




Mejor Riego
para Chile

yo
cuido
el agua

Estudio Básico

“Diagnóstico y Mejoramiento Riego Extrapredial Ayllus Río San Pedro”



Informe Final
Volumen I
Resumen Ejecutivo

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	OBJETIVOS.....	3
2.1.	Objetivo general.....	3
2.2.	Objetivos específicos.....	3
3.	CONTENIDOS DEL INFORME FINAL.....	5
4.	PROBLEMÁTICAS DETECTADAS EN LA ZONA EN ESTUDIO.....	7
5.	METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN EL TERRITORIO PARA ABORDAR LA PROBLEMÁTICA DETECTADA	9
6.	METODOLOGÍA DE APLICACIÓN Y RESULTADOS CENSO AGRONÓMICO DESARROLLADO.....	13
7.	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	17
8.	TRABAJOS DE TERRENO.....	19
8.1.	Trabajos topográficos.....	19
8.2.	Catastro de obras en canales existentes.....	19
8.3.	Trabajos de calicatas y ensayos.....	20
8.4.	Campaña de aforos en canales de riego.....	20
8.5.	Campaña de calidad de aguas en sistema de riego	20
9.	MEJORAMIENTOS PROPUESTOS VALIDADOS POR LA COMUNIDAD Y ORGANIZACIÓN DE REGANTES	21
10.	PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS DE RIEGO.....	25
10.1.	Priorización de obras de mejoramiento en red de canales de riego.....	25
10.2.	Priorización de obras de mejoramiento en tranques	29
11.	ANÁLISIS AMBIENTAL PRELIMINAR Y DE PERTINENCIA DE INGRESO AL SEIA.....	31
12.	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO	33
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35

13.1. Conclusiones.....	35
13.2. Recomendaciones.....	36

1. INTRODUCCIÓN

San Pedro de Atacama es una localidad emplazada en un oasis ubicado en la cuenca del salar de Atacama, en la provincia del Loa, en la II Región de Antofagasta. En la actualidad, la principal actividad económica del sector se encuentra basada en el turismo y en mucho menor grado de la agricultura.

En esta comuna, el río San Pedro, cursa el área permitiendo la configuración de varios Ayllus, unidades territoriales, productivas y sociales, propias de la forma de organización tradicional de la etnia Atacameña, quienes son los encargados de mantener la cultura agrícola indígena en el sector.

Para el desarrollo agrícola histórico de los ayllus de San Pedro de Atacama, ha sido vital el aporte del río San Pedro. Sin embargo, los aportes hídricos de este río han venido disminuyendo desde la década de 1940 en adelante, lo que ha supuesto cambios sucesivos en las prácticas culturales de aprovechamiento y gestión del agua, a fin de mantener la seguridad del riego y sostener una agricultura basada en cultivos tradicionales (maíz, trigo y alfalfa) y el pastoreo (auquénidos, caprinos y ovinos).

En adición a la disminución del recurso hídrico disponible, en la zona se presentan también problemas vinculados con la calidad de las aguas, deficiente infraestructura de riego extrapredial, tanto de conducción como de regulación (acumulación) de caudales, falta de tierras y mal uso de los recursos, subempleo de la mano de obra, deficiente nivel técnico, bajo nivel de ingresos, de vida y de educación. Lo anterior se ve reflejado en que la mayoría de la población en edad activa emigra desde la zona rural a la ciudad a trabajar en turismo, quedando a cargo de los campos y del ganado, ancianos y niños.

En vista de los problemas antes mencionados y con el fin de mejorar la calidad de vida de los agricultores, disminuir la emigración desde el campo a la ciudad y fomentar la actividad agrícola base del desarrollo de las comunidades indígenas y sus ayllus, se ha efectuado el presente estudio denominado "Diagnóstico y mejoramiento riego extrapredial ayllus río San Pedro", Código BIP 40004328-0. El cual se enfoca en efectuar un diagnóstico y propuestas de mejoramiento de la infraestructura extrapredial del sistema de riego de los Ayllus del río San Pedro de Atacama.

De esta manera, las propuestas de mejoramiento aquí planteadas, se han desarrollado bajo una perspectiva multidisciplinaria, con una visión agronómica/social/ambiental/técnica de los mejoramientos requeridos a nivel extrapredial de los sistemas de riego existentes en la actualidad.

Para lograr los objetivos de este estudio y cumplir con las expectativas de los beneficiarios, fue muy importante la componente social/indígena y el punto de vista de las necesidades de las Organizaciones de Regantes, por lo que se desarrolló un intenso trabajo conjunto entre las Organizaciones, la Comisión Nacional de Riego y SMI Ingenieros SpA.

2. OBJETIVOS

Sobre la base de las necesidades y problemas antes mencionados, a continuación, se presentan los objetivos del estudio.

2.1. Objetivo general

Realizar un diagnóstico y propuestas de mejoramiento de la infraestructura extrapredial del sistema de riego de los ayllus río San Pedro de Atacama.

