de facturación eléctrica correspondiente, al menos, a los últimos 12 meses, de manera de completar un año de consumo energético. Para ello, el postulante deberá adjuntar, al momento de la postulación al concurso, las facturaciones eléctricas del último año en formato PDF.

En aquellos casos en que el proyecto de riego cuente con menos de un año de facturación eléctrica, se deberá presentar un mínimo de 6 facturaciones consecutivas. Asimismo, el postulante deberá proyectar el consumo energético de los equipos de bombeo para los meses restantes, de acuerdo con lo establecido en el numeral 7.2 del presente instructivo para un “Proyecto nuevo”, con el objeto de completar un año de consumo energético y efectuar el correspondiente balance de generación distribuida.

IMPORTANTE: la facturación eléctrica debe indicar claramente el número de cliente y su tarifa asociada, si esta información no es clara será motivo de no admisión.

Se definirá un precio de inyección y de autoconsumo de la energía en función **de los pliegos tarifarios y facturaciones eléctricas actualizado a la fecha de postulación, disponibles en la página web de la empresa de distribución eléctrica local.**

Se debe utilizar el explorador solar de energía del Ministerio de Energía para el cálculo de generación del sistema ERNC innovador.

Los sistemas ERNC innovadores se dimensionarán mediante **balance de generación distribuida**.

El dimensionamiento fotovoltaico solo debe estar en relación con los consumos de riego existentes y proyectados (demanda de energía eléctrica del riego).

Los sistemas fotovoltaicos deberán cumplir con las normativas RGR 01/2024 y RGR 02/2024 respectivamente.

Todos los módulos fotovoltaicos que formen parte de una unidad de generación deberán cumplir con las normas IEC 61730, e IEC 61215 o IEC 61646, según corresponda y deberán ser autorizados por la Superintendencia para tales efectos.

4.Definición de la demanda de energía eléctrica del riego

La demanda de energía eléctrica del riego se compone tanto del riego existente como del proyectado, y será utilizado para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico mediante el Balance de Generación Distribuida.

Para determinar la demanda de energía eléctrica del riego se revisará las facturaciones eléctricas del último año (12 meses) hasta la fecha de postulación del proyecto, o de al menos 6 meses según lo estipulado en el numeral anterior, la que, junto a demanda de riego existente, permitirá la verificación de los costos de facturación asociados al riego existente. A estos se le adicionará la demanda de riego proyectada.

La demanda de energía eléctrica en riego existente se debe registrar en el informe “demanda de energía del riego existente” en donde se listen y presenten los equipos de riego existentes y su operación en horas, con registro fotográfico georeferenciado. Estos consumos serán eventualmente verificados por profesionales CNR en terreno. Los equipos que se listen en el informe y que no sean verificados en terreno, serán eliminados de la demanda de energía.

El contenido del informe de demanda de energía eléctrica de riego existente será:

- Equipos de riego (electrobombas) asociadas al funcionamiento del proyecto de riego existente que no tengan una bonificación vigente por parte de CNR o que su bonificación superé los 10 años.
- Registro fotográfico del equipo y de las placas de los equipos, tanto bombas como motores. Estos deben ser claros y coherentes entre sí.
- Los equipos que se listen en el informe y que no sean claros y coherentes entre sí, no serán considerados en la demanda de energía.

La demanda de energía eléctrica de riego proyectada se debe presentar en el informe del diseño de riego, de la misma forma que se realiza en los proyectos de riego tecnificados en los concursos de obras pequeñas.

5. Condiciones específicas para los sistemas fotovoltaicos flotantes

El sistema fotovoltaico flotante (SFF), **debe ser postulado** bajo las siguientes configuraciones:

- Riego tecnificado existente o nuevo o ambos con un SFF conectado a generación distribuida.

- Instalación en un tranque existente o nuevo con SFF conectado a generación distribuida.

Debe cumplir con los expresado en la guía de instalación de sistemas fotovoltaicos flotantes de la CNR.

Cumplir con lo señalado en la normativa vigente RGR 01/2024 de Procedimiento de comunicación de energización de generadoras residenciales y RGR 02/2024 de Diseño y ejecución de las instalaciones fotovoltaicas, elaborados por la SEC.

Se debe utilizar el explorador solar de energía del Ministerio de Energía para el cálculo de la evaporación del proyecto.

Los paneles fotovoltaicos deben cumplir con la norma RGR 02/2024 y poseer un nivel de eficiencia mínimo de 21% de generación.

Los paneles fotovoltaicos deben ser compatibles con los sistemas de flotación, lo cual debe ser verificado en las especificaciones técnicas de este último. Las EETT deben ser adjuntadas.

IMPORTANTE: La ingeniería civil asociada a este tipo de proyectos debe cumplir al menos con los siguientes requerimientos:

1. Incluir memoria de cálculo estructural que demuestre la selección y dimensionamiento de las líneas de amarre y anclaje del sistema de flotación. Esta debe considerar la norma NCh 432 para Cargas de Viento.
2. Plano detallado con la ubicación distribución y el detalle de las líneas de amarre y anclajes del sistema de flotación.
3. Las especificaciones técnicas de las líneas de amarre deben ser adjuntadas.
4. Las especificaciones técnicas de los anclajes a la orilla deben ser adjuntadas.
5. Del mismo modo el proyecto debe garantizar las condiciones mínimas necesarias para su correcta operación y mantención.

6.Condiciones específicas para los sistemas agrivoltaicos

Los sistemas agrivoltaicos, deben ser postulados bajo las siguientes configuraciones:

- Riego tecnificado con sistema agrivoltaico ambos en la misma superficie postulada.
- Riego tecnificado con sistema agrivoltaico en otra superficie preexistente.

El diseño debe buscar maximizar la cobertura de los cultivos por parte del sistema fotovoltaico para amplificar los beneficios al área de riego, por lo que solo se admitirán proyectos que postulen con paneles fotovoltaicos semitransparentes (30% o superior) o transparentes y en material de vidrio para garantizar una mayor durabilidad.

Los paneles fotovoltaicos deben cumplir con la norma RGR 02/2024 y ser bifaciales.

Estos paneles deben ser registrados y autorizados por la SEC al momento de la inscripción del TE-4. Las EETT deben ser adjuntadas.

La orientación de los sistemas agrivoltaicos será:

- AgriPV de techo o de tipo invernadero: empleando paneles fotovoltaicos semitransparentes (30% de translucidez o superior) o transparentes con orientación E-O o Norte dependiendo del diseño.
- AgriPV vertical: empleando paneles fotovoltaicos bifaciales con orientación E-O.

Los proyectos AgriPV postulados deben respetar las necesidades del cultivo y del agricultor en su conjunto para resguardar la actividad agrícola. Por lo anterior, este debe cumplir con los siguientes criterios:

A) Criterio por pérdida de superficie: La pérdida de superficie utilizable para la agricultura debida a las fundaciones, estructuras y subestructuras del sistema fotovoltaico **no debe superar el 15%**

de la superficie total del proyecto de riego (lo anterior se toma en referencia a la norma DIN SPEC 91434/2021).

B) Criterio de continuidad en el doble uso de suelo: Para poder garantizar el uso de la superficie utilizable para la agricultura después del montaje y construcción de la instalación agrivoltaica, debe existir continuidad de uso de esa superficie **para producción de alimentos y energía renovable por al menos 10 años** (referencia de proyectos postulados a la Ley 18.450).

IMPORTANTE: La ingeniería civil asociada a este tipo de proyectos debe cumplir al menos con los siguientes requerimientos:

1. Incluir imagen con la disposición y orientación de las hileras de los cultivos, señalando además la separación entre las hileras de paneles y la altura de estos sobre el suelo.
2. Adjuntar la ficha con las especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico a utilizar.
3. Detalle de las fundaciones y estructura de soporte, distinguiendo su materialidad, altura y cimentación.
4. Plano detallado con la ubicación y distribución de la instalación de riego agrivoltaico, caseta(s) de riego, fundación y estructura de soporte de los módulos.
5. Diagrama unilineal con el detalle de los equipos, tableros eléctricos, conductores, canalizaciones, distancias, caídas de tensión, empalme y consumos de la instalación eléctrica.
6. Del mismo modo el proyecto debe garantizar las condiciones mínimas necesarias para su correcta operación y mantención.

A continuación, se presenta una lista de referencia, sugerida para la instalación de proyectos AgriPV.

Lista de cultivos compatibles con la sombra

Grupo	Cultivos Hilerados	Cultivos Extensivos
1. Cultivos de Baja Altura (0 – 0.5 m) GRUPO 1 - hilerados GRUPO 2 - extensivos	Raíces: Zanahoria, nabo, rábano, batata, remolacha. Tallos: Apio, espárrago, puerro. Bulbos: Cebolla, Ajo, Puerro. Flores/Inflorescencias: Alcachofa, brócoli, coliflor. Frutos: Berenjena, pimiento, tomate, pepino, calabaza. Leguminosas: Habas, garbanzos, porotos, lentejas, arvejas. Otros: Calabacín, camote, guisante, papa. Hortalizas de hoja: lechuga, espinaca, acelga, rúcula, acelga, lechuga, perejil, repollo. Legumbres: porotos (judías), lentejas. Papas Fresas o frutillas	Praderas Empastadas Forrajeras Trébol Trigo Cebada
2. Frutales menores y cultivos (menos de 3 m) GRUPO 3 - hilerados GRUPO 4 - extensivos	Viñas, 1–2 m Berries: Arándano → 1–2 m Frambueso → 1–2.5 m, Mora → 1–3 m Papayo chileno → 2–3 m Chirimoyo → 3–4 m Tomates→ 2 m Pimentón y ají→ 0,9 m Alcachofa Tunales	Maíz Canola Alfalfa Maravilla
3. Frutales mayores (entre 3 y 6 m) GRUPO 5	Cítricos Naranjo-Pomelo-Mandarino-Granado → 4–5 m Manzano → 4–6 m con manejo Cerezo → 4–6 m con manejo Duraznos y Nectarines → 3–5 m con manejo	No aplica