2.2. Objetivos específicos

1. Recopilar y actualizar antecedentes pluviométría, fluviométría, hidrológicos, climáticos, legales y organizacionales, productivos, métodos de riego e infraestructura intra y extrapredial de la cuenca.
2. Caracterizar el estado actual de la infraestructura extrapredial de captación, conducción, distribución y almacenamiento recogiendo las necesidades de los agricultores y de las comunidades indígenas, con relación a la infraestructura de riego extrapredial y sus obras de riego, para los distintos Ayllus que componen la cuenca del Salar de Atacama.
3. Caracterizar el estado actual de la agricultura a través de un diagnóstico productivo, catastro de superficie de regantes (ha), tipo de cultivos, rendimientos, precio de venta (encuesta simple).
4. Caracterizar el estado de situación actual en cuanto a las componentes organizacionales, legales, patrimoniales y ambientales del área regada por el sistema San Pedro.
5. Preparar la elaboración de proyectos, de construcción y mejoramiento de canales, tranques y obras anexas, sistema de monitoreo y control de caudales, considerando variables del tipo legal (ubicación de sitios idóneos para los tranques), arqueológicas (trazado de canales), zonas patrimoniales, zona típica (Monumentos Nacionales), etc.
6. Actualizar las propuestas de turnos de riego con y sin proyecto.
7. Desarrollar una metodología de priorización de infraestructura a construir y/o mejorar.

3. CONTENIDOS DEL INFORME FINAL

Considerando los trabajos desarrollados en las distintas etapas del estudio, a continuación, se describe la estructura de contenidos del informe final desarrollado.

VOLUMEN I - RESUMEN EJECUTIVO

En este volumen se presenta un resumen de los principales trabajos desarrollados en el estudio y los resultados, conclusiones y recomendaciones de los mismos.

VOLUMEN II - ESTUDIOS DE INGENIERÍA

En este volumen se entrega la totalidad de los trabajos de ingeniería desarrollados, se incluye la recopilación de antecedentes, análisis de las principales problemáticas detectadas y levantadas en la zona de riego, trabajos de terreno de topografía, calicatas, campañas de aforos y de toma de muestras de calidad de aguas, estudios técnicos y de ingeniería básica vinculados con la generación de alternativas de solución a los problemas levantados, desarrollo a nivel de perfil de las propuestas de mejoramiento acordadas con los regantes, carpetas de proyectos y propuesta de priorización de alternativas de inversión a desarrollarse en la zona.

VOLUMEN III - ESTUDIO AGROECONÓMICO

Este volumen presenta la totalidad de la información generada en el estudio agroeconómico, se presenta un análisis y descripción de la situación actual del riego, se analizan los resultados obtenidos de la aplicación del censo agronómico efectuado, el que entrega una visión panorámica de la situación agrícola y productiva de la zona en estudio, se exponen las demandas de riego para los cultivos levantados y una descripción del sistema de comercialización de la producción y precios. En forma complementaria se presenta un análisis de los resultados obtenidos de las campañas de muestreo de calidad de aguas y su relación con los cultivos de la zona y su producción.

VOLUMEN IV - ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA

En este documento se presenta la información desarrollada en el estudio de análisis ambiental correspondiente a la identificación de posibles zonas de influencia y el análisis de su impacto en cada una de las alternativas de mejoramiento proyectadas. También en este volumen se entrega la totalidad de los trabajos de participación ciudadana desarrollados en un marco inclusivo, participativo, sustentable y equitativo de los/as agricultores/as y de las organizaciones de regantes.

VOLUMEN V - ÁLBUM DE PLANOS

En este volumen se entregan los planos de topografía y diseños de perfil desarrollados en este estudio.

4. PROBLEMÁTICAS DETECTADAS EN LA ZONA EN ESTUDIO

Sobre la base de la recopilación de antecedentes desarrollada, trabajos de terreno efectuados, visitas a terreno y actividades de participación ciudadana con regantes y estamentos públicos, fue posible identificar con mayor precisión las problemáticas existentes en la zona en estudio, las que se presentan a continuación:

a) Disminución de los recursos hídricos:

Los recursos hídricos en la zona en estudio han sufrido un descenso de un 44% entre los años 1940 y 2019, disminuyendo desde un caudal de 1.127 lt/s a un caudal de 630 lt/s en la actualidad. Este tema ocasiona una baja seguridad de abastecimiento de agua, tanto para riego como para otros usos básicos. Lo anterior se debe al comportamiento de los ríos del sector los que, en los últimos años, han visto disminuidas sus disponibilidades de caudal.

b) Mala calidad de las aguas

El agua de riego del río San Pedro no cumple la Norma Chilena Oficial NCh 1.333 en los parámetros de Aluminio, Arsénico, Boro, Cloruros, Hierro, Sodio, Sulfatos, Salinidad, Sólidos Disueltos y en algunos casos Manganeseo. Producto de lo anterior, el agua del río San Pedro no cumple con las condiciones para ser utilizada como agua de riego, salvo en el uso de especies previamente adaptadas en la zona, principalmente maíz, alfalfa y huertas frutales.

En adición a lo anterior, se tienen sectores aledaños a la ciudad de San Pedro de Atacama que presentan problemas de contaminación por descarga de basuras hacia los canales de riego.

c) Infraestructura de riego

En época de crecidas, las obras de toma y sectores de riego aledaños al río San Pedro, resultan con graves problemas de sedimentación y daños en su infraestructura, quedando inhabilitados.