Grupo	Cultivos Hilerados	Cultivos Extensivos
	Ciruelo → 4–6 m Kaki (Caqui) → 4–6 m Membrillo → 3–5 m	

Nota: no se considerarán Árboles Altos (sobre 6 m de altura) como son el Nogal, Palto, Castaño, Almendro (Prunus dulcis), Peral

7.Dimensionamiento Fotovoltaico:

7.1 Proyecto existente

1 - Se tabularán todos los cargos asociados a la facturación eléctrica, tales como:

- Cargos por Administración de servicio – Facturado en unidad de $ pesos
- Transporte de electricidad – Facturado en unidad de $/kWh pesos
- Cargo por servicio público – Facturado en unidad de $/kWh pesos
- Cargo por estabilización Ley N° 21.472 – Facturado en unidad de $/kWh pesos
- Electricidad consumida – Facturado en unidad de $/kWh pesos
- Cargos por demanda máxima suministrada leída o contratada según tipo de tarifa – Facturado en unidad de $/kW pesos
- Cargos por potencia en hora punta leída o contrada según tipo de tarifa – Facturado en unidad de $/kW pesos
- Cargos por multa de energía reactiva – Facturado en $ (No siempre estará este cargo, depende del tipo de empalme)
- Recargos por lectura en baja tensión – Facturado en $ (No siempre estará este cargo, depende del tipo de empalme)
- *No se deben considerar cargos por interés o multas por retraso de pago.*

2 - Identificar y unificar los montos asociados a cargos facturados por unidades de medida, es decir, kW y por kWh. Cargos asociados recargo por mal factor de potencia no serán considerados en este apartado.

3 - Identificar claramente en los cargos tarifarios la demanda máxima suministrada y la energía consumida en el periodo facturado. Para los análisis posteriores, esto se entenderá como **Demanda de potencia y energía Facturada (DEF).**

Nota: Si corresponden a boletas bimensuales o de mayor periodo, debe distribuir dicho consumo en el periodo de 12 meses.

4 - En el análisis de demanda de energía eléctrica del riego, se debe identificar claramente la proyección en base al funcionamiento del proyecto de riego de:

- La demanda máxima de potencia del sistema de riego en kW en los doce meses del año
- La demanda energética el sistema en kWh en los 12 meses del año
- Lo anterior para fines de este documento se entenderá como **Demanda de potencia y energía Estimada (DEE).**

5 - La Demanda de Potencia y Energía estimada será comparada con la Demanda de Potencia y Energía Facturada, y podrán generarse los siguientes escenarios:

- Si alguno y/o ambos parámetros (Demanda de Potencia o de Energía) de la DEE supera al parámetro equivalente de la DEF (Potencia kW y energía kWh), se considerará para efectos del dimensionamiento fotovoltaico los parámetros de DEF.
- Si alguno y/o ambos parámetros (Demanda de Potencia o de Energía) de la DEE es inferior al parámetro equivalente de la DEF (Potencia kW y energía kWh), se considerará para efectos del dimensionamiento fotovoltaico los parámetros de DEE.

6 – Con los valores facturados e identificados en el punto 2 pesos chilenos, se determinará y valorizará la proporción en % de cada componente (Potencia y Energía), respecto a la determinada en el numeral 5.

Los costos no asociados a unidades de energía o potencia, a excepción de recargos, multas, interés u otra facturación que no represente el comportamiento del consumo energético, se prorratearán en función del ponderador de energía determinado en el punto 6.

7 – Al sumar los costos mensuales, se obtendrá el monto anual facturado equivalente al proyecto de riego existente.

7.2 Proyecto Nuevo

1 - En base al diseño del proyecto de riego, se determinará una bomba de riego, y en base a su capacidad

2 - Determinar las horas de riego según el requerimiento hídrico de los cultivos.

3 – Determinar la demanda eléctrica (P1) de la o los equipos en kW

4 – Estimar el consumo energético para cada mes del año en kWh

5 – Estimar la Potencia máxima a facturar del proyecto. Para tarifas del tipo AT o BT 4.1,4.2 y 4.3 considerar como demanda máxima de potencia estimada a comparar con la facturada, el promedio de las dos demandas máximas en el periodo de 12 meses.

6 – Determinar los costos asociados a Energía, facturados en unidad de $/kWh, según la información de pliegos tarifarios de las compañías distribuidoras.

7 – Valorizar los consumos de energía respecto al costo unitario determinado en el punto anterior.

8 – Con lo anterior, al sumar se tendrá la Facturación de energía eléctrica anual asociado al Nuevo Proyecto de Riego.

7.3 Dimensionamiento Fotovoltaico

1 – Determinar el potencial de energía anual generador de 1 un panel solar en la coordenada del proyecto.

2 – Determinar la energía anual que este generaría en kWh

3 – A partir de la información de pliegos tarifarios de la compañía distribuirá, estimar los beneficios asociados a autoconsumo, es decir, todos los cargos facturados en $/kWh y el costo por la inyección de energía a la red.

4 – Ponderar los beneficios del sistema fotovoltaico determinado en el punto anterior de acuerdo a lo siguiente:

- Monto asociado al autoconsumo: 30% x Costo unitario de autoconsumo $/kWh
- Monto asociado a la inyección: 70% x Costo unitario de inyección $/kWh

5 – Al sumar los montos determinados en el punto 4, se tendrá el beneficio total anual del Sistema fotovoltaico

6 – Determinar el número de paneles en base a la siguiente ecuación:

$$N° \ de \ paneles = \frac{Costo \ Equivalente \ al \ riego_{Proyecto \ existente} + Costo \ Riego_{nuevo \ proyecto}}{Costo \ beneficio \ de \ 1 \ panel}$$

7 – Redondear el número de paneles siempre hacia abajo

8 – Validar resultados a través del BDG de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$BGD = \frac{Inyeciones\ x\ precio_{inyección} + Autoconsumo\ x\ Precio_autuonsumo}{Costo\ de\ facturación\ de\ energía\ por\ riego} \leq 100\% \pm 5\%$$

7.4 Ejemplo Práctico

Proyecto existente

A continuación, de manera referencial se presenta un la Demanda de Potencia y Energía mensual asociada a un proyecto de riego:

Tabla 2 Demanda de Potencia y Energía teórica del proyecto de riego existente

Parámetro proyecto existente / Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
1) Demanda de potencia equipo kW	22	22	21	20	0	0	0	0	15	20	22	22
2) Horas de riego diario	12	10	8	6	0	0	0	0	3	5	8	11
3) Días de uso mes	31	28	31	30	0	0	0	0	30	31	30	31
Energía consumida kWh (1) x (2) x (3)	**8184**	**6160**	**5208**	**3600**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1350**	**3100**	**5280**	**7502**

Como referencia, se presenta una boleta de facturación correspondiente a un usuario con tarifa AT4.3, asociada al período de facturación de marzo. En dicha boleta se indica que la lectura fue realizada entre el 22 de febrero de 2024 y el 20 de marzo de 2024, por lo que, para efectos del análisis, se considerará como correspondiente al mes de marzo.



¿Problemas con el servicio de electricidad?
Si tienes alguna consulta o reclamo con respecto al servicio puedes contactarnos a través de nuestros distintos canales.
luz osorno
Servicio al cliente 800 600 804 | Sitio web www.luzosorno.cl | SMS envía: LUZ#Número de cliente al 4022
¿Qué hago si mi problema no se ha resuelto?
Contáctate con la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), entidad que vigila que las personas cuenten con un servicio seguro y de calidad en los sistemas de electricidad y combustibles.
2 2712 7000 | 600 6000 732 | www.sec.cl SEC
Datos de mi suministro:
Tipo de tarifa contratada: AT43
Potencia conectada: 44,2 kW
Grupo de consumo:
Subestación: RIO NE
Sector tarifario: PUR...
Fecha límite para cambio de tarifa: 28/02/2025
Fecha término de tarifa: 31/03/2025
Timbre electrónico SII - Resolución N° 48 CREO del 11 de abril de 2008
Verifique documento: www.sii.cl
OPCIONES DE PAGO
Santander unired. BancoEstado CajaVecina webpay PLUS transbank SERVIPAG sencillito webpay PAT PASS transbank PAC Pago Automático Cuenta Corriente
SUCURSALES DE PAGO
Osorno: Eleuterio Ramírez Nº 705 - Osorno: Victoria S/N locales 6-7-8 - Río Negro: Pedro Montt Nº
luz osorno
COMPAÑIA ELÉCTRICA OSORNO S.A.
Giro: Distribución de Energía Eléctrica
R.U.T. 96.531.500-4
Casa Matriz: Bulnes 441 - Osorno
R.U.T.: 96.531.500-4
FACTURA ELECTRÓNICA
Nº 1326922
S.I.I OSORNO
Nº CLIENTE 1(
Fecha de emisión: 25 MAR 2024
Sr. (a) S(
RUT: 76.0
Dirección de Envío: CASILLA
Dirección de Suministro: SEC
IO NEGRO-RURAL,
Ruta: L0618101
Giro: AGRICOLA
Nº Medidor: 10044731
Monto Neto $ 1.396.504 | I.V.A (19%) $ 265.335 | Monto Exento $ 24.761 | Saldo Anterior $ 3.069.300 | Total del Mes $ 1.686.600 | TOTAL A PAGAR $ 4.755.900
*Revisa el detalle de tu cuenta al reverso de esta página >
¿Hasta cuándo puedo pagar?
Fecha de vencimiento 18 ABR 2024
(A partir de esta fecha se originarán intereses y se cobrará un cargo adicional por pago fuera de plazo)
Corte a partir de 06 MAY 2024 Motivo: No pago saldo energía.
Cupón de pago
Nº Cliente 10
Fecha de vencimiento 18 ABR 2024
Total a pagar $ 4.755.900