Desde el punto de vista del sistema de distribución y entrega de las aguas, las obras se encuentran en precarias condiciones, encontrándose sectores con grandes problemas de sedimentación y filtración en los canales de riego. En forma adicional, existe un deficiente sistema de aforos que no permite desarrollar un adecuado control en la repartición de caudales.

Con respecto a las obras de acumulación existentes en la zona, estas presentan serios problemas de sedimentación, lo que produce que no puedan funcionar en su total capacidad.

d) Sustracción ilegal del agua

Debido a que los canales de riego pasan por la ciudad de San Pedro de Atacama y cruzan caminos carreteros internacionales, se tienen puntos del trazado en el que se sufre sustracción ilegal de agua por parte de diversos actores, disminuyendo los caudales disponibles para riego.

e) Baja rentabilidad de los cultivos

El uso de los suelos es el de una agricultura basada en cultivos tradicionales (maíz, trigo y alfalfa) y el pastoreo (auquénidos, caprinos y ovinos). Lo anterior se relaciona a la baja disponibilidad del recurso hídrico, mala calidad del agua, suelos con alto contenido salino, mal uso del recurso y una deficiente infraestructura de obras de captación, almacenamiento y distribución del agua. Lo anterior ocasiona que la mayoría de la producción sea utilizada para autoconsumo y no la producción de cultivos de mayor rentabilidad.

f) Alta parcelación de los terrenos

El parcelamiento de los terrenos está provocando una venta y desglose de los derechos de agua al interior de los diferentes ayllus, los que son adquiridos en su mayoría por miembros no indígenas de los mismos. Lo anterior se contrapone con lo señalado por los estatutos de las comunidades atacameñas de regantes, que indican que las aguas deben ser utilizadas por miembros indígenas, lo que significa que hay varios terrenos que están quedando sin riego.

g) Tendencia a migraciones, masculinización y envejecimiento de la población

En la zona rural, donde se produce la agricultura, se ha producido un envejecimiento de la población producto de la emigración de la juventud hacia la ciudad en busca de una mejor calidad de vida. Lo anterior se explica debido a la falta de expectativas en la zona y a oportunidades laborales en el rango de población activa.

De igual manera, en la zona rural la población es mayoritariamente masculina, lo que se explica por la migración femenina hacia sectores urbanos, y por la concentración de hombres en sectores donde se desarrolla la actividad agrícola.

h) Debilidad de las organizaciones de usuarios

De acuerdo a lo observado en terreno y a los trabajos desarrollados en conjunto, se puede concluir que uno de los problemas y origen también de muchos otros, es la debilidad de las organizaciones de usuarios. Lo anterior tiene relación con la falta de capacitación en temas de derechos de aguas, herramientas legales y jurídicas, herramientas de financiamiento de obras de riego, tenencia de la tierra y organización de comunidades de aguas. Lo anterior debido a que no tienen conocimiento de sus obligaciones, facultades y herramientas de apoyo por parte del estado.

5. METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN EL TERRITORIO PARA ABORDAR LA PROBLEMÁTICA DETECTADA

Como primera actividad, previo al ingreso a trabajar con la totalidad de la comunidad en la zona, se han desarrollado entrevistas y reuniones iniciales con miembros claves de la comunidad de regantes, en este caso y considerando la alta componente indígena de la población de San Pedro de Atacama, se han seleccionado dirigentes de la Asociación de Regantes que al mismo tiempo son dirigentes en las comunidades indígenas. Sobre la base de este primer trabajo fue posible generar el siguiente diagnóstico:

- ✓ La Asociación Atacameña de Regantes del río San Pedro está regularizada por medio de la Ley Indígena y no por el Código de Aguas, por lo que se rigen por lo establecido por dicha Ley.
- ✓ Aproximadamente el 57% de los regantes son miembros de una comunidad indígena y de la asociación de regantes, por lo que sus usos y costumbres obedecen a este tipo de cultura. Desde el punto de vista operativo, es necesario indicar que el manejo de las aguas y su repartición, recae en manos de la Asociación de Regantes, pero, las autorizaciones de ingreso a los diversos Ayllus y las zonas de trabajo (propiedad de la tierra) se desarrollan por medio de las comunidades indígenas.
- ✓ A partir de experiencias pasadas, existe una gran desconfianza por parte de las dirigencias y las comunidades con respecto al Estado y las empresas consultoras, los que han trabajado con las comunidades sin tomar en cuenta sus opiniones (crítica transversal a todos los entes públicos).
- ✓ Existe una gran desconfianza en los objetivos de los estudios y sus resultados, lo anterior debido a promesas incumplidas, obras construidas con malos resultados (Tranque Huachar), proyectos que no se ejecutan y no siguen adelante, además de mesas de trabajos que han sido descontinuadas.
- ✓ Se deben respetar los tiempos que toman las comunidades en dar respuestas a consultas y organizaciones de actividades, los que son más lentos de lo habitual con respecto a aquellos sectores que no pertenecen a pueblos originarios, ya que las decisiones se toman como comunidad y no en forma individual.

De este ingreso inicial y diagnóstico de la zona de estudio, el principal problema detectado fue la gran desconfianza existente con el sector público y que el trabajo se desarrolle tomando en consideración las opiniones de los miembros de las comunidades.

Sobre la base de lo anterior y con el fin de restablecer las confianzas entre las partes y desarrollar el estudio con la colaboración activa de la Asociación de Regantes, la metodología de trabajo implementada fue la siguiente.

- i. Previo al ingreso de SMI Ingenieros SpA a la zona, la CNR envió a los dirigentes de la asociación de regantes y de las comunidades Indígenas, un oficio en el que se indica que se dará inicio al estudio, indicando su origen, objetivos y empresa consultora asociada (presentación del estudio y de la empresa consultora).

- ii. El ingreso al sector de los trabajos por parte de SMI Ingenieros, se desarrolló por medio de una primera presentación a las comunidades indígenas y a los dirigentes de la asociación atacameña de regantes del río San Pedro. En estas reuniones se definió de manera conjunta la forma de trabajo con la comunidad y el desarrollo de los trabajos de terreno.
- iii. Se han identificado y sostenido reuniones permanentes con aquellos líderes que tienen participación tanto en la comunidad indígena como en la asociación de regantes, restableciéndose espacios de confianza para el trabajo conjunto.
- iv. Se incorporó como apoyo de la empresa consultora en la zona, a un miembro de confianza de la asociación de regantes, el que se encontraba además validado por la comunidad indígena, lo cual facilitó los permisos de acceso y desarrollo de los trabajos de terreno en forma conjunta. Este miembro de la comunidad acompañó al consultor al inicio de cada actividad en terreno y durante el desarrollo de la misma, apoyando en las solicitudes de los permisos de acceso correspondientes y facilitando la participación de la comunidad en el caso de las encuestas agronómicas.
- v. Se estableció una secuencia de contacto permanente y de participación continua en el estudio con los líderes de la asociación de regantes, paralela a las actividades ampliadas de participación ciudadana, por medio de comunicación vía electrónica, telefónica y de reuniones presenciales. Abierto a acoger todas sus sugerencias e inquietudes, teniendo en cuenta el tema técnico para su inclusión.
- vi. En las actividades de participación ciudadana ampliadas desarrolladas, se han generado espacios de participación e integración de la comunidad, incorporando su opinión en los aspectos técnicos, para esto se han desarrollado talleres de trabajo separados por grupos de riego con un coordinador de grupo en cada uno. De esta manera, las actividades ampliadas estuvieron enfocadas en este trabajo grupal, más que en el expositivo general.
- vii. En las actividades desarrolladas, se explicó claramente a cada grupo de trabajo en los diversos talleres, por medio de planos y láminas explicativas de las obras, la inclusión o no de las solicitudes de los regantes, indicando el cómo fueron incluidas y el por qué en el caso de no haberlo sido.
- viii. Una vez iniciado el proceso de confinamiento por la Pandemia de COVID19, se mantuvo el contacto con la asociación de regantes, por medio de reuniones online con los dirigentes, donde se explicó el estado del proyecto y se acogieron sus sugerencias e inquietudes respecto al estudio.
- ix. Al finalizar el estudio, se les hace entrega a los dirigentes de la asociación de regantes de copia del informe final junto con las carpetas de los proyectos generados, además de indicaciones de los pasos a seguir para postular a proyectos de la Ley de Riego y así lograr ejecutar las obras identificadas.

Sobre la base de la metodología antes mencionada, se han obtenido los siguientes resultados:

- ✓ Restablecimiento de lazos de confianza y de trabajo conjunto entre la Asociación de Regantes, Comunidades Indígenas y la Comisión Nacional de Riego.
- ✓ Generación de espacios de participación, integración y trabajo en conjunto con la directiva de la asociación de regantes.
- ✓ Se lograron establecer espacios de participación e integración de la comunidad, tanto en talleres como en el desarrollo de trabajos de terreno en conjunto (catastros, topografía mecánica de suelos, aforos, calidad de aguas, encuesta agronómica).
- ✓ Se logró un buen nivel de participación presencial en las reuniones (70 personas), lo que permitió tener una buena validación del trabajo desarrollado.
- ✓ Identificación de problemas, generación de alternativas de mejoramiento de la red de riego e incorporación de tranques de regulación y validación de las mismas, en conjunto con la comunidad.
- ✓ Validación por parte de la asociación de regantes, las comunidades indígenas y la CNR, de la metodología de trabajo implementada.
- ✓ Valoración por parte de la asociación de regantes del trabajo implementado por la CNR y SMI Ingenieros SpA.

6. METODOLOGÍA DE APLICACIÓN Y RESULTADOS CENSO AGRONÓMICO DESARROLLADO

Con el fin de disponer de una descripción completa y actualizada de las principales componentes agroeconómicas de la zona en estudio, se ha desarrollado una encuesta simple censal, la cual es representativa de la situación presente en el año 2019.