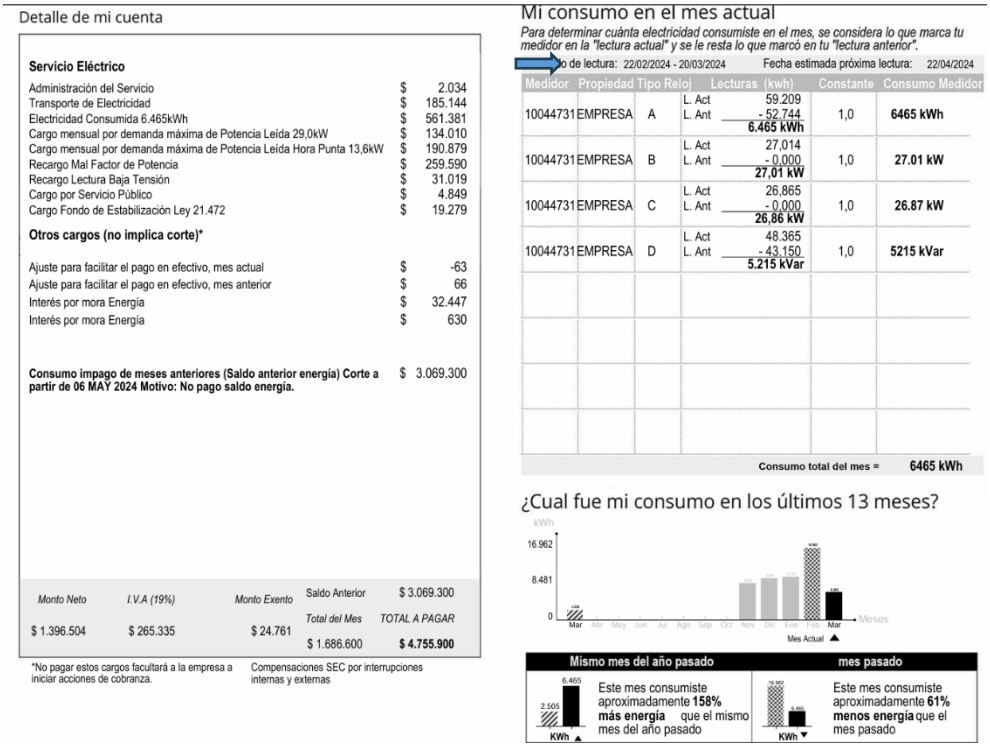


Figura 1 Boleta de facturación asociada al ejemplo de proyecto existente

De acuerdo con la boleta anterior, se tiene el siguiente desglose de costos;

Tabla 3 Desglose de costos facturados

Servicio eléctrico	Monto	Unidad de facturación	Monto con IVA a cargos considerados
Administración del servicio	$2.034	$	$2.420
Transporte de electricidad	$185.144	$/kWh	$220.321
Cargo por servicio público	$4.849	$/kWh	$4.849
Cargo por estabilización Ley 21.472	$19.279	$/kWh	$22.942
Electricidad consumida 6.465kWh	$561.381	$/kWh	$668.043
Cargo por Demanda máxima Suministrada (29 kW)	$134.010	$/kW	$159.472
Cargo Demanda Máxima Leída de Potencia en Horas Punta (13,6kW)	$190.879	$/kW	$227.146
Cargo reactivo (11%)	$259.590	$	$308.912
Recargo lectura baja tensión	$31.019	$	$36.913
Total		$	$1.651.019

Lo siguiente será agrupar los cargos asociados a unidad de costos por energía y por potencia en base a la facturación mostrada anteriormente.

Tabla 4 Agrupación de costos facturaciones asociadas a unidad de energía, potencia y otros cargos.

Periodo de facturación	Marzo
Energía consumida del mes (kWh)	6.465
Demanda máxima de Potencia (kW)	29
Cargos por unidad de Energía (kWh)	$916.156
Cargos por unidad de Potencia (kW)	$386.618
Otros cargos	$348.245

Al comparar la Demanda Máxima de Energía y Potencia Estimada Respecto a la Demanda Máxima de Energía y Potencia Facturada, se tiene lo siguiente

Tabla 5 Comparación de DEE y DEF

Parámetro	DEE	DEF	Observación
Energía kWh	5.208	6.465	La DEE es inferior a la DEF en un 15,6%
Potencia kW	22	29	La DEE es inferior a la DEF en un 24,1%

Con los porcentajes anteriores, se determina el proporcional asociado al proyecto de riego del total de la facturación eléctrica.

Tabla 6 Monto proporcional del proyecto de riego v/s facturación eléctrica

Parámetro	Monto equivalente $ para dimensionamiento
Energía kWh (80,6% de la facturada)	$738.026
Potencia kW (75,9% de la facturada)	$293.296
Otros cargos (80,6% de la facturada)	$280.535
TOTAL	$1.311.858

Este proceso se debe **realizar para todos los meses del año,** lo que conllevará un **monto anual facturado equivalente al proyecto de riego existente.**

Para el caso de la potencia o demanda máxima suministrada (tarifa AT 4.3) a comparar con la potencia facturada en cada mes, puede considerar como la potencia teórica facturada para todos los meses, el promedio de las dos potencias más altas durante el periodo de 12 meses evaluado. Vale decir que, en este caso de ejemplo, durante todo el periodo de evaluación, la potencia determinada en DEE será de 22 kW, ya que corresponde al valor calculado en base a las dos potencias más altas.

Haciendo una proporción simple en base al proyecto de riego existente, se tienen los siguientes cargos asociados a Energía y Potencia.

Tabla 7 Desglose de costos asociados al dimensionamiento FV

Parámetro / Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Cargos en unidad de Energía kWh	$1.159.755	$872.934	$738.026	$510.156	$0	$0	$0	$0	$191.309	$439.301	$748.229	$1.063.109
Cargos en unidad de Potencia kW	$293.296	$293.296	$293.296	$293.296	$293.296	$293.296	$293.296	$293.296	$293.296	$293.296	$293.296	$293.296
Otros cargos	$280.535	$280.535	$280.535	$280.535	$2.420	$2.420	$2.420	$2.420	$280.535	$280.535	$280.535	$280.535
MONTO Total $	**$1.733.587**	**$1.446.766**	**$1.311.858**	**$1.083.988**	**$295.717**	**$295.717**	**$295.717**	**$295.717**	**$765.140**	**$1.013.133**	**$1.322.061**	**$1.636.941**

Finalmente, se tiene un monto anual equivalente al riego de **$ 11.496.341.**

Proyecto nuevo

Se tiene la proyección energética de un proyecto de riego con las siguientes características:

Tabla 8 Parámetros del nuevo proyecto de riego

Parámetro	Valor	
Capacidad nominal de electrobomba	20,0	HP
Eficiencia del motor	0,9	
Demanda P2 en el punto de operación del riego	12,0	kW
Demanda P1 en el punto de operación del riego P2/Ef.motor	13,3	kW

Tabla 9 Estimación de potencia y energía consumida por el nuevo proyecto de riego.

Parámetro proyecto Nuevo / Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
1) Demanda de potencia equipo kW	13,3	13,3	13,3	13,3	0	0	0	0	13,3	13,3	13,3	13,3
2) Horas de riego diario	8	7	5	3	0	0	0	0	2	4	5	7
3) Días de uso mes	31	28	31	30	0	0	0	0	30	31	30	31
Energía consumida kWh 1)x2)x3)	3307	2613	2067	1200	0	0	0	0	800	1653	2000	2893
Demanda de potencia máxima kW a facturar	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3

Dada la demanda naturaleza de la tarifa AT4.3, la demanda de potencia suministrada se factura como el promedio de las 2 demandas más altas leídas en un periodo de 12 meses, incluyendo el facturado, en este ejemplo, se asume una demanda de potencia igual durante todos los meses, por lo que el promedio de las dos demandas más altas es 13,3 kW.

A continuación, se presentan los valores del pliego tarifario del mes de mayo de 2025 asociados a la tarifa AT 4.3.

Tabla 10 Cargos asociados a la facturación según pliegos tarifarios de las distribuidoras

Comunas **Rangos (*)**		**Osorno - Aéreo**	
		$ NETO	**$ C/IVA**
Tarifa AT 4.1, 4.2, 4.3			
Administración del servicio (Cargo fijo mensual AT4.1)	$/mes	1.051,017	1.250,711
Administración del servicio (Cargo fijo mensual AT4.2)	$/mes	1.051,017	1.250,711
Administración del servicio (Cargo fijo mensual AT4.3)	$/mes	1.051,017	1.250,711
Cargo por servicio público (Exento de IVA)	$/kWh	0,784	0,784
Cargo por uso del sistema de transmisión (Transporte de Electricidad)	$/kWh	28,225	33,588
Cargo por energía	$/kWh	114,415	136,154
Cargo por demanda maxima de potencia contratada o suministrada	$/kW/mes	8.679,413	10.328,501
Cargo por demanda máxima de potencia contratada o leída en horas de punta	$/kW/mes	22.782,540	27.111,222

Se determinan los cargos asociados a medida de energía, es decir, todos los cargos facturados en $/kWh.

De acuerdo con el pliego tarifario, el total de cargos es:

0,784+33,588+136,154 = 170,526 $/kWh

El costo asociado a la potencia sólo contemplará el cargo de Demanda máxima Suministrada y en ningún caso costos asociados a Demanda de Hora Punta. Es decir, 10.328,501 $/kW.

Finalmente, al valorizar los cargos por energía y por potencia con los costos unitarios recientemente calculados, se tiene lo siguiente;

Tabla 11 Valorización de cargos asociados a energía y potencia del nuevo proyecto de riego

Parámetro proyecto Nuevo / Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
1) Demanda de potencia equipo kW	13,3	13,3	13,3	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	13,3	13,3	13,3
2) Horas de riego diario	8,0	7,0	5,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	4,0	5,0	7,0
3) Días de uso mes	31,0	28,0	31,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	31,0	30,0	31,0
Energía consumida kWh 1)x2)x3)	3307	2613	2067	1200	0	0	0	0	800	1653	2000	2893
Demanda de potencia máxima kW a facturar	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3
Monto equivalente a Energía (170,526 $/kWh)	$563.873	$445.641	$352.420	$204.631	$0	$0	$0	$0	$136.421	$281.936	$341.052	$493.389
Monto equivalente a Potencia (10.328 $/kW)	$137.713	$137.713	$137.713	$137.713	$137.713	$137.713	$137.713	$137.713	$137.713	$137.713	$137.713	$137.713
Monto total $	**$701.586**	**$583.355**	**$490.134**	**$342.345**	**$137.713**	**$137.713**	**$137.713**	**$137.713**	**$274.134**	**$419.650**	**$478.765**	**$631.102**

Finalmente, el monto estimado a pagar por facturación de energía eléctrica anual asociado al **Nuevo Proyecto de Riego es de $ 4.471.923**.

Dimensionamiento Fotovoltaico

La siguiente imagen muestra la estimación del potencial de un panel solar de 550 Wp a través de la plataforma Explorador Solar.

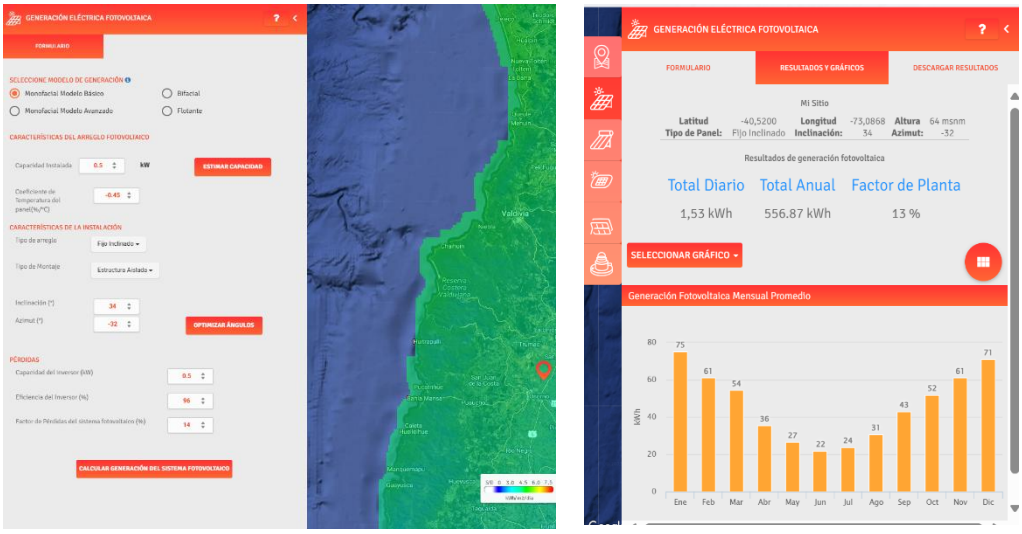


Figura 2 Datos ingresados en el Explorador Solar

A partir de lo mostrado en las figuras anteriores, un panel solar de 550Wp en la coordenada estimada, tiene un **potencial anual de 556,87 kWh.**

En primer lugar, se estiman los precios unitarios asociados a autoconsumo, los cuales son los siguientes:

Tabla 12 Cargos asociados a la energía autoconsumida según pliego tarifario de la distribuidora

Comunas Rangos (*)		Osorno - Aéreo	
		$ NETO	$ C/IVA
Tarifa AT 4.1, 4.2, 4.3			
Administración del servicio (Cargo fijo mensual AT4.1)	$/mes	1.051,017	1.250,711
Administración del servicio (Cargo fijo mensual AT4.2)	$/mes	1.051,017	1.250,711
Administración del servicio (Cargo fijo mensual AT4.3)	$/mes	1.051,017	1.250,711
Cargo por servicio público (Exento de IVA)	$/kWh	0,784	0,784
Cargo por uso del sistema de transmisión (Transporte de Electricidad)	$/kWh	28,225	33,588
Cargo por energía	$/kWh	114,415	136,154
Cargo por demanda maxima de potencia contratada o suministrada	$/kW/mes	8.679,413	10.328,501
Cargo por demanda máxima de potencia contratada o leída en horas de punta	$/kW/mes	22.782,540	27.111,222

Es decir, los costos de autoconsumo de energía son igual a 170,526.

El costo de inyección está dado en los pliegos tarifarios, según lo siguiente:

Tabla 13 Cargos asociados a la energía inyectada según pliego tarifario de la distribuidora

Comunas		Osorno - Aéreo
Valor energía inyectada para clientes en opciones tarifarias BT	$/kWh	100,121
Valor energía inyectada para clientes en opciones tarifarias AT	$/kWh	90,986

Ya que es una tarifa AT 4.3 (en AT), el monto por inyección es de 90,986 $/KWh inyectados a la red.

Al valorizar la energía producida por el panel solar, se tiene el siguiente costo de beneficio anual.

Monto por componente de 1 panel	Monto $
Autoconsumo (30% del total generado)	$28.488
Inyección (70% del total generado)	$35.467
TOTAL	$63.955

Finalmente, el número de paneles solares para reducir los costos tarifarios existentes y proyectos para este proyecto es el siguiente:

$$N° \ de \ paneles = \frac{Costo \ Equivalente \ al \ riego_{Proyecto \ existente} + Costo \ Riego_{nuevo \ proyecto}}{Costo \ beneficio \ de \ 1 \ panel}$$

Es decir:

$$N° \ de \ paneles = \frac{\$ \ 11.496.341 + \$ \ 4.471.923}{\$ \ 63.955} = 249,68 \approx 250$$

Finalmente, la capacidad instalada es de:

$$Cap \ inst = N°_{paneles} \cdot Potencia_{unitaria \ panel} = 258 \cdot 0,55 \ kWp = 137,5 \ kWp$$

Se estima que este sistema fotovoltaico **produzca al año 139.217,5 kWh**

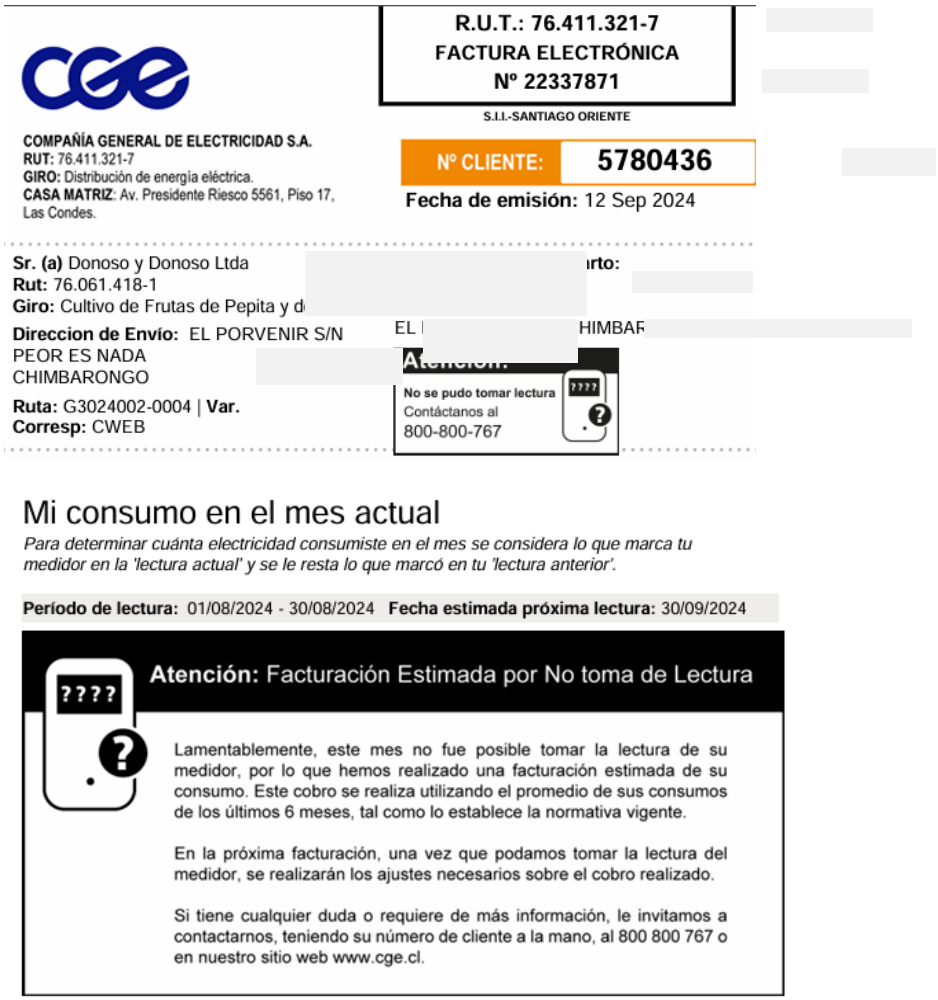
Dado lo anterior, para corroborar, el Balance de Generación Distribuida es el siguiente:

$$BGD = \frac{Inyeciones \ x \ precio_{inyección} + Autoconsumo \ x \ Precio_autuonsumo}{Costo \ de \ facturación \ de \ energía \ por \ riego}$$

$$BGD = \frac{97.452,25 \ kWh \cdot \ 90,986 \ \$/kWh + 41.765,25 \cdot 170,526}{\$ \ 11.496.341 + \$ \ 4.471.923} = 100\%$$

¿Qué hacer en situaciones en las cuales existan meses sin lectura?

En algunas ocasiones, las empresas distribuidoras no logran tomar la lectura del medidor durante un determinado período de facturación. En estos casos, la facturación se realiza en base a un promedio del consumo registrado en los últimos meses. Las imágenes que se presentan a continuación muestran un ejemplo de cómo se refleja esta situación en una boleta eléctrica cuando no es posible tomar lectura del medidor.