Es necesario indicar que previo al inicio de los trabajos del censo agronómico, se tenía una negativa por parte de la comunidad de regantes a participar en un censo de este tipo, principalmente por el temor al uso que se le podía dar a la información recopilada. Según lo informado por la directiva de la asociación de regantes, en estudios anteriores se había intentado desarrollar este tipo de trabajos, pero no habían tenido la colaboración requerida, fracasando en su aplicación.

Sobre la base de lo anterior y con el fin de lograr una exitosa aplicación del censo y al mismo tiempo establecer confianzas para trabajos futuros, para el desarrollo de esta encuesta simple censal se implementó la siguiente metodología:

- I. Transparencia de los objetivos y definición en conjunto con los dirigentes de la Asociación de Regantes de los contenidos a preguntar en la encuesta censal, sus alcances y metodología de aplicación. Esto debido a la desconfianza existente en un comienzo producto de experiencias con estudios anteriores.
- II. Aprobación de las preguntas y metodología de aplicación de la encuesta censal por parte de los participantes a la primera actividad de participación ciudadana ampliada desarrollada. De esta manera se logró validar el trabajo desarrollado en conjunto con la directiva de la Asociación de Regantes, quienes también solicitaron una vez aprobada la encuesta, la participación de toda la comunidad en el censo.
- III. Apoyo por parte de los dirigentes de los distintos grupos de riego y de la directiva de la asociación de regantes en la aplicación de la encuesta agronómica, mediante la participación presencial constante de alguno de ellos en el desarrollo de la misma, o del miembro validado por la comunidad que trabajó como apoyo con SMI.

Sobre la base de la metodología antes descrita, se han logrado los siguientes resultados:

- ✓ Fortalecimiento de las confianzas entre la directiva y la comunidad miembro de la asociación de regantes con la Comisión Nacional de Riego y SMI Ingenieros SpA. Lo que permitió además de la aplicación de la encuesta agronómica, facilitar el desarrollo de los otros trabajos de terreno desarrollados en este estudio (catastro, aforos, topografía, mecánica de suelos y toma de muestras de calidad de agua).
- ✓ Lograr una cobertura y participación del 94% de los predios (equivalentes al 95% de la superficie). Logrando romper la tendencia de baja participación de los últimos estudios desarrollados en la zona.

- ✓ Validación y valoración por parte de la directiva de la asociación de regantes y de la comunidad del método de trabajo a desarrollarse.

Con respecto a la información entregada por la encuesta agronómica, a continuación, se resumen sus principales aspectos que tienen interés en la descripción de la realidad del área en estudio para el año 2019.

- La mayoría de los regantes (57%) son miembros de comunidades indígenas, la parte que no lo son, corresponde generalmente a foráneos tanto nacionales como extranjeros que se residenciaron en la zona y muchos de ellos trabajan en los sectores de turismo, hotelería y comercio.
- Los turnos de riego están en directa relación al tamaño de los predios, a mayor tamaño, mayor número de horas de riego. En relación a los turnos, debido a la escasez de recursos hídricos, éstos son demasiado distantes entre uno y otro (15 a 30 días), entregándose entre 2 y 2,5 horas por ha a los predios, lo que podría superarse, en parte, a medida que existan mayores obras de regulación, ya sea con tranques de cabecera, comunitarios o de regulación nocturna.
- Se tienen 1.430,56 ha bajo cota de canal, de las que tan solo 666,5 ha son potencialmente cultivables, encontrándose bajo riego 655,96 ha con una baja seguridad de riego. Esta superficie corresponde a 1.261 predios.
- Un resumen de los principales tipos de cultivos identificados en la zona, junto con sus métodos de riego se presentan en la tabla siguiente:

Tabla N° 6-1 Resumen tipos de cultivos separados por Ayllu

Ayllu	Superficie Cultivos (ha)								Método de Riego	%
	Alfalfa	Maíz	Trigo	Vides	Hortalizas	Huerto Frutal	Otros	Total		
Catarpe	20,55	9,05	0,30	0,00	1,14	3,13	0,00	34,17	100% IE	5%
Quitor	41,54	11,06	0,80	0,70	0,51	5,65	0,45	60,71	94,5% IE / 5,5% T	9%
Checar	32,01	4,91	0,00	0,00	0,21	0,99	0,21	38,33	100% IE	6%
Yaye	27,96	9,68	0,00	0,00	0,25	2,11	0,25	40,25	100% IE	6%
Condeduque	44,67	6,73	0,00	1,00	1,23	10,39	2,12	66,14	95,0% IE / 4% T / 1% G	10%
Larache	50,30	4,16	0,00	0,00	0,07	1,09	0,37	55,99	91,3% IE / 8,7% T	9%
Solcor	46,17	8,45	0,00	0,00	0,85	6,89	0,07	62,43	100% IE	10%
Coyo	33,16	10,79	0,00	0,07	2,21	8,98	1,76	56,97	100% IE	9%
Sequitur	33,45	9,66	0,21	0,08	0,58	3,07	1,52	48,57	90% IE / 10% T	7%
Solor	98,58	26,99	0,65	0,00	0,67	3,72	1,07	131,68	99% IE / 1% S	20%
Cucuter	52,45	7,70	0,25	0,00	0,06	0,25	0,05	60,76	100% IE	9%
Total	480,84	109,18	2,21	1,85	7,78	46,27	7,87	656,00		100%