R.U.T.: 76.411.321-7
FACTURA ELECTRÓNICA
Nº 22337871
S.I.I.-SANTIAGO ORIENTE

COMPAÑÍA GENERAL DE ELECTRICIDAD S.A.
RUT: 76.411.321-7
GIRO: Distribución de energía eléctrica.
CASA MATRIZ: Av. Presidente Riesco 5561, Piso 17, Las Condes.

Nº CLIENTE: 5780436
Fecha de emisión: 12 Sep 2024

Sr. (a) Donoso y Donoso Ltda
Rut: 76.061.418-1
Giro: Cultivo de Frutas de Pepita y d
Direccion de Envío: EL PORVENIR S/N
PEOR ES NADA
CHIMBARONGO
Ruta: G3024002-0004 | Var.
Corresp: CWEB

No se pudo tomar lectura
Contáctanos al
800-800-767

Mi consumo en el mes actual

Para determinar cuánta electricidad consumiste en el mes se considera lo que marca tu medidor en la 'lectura actual' y se le resta lo que marcó en tu 'lectura anterior'.

Período de lectura: 01/08/2024 - 30/08/2024 **Fecha estimada próxima lectura:** 30/09/2024

Atención: Facturación Estimada por No toma de Lectura

Lamentablemente, este mes no fue posible tomar la lectura de su medidor, por lo que hemos realizado una facturación estimada de su consumo. Este cobro se realiza utilizando el promedio de sus consumos de los últimos 6 meses, tal como lo establece la normativa vigente.

En la próxima facturación, una vez que podamos tomar la lectura del medidor, se realizarán los ajustes necesarios sobre el cobro realizado.

Si tiene cualquier duda o requiere de más información, le invitamos a contactarnos, teniendo su número de cliente a la mano, al 800 800 767 o en nuestro sitio web www.cge.cl.

Figura 3 Ejemplo de facturación sin lectura de medidor de un periodo en particular

En estas situaciones, para estimar el consumo de energía y potencia necesario para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, se deberá considerar **el consumo teórico de energía y potencia del proyecto de riego (ver Tabla 2).** Este consumo **será valorizado de acuerdo con el pliego tarifario vigente en el mes correspondiente al período de facturación.**

A modo de ejemplo, considérese que durante el periodo de lectura de septiembre no se tomó lectura del medidor.

Tabla 14 Valores considerados para valorizar en periodo sin lectura.

Parámetro proyecto existente / Mes	Sept
1) Demanda de potencia equipo kW	15
2) Potencia estimada a facturar kW *(según lo antes señalado corresponde al promedio de las dos potencias más altas dentro del periodo de evaluación para tarifa AT 4.3)*	22
2) Horas de riego diario	3
3) Días de uso mes	30
Energía consumida kWh (1) x (2) x (3)	1350

A continuación, se presenta el pliego tarifario asociado al periodo de facturación bajo análisis.

Tabla 15 Tarifas de suministro tarifa AT 4.3 septiembre de 2024

Comunas / **Rangos (*)**		**Osorno - Aéreo**			
		≤ 350 kWh		**> 350 kWh**	
		$ NETO		**$ NETO**	
Tarifa AT 4.1, 4.2, 4.3					
Administración del servicio (Cargo fijo mensual AT4.1)	$/mes	1.016,753	1.209,936	1.016,753	1.209,936
Administración del servicio (Cargo fijo mensual AT4.2)	$/mes	1.016,753	1.209,936	1.016,753	1.209,936
Administración del servicio (Cargo fijo mensual AT4.3)	$/mes	1.016,753	1.209,936	1.016,753	1.209,936
Cargo por servicio público (Exento de IVA)	$/kWh	0,750	0,750	0,750	0,750
Cargo por uso del sistema de transmisión (Transporte de Electricidad)	$/kWh	28,499	33,914	28,499	33,914
Cargo por energía	$/kWh	82,057	97,647	101,692	121,013
Cargo por demanda maxima de potencia contratada o suministrada	$/kW/mes	8.491,815	10.105,260	8.491,815	10.105,260
Cargo por demanda máxima de potencia contratada o leída en horas de punta	$/kW/mes	20.671,031	24.598,528	21.348,799	25.405,071

Consideraciones para la valorización de los cargos:

• **Potencia de Hora Punta:** En caso de no contar con la lectura del medidor correspondiente a un determinado período de facturación, se deberá utilizar como referencia la potencia o demanda de hora punta facturada en el período inmediatamente siguiente. Por ejemplo, si no se dispone de la lectura del mes de septiembre, se tomará como base la demanda facturada en octubre. Si tampoco se cuenta con esa lectura, se utilizará la del siguiente mes, y así sucesivamente, hasta disponer de una lectura registrada por la empresa distribuidora.

Para este caso particular, dado que sólo se dispone de una boleta de facturación, y con fines ilustrativos, se considerará la demanda punta facturada en dicha boleta: **13,6 kW.** Este valor se utilizará siempre y cuando no supere la potencia teórica estimada para el período evaluado. En caso contrario, deberá considerarse únicamente dicha potencia teórica.

• **Recargo por mal factor de potencia:** Si existen recargos por bajo factor de potencia en otras boletas, se deberá calcular un promedio del cargo por energía reactiva correspondiente a un período de un año. No obstante, dado que en este ejemplo solo se dispone de la boleta de un mes, se asumirá, para fines de estimación, un recargo equivalente al reflejado en dicha boleta: 11%.

El monto facturado asociado a los recargos por mal factor de potencia se calcula de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{Recargo\ FP_{valorizado}} = (\boldsymbol{Energía}\ \$_{\boldsymbol{valorizada}} + \boldsymbol{Potencia\ sum}\$_{\boldsymbol{val}} + \boldsymbol{Dem.HP}\$_{\boldsymbol{val}}) * \%_{\boldsymbol{recargo}}$$

• **Recargos por cliente AT medido en BT:** En caso de que existan recargos asociados a clientes en Alta Tensión (AT) medidos en Baja Tensión (BT) en otras boletas, se deberá considerar la siguiente fórmula para su valorización:

$$\boldsymbol{Recargo\ AT_{medBT}} = (\boldsymbol{Energía}\ \$_{\boldsymbol{valorizada}} + \boldsymbol{Potencia\ sum}\$_{\boldsymbol{val}} + \boldsymbol{Dem.HP}\$_{\boldsymbol{val}}) * \boldsymbol{3,5}\%$$

• **Cargo Fondo de Estabilización (Ley 21.475):** El pago adicional correspondiente al "Cargo Fondo de Estabilización", establecido por la Ley 21.475, se estimará de acuerdo con lo señalado en el Oficio Circular SEC N° 157155 y en la Resolución Exenta N° 565 de 2023 de la Comisión Nacional de Energía (CNE). Este cargo varía según el tramo de consumo mensual de acuerdo con los siguientes tramos de consumo de energía:

Tabla 16 Tramos de consumo asociados a la Ley 21.475

Categoría	Cargo
Usuarios que registren un consumo mensual menor o igual a 350 kWh	: Exento del cargo
Usuarios que registren un consumo mensual mayor a 350 y menor o igual a 500 kWh	: 0,852 $/kWh
Usuarios que registren un consumo mensual mayor a 500 y menor o igual a 1000 kWh	: 1,917 $/kWh
Usuarios que registren un consumo mensual superior a 1000 y menor o igual a 5000 kWh	: 2,662 $/kWh
Usuarios que registren un consumo mensual superior a 5000 kWh	: 2,982 $/kWh

En el caso particular del presente ejemplo, correspondiente al mes de septiembre, con un consumo de 1.350 kWh, se ubica en el tramo de más de 1.000 kWh y hasta 5.000 kWh, por lo que se debe considerar un monto de $3.594 pesos.

Finalmente, para el periodo de septiembre el cual no contempló lectura del medidor, se tienen los siguientes cargos asociados que podrán considerarse para el dimensionamiento fotovoltaico:

Tabla 17 Cargos asociados para el dimensionamiento FV del periodo sin lectura de medidor del ejemplo.

Servicio eléctrico	Costo unitario	Unidad de facturación	Monto sin IVA	Monto con IVA a cargos considerados
Administración del servicio	$1.017	$	$1.017	$1.209,936
Transporte de electricidad	28,499	$/kWh	$38.474	$45.784
Cargo por servicio público (no aplica IVA)	0,75	$/kWh	$1.013	$1.013
Cargo por estabilización Ley 21.472	2,662	$/kWh	$3.594	$4.277
Electricidad consumida	101,692	$/kWh	$137.284	$163.368
Cargo por Demanda máxima Suministrada	8491,815	$/kW	$186.820	$222.316
Cargo Demanda Máxima Leída de Potencia en Horas Punta		$/kW	$190.879	$227.146
Cargo reactivo (11%)		$	$56.648	$67.411
Recargo lectura baja tensión (3,5%)		$	$18.024	$21.449
Total				$753.973

Siguiendo la misma lógica del ejemplo asociado al “Proyecto existente”, se tiene en resumen los siguientes montos equivalentes para este mes para el dimensionamiento FV.

Tabla 18 Monto equivalente para dimensionamiento FV asociado a unidad de energía, potencia y otros cargos

Parámetro	Monto equivalente $ para dimensionamiento
Energía kWh (mes sin lectura)	$214.441
Potencia kW (mes sin lectura)	$449.462
Otros cargos (mes sin lectura)	$90.070
TOTAL	$753.973

13.3.2 TUTORIAL GLOBAL SOLAR ATLAS

1 – Acceso link

https://globalsolaratlas.info/map

2 – Ingreso de ubicación

Se puede ingresar pinchando en la ubicación del proyecto o agregando las coordenadas geográficas (latitud, longitud) en “Search locations” y luego presionar enter. En este caso de ejemplo, consideré las coordenadas -33.833155, -70.632302.

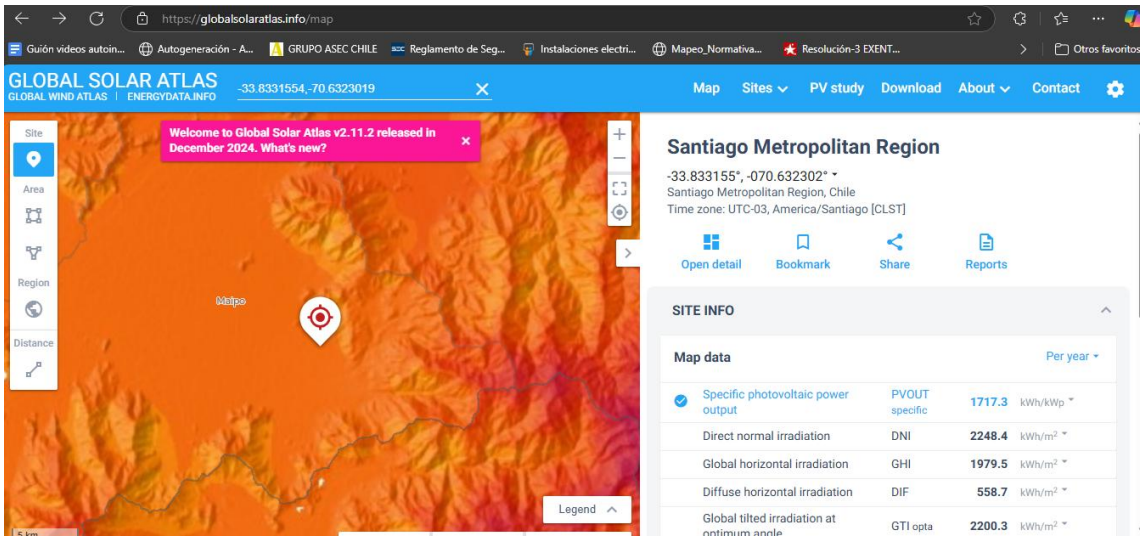


Figura 4 Ingreso ubicación del proyecto

3 – En la parte derecha donde se muestran los valores de radiación incidente y energía Fotovoltaica generada, escoger el tipo de planta solar. La siguiente imagen muestra la elección de un SFV con estructura aislada sobre el suelo.

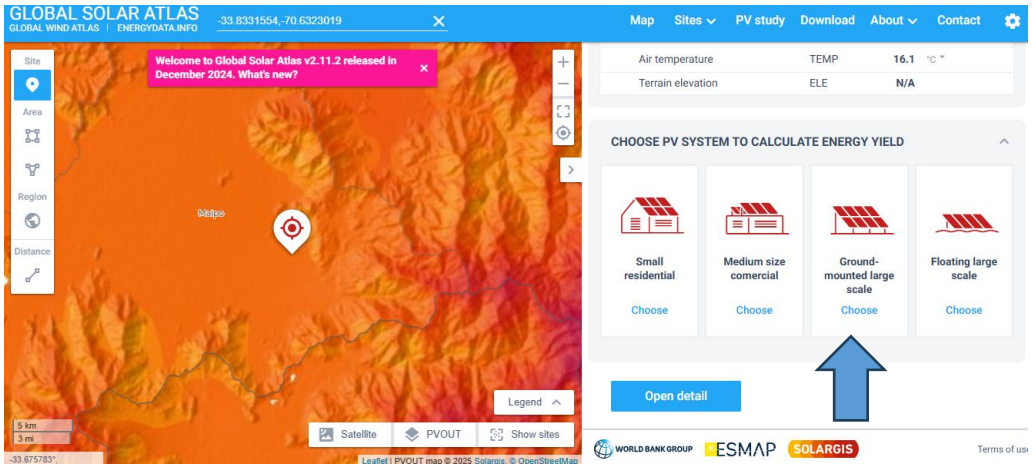


Figura 5 Elección del tipo de montaje del SFV

4 – Ajustar parámetros de la planta solar de acuerdo a los requerimientos del sistema. Para ello, presionar las letras celestes “Change PV System”, ya que la plataforma por defecto considerará una capacidad instalada de 1000 kWp, ángulo de inclinación dependiendo de la latitud del sitio y una azimuth de 0°.

En la siguiente imagen se hace un cambio de la capacidad instalada a 450 Wp o 0,45 kWp. Luego presionar apply.

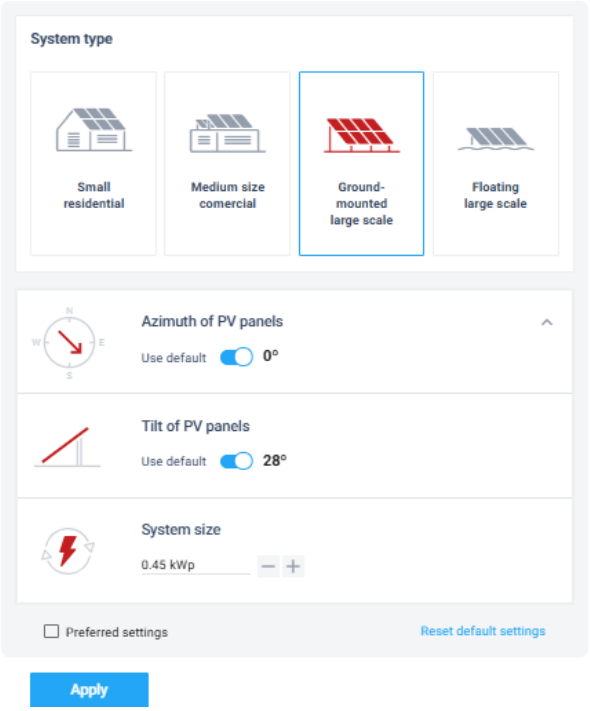


Figura 6 Modificación de parámetros FV.

5 – Luego se verá reflejada la energía FV generada dentro de un año y también por metro cuadrado. Para ver más detalles de resultados, presionar “Open detail”.

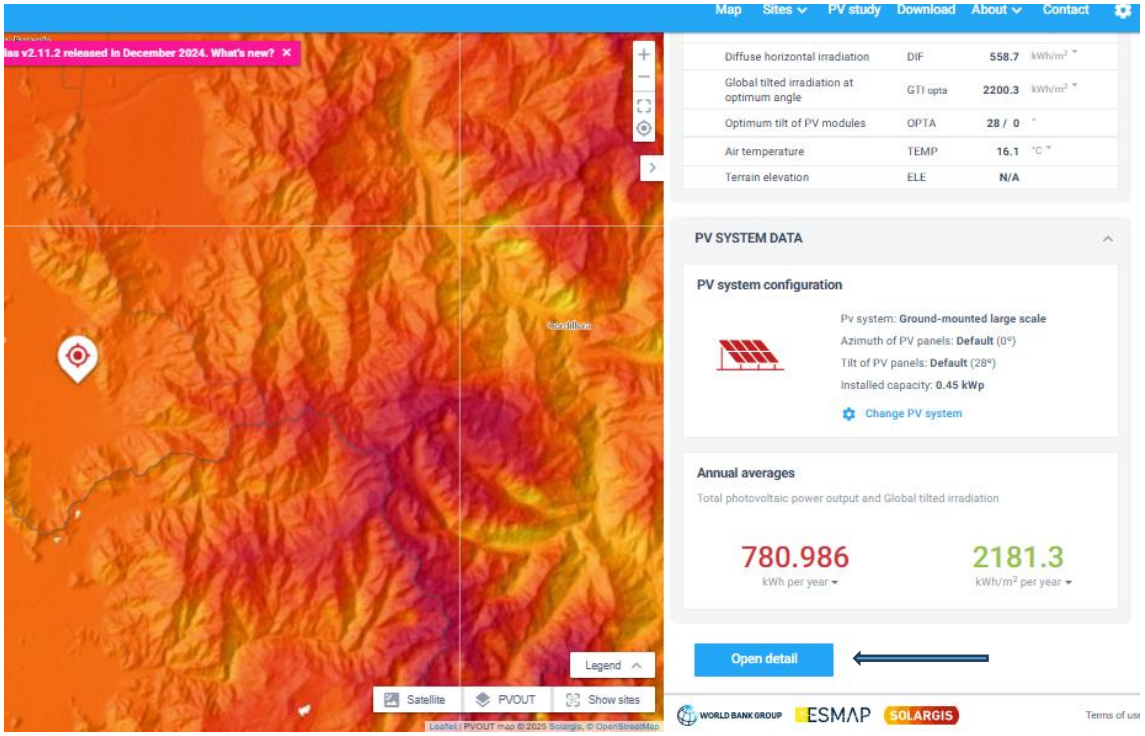


Figura 7 Resultados de Generación FV anual.

6 - Al presionar abrir detalles, se verá una serie de resultados de radiación solar, generación promedio mensual, y generación horaria promedio. Para obtener una tabla con estos resultados

para aplicar al dimensionamiento de un SFV para un proyecto de riego, presionar “Reports” y luego “Report – xlsx format”. Finalmente, presionar “Download”.