Notas: IE: Inundación de eras, T: Tendido a surcos, G: goteo, S: Surcos

Fuente: Elaboración Propia. Volumen III Estudio Agroeconómico

- El cultivo de maíz y alfalfa concentra el 17% y el 73% de los terrenos regados, el resto corresponde a huertos frutales y hortalizas. Los sistemas de riego utilizados corresponden a métodos gravitacionales del suelo (99,15% de la superficie regable), tales como inundación de eras, tendido y surco, y en mucha menor medida (0,85% de la superficie regable) riego por goteo con aguas del río y en época de escasez con agua potable o grises con tratamiento domiciliario, utilizadas en invernaderos de hortalizas y vid vinífera de cepa local.
- En el caso de los frutales, éstos son a nivel de huertos frutales prácticamente adaptados a las condiciones de la zona, pero producidos a baja escala y mayoritariamente de autoconsumo. La excepción está dándose en el cultivo de vides viníferas, que en la actualidad se están dando algunos casos en donde se está probando con patrones resistentes a sales.
- En el caso de hortalizas, prácticamente la totalidad de la producción es de autoconsumo, con bajos rendimientos y regados mediante aguas del mismo río San Pedro y, en épocas de escasez, con el uso de agua potable y aguas grises.

7. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La organización de regantes existente en el sector corresponde a la Asociación Atacameña de Regantes y Agricultores de San Pedro de Atacama, la que se constituye como Asociación Indígena de conformidad a la Ley 19.253, encontrándose inscrita en Fs. 45 N°46 del año 1999 en el Registro de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de El Loa Calama.

Desde el punto de vista de los derechos de agua, la Comunidad Atacameña de Río Grande y Asociación Atacameña de Regantes y Agricultores de San Pedro de Atacama tienen derechos de naturaleza superficiales y corrientes del tipo consuntivos, permanentes y continuos, los que en su conjunto suman un total de 1.157 l/s.

Con respecto a los regantes miembros de la Asociación de Regantes y en base a la información recopilada por la encuesta censal, se tiene que en la zona en estudio se contabilizan 1.263 regantes, de los cuales 724 pertenecen a comunidades indígenas y el resto corresponde en su mayoría a foráneos que han llegado a asentarse en San Pedro de Atacama.

Desde el punto de vista de la superficie total bajo cota de canal que es parte de la jurisdicción de la asociación de regantes, sobre la base de la información recopilada en la encuesta agronómica, se tienen 1.430,56 ha, de las que tan solo 666,5 ha son potencialmente cultivables, encontrándose para el período 2018-19 bajo riego 655,96 ha con una baja seguridad de riego. Esta superficie corresponde a 1.261 predios.

También sobre la base de la encuesta agronómica desarrollada y desde el punto de vista de los cultivos de la zona, el cultivo más relevante es la alfalfa con casi 481 ha, seguido por el maíz choclo, con 109,17 ha. Además de alfalfa y el maíz se encuentran algunos frutales de autoconsumo, entre los que se destacan pera, membrillo y granado. Además, cultivan hortalizas (lechuga, cebollín, tomate, haba, zanahoria y betarraga), tanto al aire libre como en invernadero. Estos cultivos son regados por métodos tradicionales, entre los que figuran inundación de eras, tendido, surco y, en menor proporción, el sistema de goteo. La mayoría de estos cultivos son utilizados para autoconsumo y/o comercializados en menor medida en la zona de San Pedro de Atacama.

Otro rubro interesante identificado en la zona es la vid vinífera, especie que ha sido cultivada con éxito en Toconao y que se está trabajando en Quítor y Condeduque. Esta última es abastecida por el río San Pedro, y elabora vino para consumo local.

La principal limitante existente en la zona para abastecer el riego de los cultivos y mejorar las seguridades de riego y de calidad de los productos, es la escasez hídrica que existe en el sector, esto ha sido verificado en el estudio hidrológico desarrollado, determinándose una baja en los caudales del río San Pedro del orden del 15% en los últimos 30 años (período 1983-2017), encontrándose una media de los caudales afluentes de entre 0,60 y 0,80 m³/s. Lo anterior se contrapone con los caudales máximos de crecidas registrados producto del invierno altiplánico, que son del orden de 270 m³/s para un período de retorno de 100 años, lo que causa graves daños en la infraestructura de riego, quedando las bocatomas totalmente embancadas y destruidas la mayoría de los años, paralizando el sistema de riego durante su período de limpieza y reparación.

Desde el punto de vista de la distribución y repartición de las aguas, debido a la escasez hídrica presente en el sector, la zona de riego se encuentra subdividida en 7 grupos, los que funcionan en base a turnos de riego bastante espaciados (15 a 30 días), entregándose entre 2 y 2,5 horas por ha a los predios, ostentando cada regante, derechos de uso de aguas proporcionales al tamaño de la tierra que posee. El sistema opera en función de los caudales afluentes en el río San Pedro y el llenado nocturno de 3 estanques de regulación existentes en el sistema (Huachar, N°7 y Solor).

Con respecto a la infraestructura de riego, en la zona existen 6 bocatomas que captan el agua desde el río San Pedro, de las que la principal corresponde a la bocatoma del canal matriz San Pedro, presentando todas obras de desvío y canales de aproximación del tipo rudimentarios.

Considerando las obras de acumulación existentes en el sector, se encuentran 3 tranques de regulación nocturna (Huachar, Solor y San Pedro o N°7) y uno en construcción (Coyo). Respecto a los tranques existentes, sus volúmenes aproximados son de 17.000, 7.200 y 750m³ respectivamente. Estos tranques presentan problemas de sedimentación y deben ser limpiados todos los años.

Es necesario señalar que en la zona en estudio existe un descontento con respecto a los tranques y embalses ejecutados, ya que estos no han cumplido con las expectativas prometidas a los regantes y han tenido que efectuar el pago de las obras, sin lograr los beneficios esperados. Producto de lo anterior, una de las solicitudes repetitivas en las actividades de participación ciudadana fue la de no incorporar más obras de regulación del tipo tranque dentro del sistema.

Desde el punto de vista de los canales de riego, se tiene un total de 34 canales, los que en su conjunto tienen una longitud total aproximada de 67 Km. De estos canales, el principal corresponde al canal matriz San Pedro que tiene una longitud de 9,50 km. Los canales de riego se encuentran en precarias condiciones, con problemas en sus desarenadores, sifones, obras de entrega y obras de arte. El principal problema levantado y corroborado con los regantes tiene relación con la sedimentación y filtraciones en la mayoría de ellos.

Con respecto a los sistemas de control y monitoreo de la distribución del agua, en la actualidad no existen puntos de aforo suficientes en el sistema de canales de riego, lo cual no permite una correcta repartición de las aguas, simplemente se efectúa la distribución en base al uso y costumbre y la confianza entre los regantes. De igual manera, debido a lo extenso del sistema, se presentan problemas de operación con respecto a la apertura y cierre de compuertas, lo anterior debido a las demoras en los traslados por parte del celador.

8. TRABAJOS DE TERRENO

Para cumplir a cabalidad con los objetivos de este estudio, se han llevado a cabo los siguientes trabajos de terreno.

8.1. Trabajos topográficos

Los trabajos topográficos desarrollados se han efectuado en el sistema de referencia UTM, Huso 19, con Datum de Referencia SIRGAS, equivalente en términos prácticos a utilizar el Sistema WGS84. Como punto de amarre a la red geodésica nacional, se ha utilizado el vértice denominado SPAT, correspondiente a un vértice SIRGAS del IGM. Posteriormente a partir del vértice PN IGM B4 69 1956 existente, se procedió a ligar en cota los puntos de la poligonal principal.

La poligonal principal se encuentra conformada por 12 PR's, de los cuales 3 corresponden a puntos existentes provenientes del estudio desarrollado por Arrau Ingenieros del año 2012 y 9 han sido desarrollados en esta Consultoría. De igual manera se ha elaborado una poligonal secundaria en el sector de la bocatoma, por medio de la ejecución de otro PR, triangulado con la poligonal principal.

Los trabajos topográficos desarrollados corresponden a los siguientes:

- ✓ Generación sobre la base del levantamiento aerofotogramétrico existente, de la cartografía en escala 1:5.000 de la zona en estudio.
- ✓ Levantamiento de todos los canales del Sistema de riego San Pedro (64 Km), sobre la base de perfiles transversales.
- ✓ Levantamiento de la bocatoma del canal San Pedro en un área aproximada de 0,4 Hectáreas y con una densidad de puntos acorde a la escala solicitada 1:500.
- ✓ Se realizó el levantamiento de 40 perfiles transversales al río San Pedro, repartidos en 20 perfiles aguas arriba de la Bocatoma y 20 perfiles aguas abajo de la Bocatoma.
- ✓ Levantamientos topográficos de los Tranques Existentes Solor y Huachar en una escala 1:500 con una superficie total de 3,7 ha en su conjunto.
- ✓ Levantamiento de 3 desarenadores existentes, además de la zona de emplazamiento propuesta de 3 desarenadores proyectados. Estos levantamientos se desarrollaron en escala 1:500.

8.2. Catastro de obras en canales existentes

Se han desarrollado el catastro de las obras principales existentes en el sistema de canales de riego, efectuando el recorrido de 66 km de canales. Del catastro desarrollado, se ha determinado que los principales problemas del sistema tienen relación con sedimentación y embancamiento de obras, sedimentadores subdimensionados, sifones que carecen de desarenadores y obras de evacuación de excesos, compuertas y obras de entrega en mal estado y varios tramos de canales en mal estado y con problemas de filtraciones.

8.3. Trabajos de calicatas y ensayos

Se han ejecutado 34 calicatas de una profundidad máxima de 3m en la zona de proyecto. Desarrollándose en forma adicional, 9 ensayos de corte directo, consolidación, permeabilidad en laboratorio y compresión no confinada.