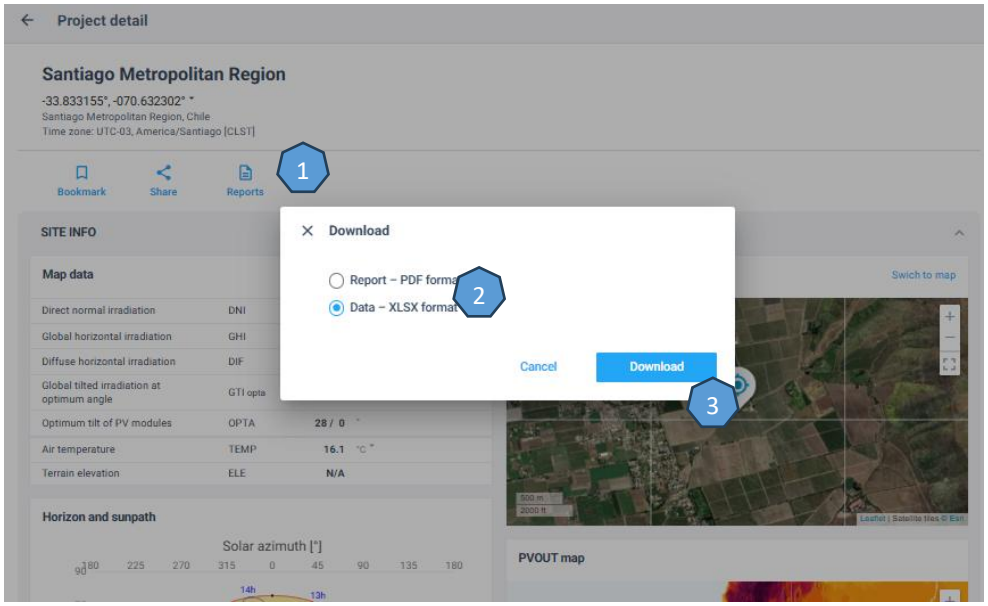


Figura 8 Descargas Excel con el detalle de los resultados

7 – En el archivo Excel descargado, abrir pestaña “Hourly profiles” en el apartado “Total photovoltaic power output [Wh]”. Similar al explorador solar, se muestra los resultados de Wattas por hora como el promedio de generación hora por hora en cada mes del año.

No olvidar que, para tener resultados en kWh, se debe dividir por 1000 lo mostrado en estos resultados.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Average hourly profiles												
Total photovoltaic power output [Wh]												
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
5-6	13	4	0	0	0	0	0	0	0	9	22	20
6-7	61	45	33	15	2	0	0	3	34	69	85	78
7-8	147	133	125	102	62	35	39	73	110	142	165	162
8-9	232	219	210	177	137	114	126	139	175	211	241	240
9-10	299	289	277	232	185	158	175	188	225	263	298	302
10-11	340	336	324	275	220	188	210	224	262	301	332	339
11-12	359	359	347	294	236	205	227	242	278	315	344	355
12-13	354	359	345	288	229	200	221	236	273	303	332	346
13-14	328	335	319	258	200	173	196	210	242	267	299	315
14-15	281	286	266	207	153	131	153	164	193	212	245	264
15-16	212	215	193	138	91	72	95	108	129	143	170	191
16-17	125	126	101	54	14	7	15	38	53	65	83	106
17-18	40	38	17	0	0	0	0	0	3	9	20	30
18-19	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
19-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum	2797	2746	2557	2040	1529	1283	1457	1625	1977	2309	2637	2755
Direct normal irradiation [Wh/m²]												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Overview | Site_info | PV_config | Map_data | Monthly_averages | Hourly_profiles | GI

Figura 9 Resultados de generación hora-hora de la simulación similar a Explorador Solar

13.3.3 REQUISITOS PARA LA POSTULACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED

Contexto

El presente documento contiene las especificaciones para presentar un Sistema Fotovoltaico conectado a la red a través de la Generación Distribuida a los concursos que establece la Ley N°18.450 de Fomento al Riego y Drenaje, el cual tiene como objetivo incentivar la participación de proyectos de riego que incluyan Energías Renovables (ER) de baja escala a través de un mecanismo simplificado para la postulación de dichos proyectos a los recursos de la Ley de Riego.

Esta vía simplificada para la postulación de proyectos de riego con ER repercute en que **no será requerido** para efectos de postulación a los concursos de la CNR **el documento "Respuesta de Solicitud de Conexión a la red" o F4** que emiten las empresas distribuidoras de electricidad, el cual tiene como mayor brecha el tiempo de emisión de dicho formulario del orden de 20 días hábiles, junto con los costos asociados a éste antes de que el proyecto sea bonificado.

Esta vía alternativa considera una manera simplificada de estimar la máxima capacidad del Equipo generador sin la necesidad de requerir de eventuales obras adicionales. Para ello, se debe determinar la "Capacidad de la instalación interior" del beneficiario junto con la "Capacidad de la red de distribución" que suministran las empresas distribuidoras de energía eléctrica. Ambos conceptos serán explicados en los siguientes numerales de este documento, junto con un ejemplo aplicado.

Definiciones

a) **Instalación interior:** Se refiere a las instalaciones eléctricas desde el empalme donde se encuentra el equipo de medida (medidor) hasta los consumos finales del usuario o beneficiario (electrobomba de riego, electrodomésticos, luminarias, etc).
b) **Red eléctrica de distribución:** Corresponde a las instalaciones e infraestructura que proporcionan las empresas concesionarias de electricidad al usuario y que culminan en el empalme eléctrico.
c) **Capacidad de la instalación interior:** Capacidad máxima de potencia en kW que es capaz de tolerar la instalación eléctrica del usuario antes de que operen las protecciones eléctricas sin poner en riesgo al usuario y su instalación. Para efectos de este instructivo, esta capacidad estará limitada por la capacidad que tiene la protección termomagnética o automático ubicado en el empalme eléctrico aguas abajo del medidor.
d) **Capacidad de la red de distribución:** Hace referencia a la capacidad disponible en las redes de distribución de baja tensión para conectar nuevos Equipamientos de Generación (EG) Renovable. Para ello, se aplica la plataforma desarrollada por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) (www.exploradorgd.cl) la cual en base a la capacidad de los transformadores de distribución muestra de manera referencial la capacidad preliminar para conectar un nuevo EG.

Condiciones

El proceso simplificado de evaluación del potencial máximo de generación especificado en este documento aplica solamente para proyectos de riego con Generación Distribuida de baja tensión en instalaciones monofásicas con una **capacidad máxima de 3 kW en corriente alterna**. Para entender de mejor manera lo anterior, se muestra el siguiente ejemplo:

- Si el sistema fotovoltaico cuenta con una capacidad instalada en módulos fotovoltaicos de 3,3 kWp, mientras que el inversor tiene una capacidad de salida de 3 kW, la capacidad total en corriente alterna es 3 kW, por lo cual son aplicables las condiciones de este instructivo.
- Si el sistema fotovoltaico cuenta con una capacidad instalada en módulos fotovoltaicos de 3 kWp, mientras que el inversor tiene una capacidad de salida de 3.6 kW, la capacidad corresponde a 3 kWp, por lo cual son aplicables las condiciones del presente instructivo.

Este mecanismo de evaluación del potencial máximo de generación es referencial y no remplaza los formularios requeridos en el proceso de conexión. El formulario **Respuesta de Solicitud de Conexión o F4 será requerido al momento del "Inicio de obras"** del proyecto.

Es importante mencionar que el F4, además de ser requerido para el desarrollo de proyecto con Generación Distribuida, muestra eventuales obras adicionales o adecuaciones de empalme que podría tener el usuario y que además tendrían costos adicionales. Dado lo anterior, en caso de que existan eventuales obras adicionales señaladas en el F4, estos costos serán asumidos por el beneficiario no pudiendo ser bonificables.

Ejemplo aplicado

En este ejemplo se estimará la capacidad máxima preliminar de generación de un sistema fotovoltaico con generación distribuida de acuerdo con las capacidades máximas disponibles en la red interna del usuario (Capacidad de la instalación interior) y la capacidad en la red de distribución.

Capacidad de la instalación interior

La siguiente fotografía muestra el automático ubicado dentro de la caja del equipo de medida para un usuario con una instalación monofásica.



Fotografía 1 Automático ubicado en empalme de 20 Amper [A]

De la fotografía anterior, se aprecia un automático unipolar para una instalación monofásica de tensión o voltaje de 220V con una curva de operación del tipo C y una capacidad de sobrecorriente de 20 Amper. Para asimilar la corriente **directamente a la potencia en unidades de kW**, se aplicará el Decreto Supremo N°08/2020 que establece las exigencias mínimas que deben ser consideradas en el diseño, construcción, puesta en servicio, operación, reparación y

mantenimiento de toda instalación de consumo de energía eléctrica hasta el punto de conexión del cliente final con la red de distribución, el cual está desarrollado a través de 16 pliegos técnicos normativos llamados “RIC”[1], en específico el **RIC N°01 – Empalmes**.

El Anexo 1.3 del RIC N°01 especifica los tipos de empalme de baja tensión (Bajo 380V) y sus niveles de potencia estandarizados para empalmes monofásicos y trifásicos. Para efectos de este procedimiento, para el caso visto en la fotografía anterior de un empalme de 20A se aplicará el cuadro de empalme monofásico del Anexo técnico antes señalado.

EMPALMES MONOFÁSICOS				
Tipo de tarifa	Interruptor termomagnético (A)	Pot. nominal o Pot. a contratar (kW)	Pot. máxima de empalme (kVA)	Tipo de empalme normalizado
BT - 1	6	1	1,3	A-6 o S-6
	10	2	2,2	
	16	3	3,5	
	20	4	4,4	
	25	5	5,5	
	30	6	6,6	A-9 o S-9
	32	6,5	7,0	
	35	7	7,7	
	40	8	8,8	
TARIFAS RESIDENCIALES DISTINTAS A LA BT1	50	10	11	A-16 o S-16
	63	13	13,8	
A: Concéntrico (Aéreo) / S: Subterráneo				

Figura 1 Capacidad de empalmes monofásicos estandarizadas.

Dado lo anterior, considerando que la fotografía mostraba una capacidad de empalme de 20A, la capacidad máxima de potencia de la instalación anterior corresponde a **4 kW**.

Capacidad de la red de distribución

Para determinar la capacidad de la red de distribución se utilizará la plataforma desarrollada por la SEC (www.exploradorgd.cl[2]). Esta plataforma nace en marco de los 10 años de la Generación Distribuida en Chile y pone a disposición para la ciudadanía un mapa interactivo de “Explorador de Capacidad de Generación Distribuida” en base a la capacidad de equipamiento en las redes de distribución. Para ello, considera la capacidad de transformadores, proyectos conectados a la red operativos con todos sus procesos regulados y proyectos en proceso de conexión, es decir, que ya cuentan al menos con el F4.

[1] PLIEGOS RIC / Reglamento de Seguridad de las Instalaciones de Consumo de Energía Eléctrica- Decreto 08 : Superintendencia de Electricidad y Combustibles (sec.cl)

[2] Piloto_SEC_Exp_pruebas (arcgis.com)

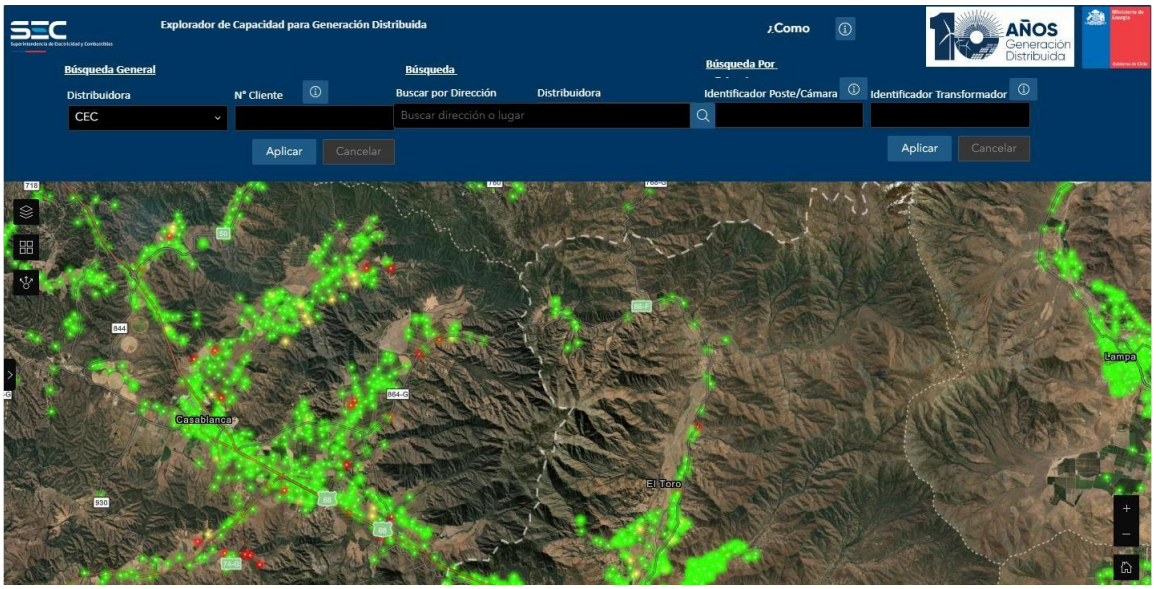


Figura 2 Plataforma Explorador de Generación Distribuida.

La figura anterior, muestra un mapa interactivo en el cual se visualizan puntos con distintas escalas de colores en el cual:

- Punto de color verde hace referencia a transformador en la red de distribución con alta capacidad disponible.
- Punto de color amarillo hace referencia a transformador en la red de distribución con media capacidad disponible.
- Punto de color rojo hace referencia a transformador en la red de distribución con baja o nula capacidad disponible.

Al hacer click en uno de los puntos, mostrará la siguiente información:

- Empresa distribuidora asociada al equipo
- Estado para efectos de capacidad de generación (Disponible, condicionada, complicada)
- Potencia disponible Transformador (kW)
- Porcentaje de disponibilidad
- Código Identificador del transformador
- Capacidad Total Transformador (kW)
- Capacidad conectada EG (kW)
- Capacidad pendiente de conexión (kW)
- Poste ID
- Latitud Y Longitud

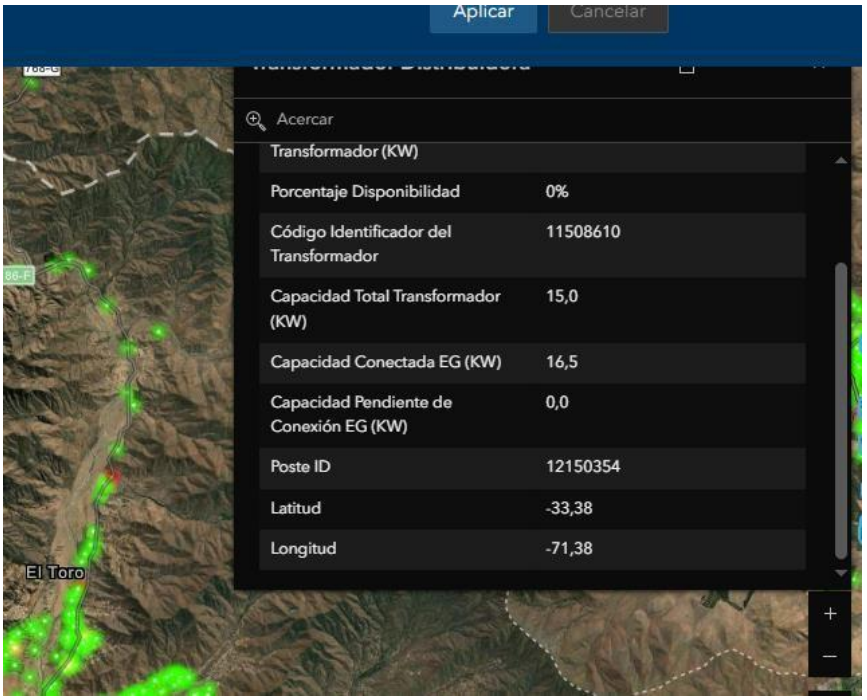


Figura 3 Información asociada a un transformador en Plataforma GD.

El usuario podrá ingresar como input información específica del proyecto según lo siguiente:

- Distribuidora junto con su número de Cliente
- Dirección
- Identificador de cámara o poste
- Identificador de transformador

Ahora, siguiendo con el ejemplo práctico, considerando que el proyecto se encontraría en un punto arbitrario, se tendría lo siguiente:

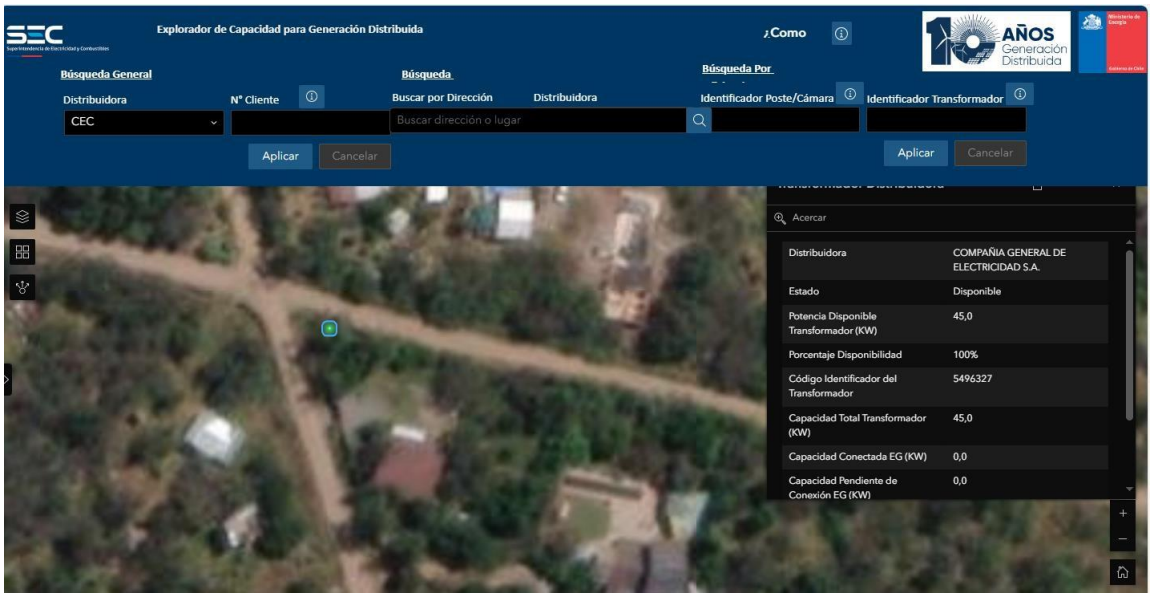


Figura 4 Punto referencial escogido para el ejemplo.

De acuerdo con la imagen anterior, se tiene que el transformador asociado tiene una **capacidad disponible de 45 kW.**

Finalmente, al evaluar la capacidad de la instalación junto con la capacidad de la red de distribución, considerando la menor de ambas capacidades, se tiene una máxima **capacidad de Generación de hasta 4 kW**.

En caso de no contar con información del transformador asociado al proyecto de riego con Generación Distribuida dentro del mapa interactivo de la plataforma de GD, se deberá presentar el Formulario F4 en la postulación del proyecto.

13.4 ANEXO D: MANUAL TÉCNICO DE DESALACIÓN Y PURIFICACIÓN DE AGUAS MEDIANTE ÓSMOSIS INVERSA (BOLETÍN INIA N° 462)

Nota del autor: Debido a la extensión y al tamaño del documento original (300 páginas), y con el propósito de favorecer la fluidez y legibilidad de esta tesina, el Manual técnico de desalación y purificación de aguas mediante ósmosis inversa (Saavedra et al., 2022) no se incluye en los anexos, sino que se pone a disposición mediante el siguiente enlace de descarga:

https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/eb606dda-6449-46e6-832d-e491950476a9/content.

13.5 ANEXO E: DIAGNOSTICO PILOTO DE RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFERO, CUENCA DEL RÍO CACHAPOAL

Nota del autor: Debido a la extensión y al tamaño del documento original (122 páginas), y con el propósito de favorecer la fluidez y legibilidad de esta tesina, el documento Diagnóstico piloto de recarga artificial de acuífero, cuenca del río Cachapoal (Comisión Nacional de Riego, 2023) se pone a disposición mediante el siguiente enlace de descarga:

https://bibliotecadigital.ciren.cl/items/10d0832b-3204-42ea-948b-69984996369e.