De los trabajos desarrollados, se concluye desde el punto de vista de la dureza y trabajabilidad del suelo, que este es un material común, no encontrándose elementos muy duros o en roca, los que permiten materializar sin inconvenientes las obras proyectadas en el sector. Con respecto a las permeabilidades, se tiene que las obras proyectadas en terreno natural presentarán problemas de filtraciones al igual que los tranques del sistema, lo que involucra necesariamente la incorporación de revestimientos.

8.4. Campaña de aforos en canales de riego

Se han desarrollado 115 aforos distribuidos a lo largo de la red de riego del sistema San Pedro. Se ha determinado que la pérdida de caudal en la parte alta del canal Matriz San Pedro (Entre Bocatoma y sector caseta Catarpe) es del orden del 3,5%, lo anterior debido a que el canal se encuentra revestido en casi todo ese tramo. Posteriormente, el tramo del canal Matriz San Pedro comprendido entre la caseta de Catarpe y la entrega al derivado Solor, es el sector que presenta las mayores pérdidas de caudal, correspondientes al 18,5%. Lo anterior se debe a la existencia de varios tramos de canal que se encuentran con problemas de revestimiento y filtraciones, además de problemas de deslizamientos y derrumbes de material sobre el canal. Con respecto al tramo comprendido entre el derivado Solor y el Sector del Derivado Coyo, se han registrado pérdidas de caudal del orden del 10%.

Del análisis anterior, se concluye que, para esta campaña de aforos desarrollada, se tiene una pérdida total del canal matriz San Pedro entre la bocatoma y la entrega al derivado Coyo es de aproximadamente un 32%.

8.5. Campaña de calidad de aguas en sistema de riego

Se han tomado 10 muestras del tipo físico químico y 46 de muestreo bacteriológico. Según los valores obtenidos en el agua de riego del río San Pedro, para muchos parámetros no se cumple la Norma Chilena Oficial NCh 1333 principalmente en el contenido de sales (alto contenido). Producto de lo anterior, se puede concluir que el agua del río San Pedro no cumple con las condiciones para ser utilizada como agua de riego, salvo en el uso de especies previamente adaptadas en la zona, principalmente maíz, alfalfa y huertas frutales. Otra posibilidad es el uso mezclado con agua potable y la introducción de patrones resistentes a salinidad, como es el caso del maíz choclo local, betarraga, lechuga, zanahoria, zapallo, alcachofa, espárrago, brócoli y apio, entre otras. En el caso de frutales, existen especies más tolerantes a las sales, como los cítricos, olivo y granado, entre otros.

9. MEJORAMIENTOS PROPUESTOS VALIDADOS POR LA COMUNIDAD Y ORGANIZACIÓN DE REGANTES

Para la validación de las problemáticas y soluciones planteadas por parte de la comunidad de regantes, se ha desarrollado el siguiente trabajo:

- ✓ Sobre la base de las problemáticas levantadas en la zona por SMI y complementadas con la información recogida en la primera actividad ampliada de participación ciudadana, se ha expuesto en la segunda actividad ampliada, las propuestas de las distintas ideas comunitarias o individuales de mejoramiento, presentándose las soluciones conceptuales a los problemas planteados. En esta presentación se ha discutido en conjunto con la comunidad las ventajas y desventajas de cada una de las ideas propuestas.
- ✓ Una vez discutidas con los regantes las propuestas de ideas de solución, se ha sometido a opinión de ellos, si están de acuerdo con las propuestas de ideas, o si es necesario reestructurarlas, considerando los problemas técnicos que pudieran existir en la práctica. De esta manera, se ha logrado definir en conjunto con los beneficiarios, una idea preliminar de los mejoramientos a implementarse, de manera de tener iniciativas de inversión que cumplan con los requerimientos de los regantes.
- ✓ Sobre la base de lo anterior, se ha desarrollado en conjunto con los regantes, una priorización de las ideas de mejoramiento antes planteadas, de manera de poder seleccionar aquellas que serán desarrolladas a nivel de perfiles de proyectos.
- ✓ Finalmente se ha desarrollado una reunión por videoconferencia con la directiva de regantes, donde se han validado las problemáticas y soluciones planteadas.

Sobre la base de lo anterior, en el caso de la asociación atacameña de regantes de San Pedro, existe un total de 56 obras de mejoramiento proyectadas, de las cuales 54 corresponden a obras en canales de riego y 2 a obras en embalses.

En adición a lo anterior, se han identificado posibles iniciativas de inversión, complementarias a los proyectos anteriores, los que tienen relación con la incorporación de proyectos de desalación de aguas, reutilización de aguas provenientes desde la PTAS de San Pedro de Atacama y la incorporación de sistemas del tipo barrier ball en embalses.

Es necesario destacar que, según lo señalado por los regantes miembros de la asociación atacameña de regantes y agricultores de San Pedro de Atacama, se ha indicado expresamente en las actividades de participación ciudadana, que no se desea el desarrollo de nuevas alternativas de tranques o embalses, lo anterior debido a la mala experiencia que se ha tenido en la zona con el pago, operación y mantención del tranque Huachar existente. Producto de lo anterior, es que no se han desarrollado perfiles de mejoramiento de nuevas alternativas de embalse en la zona, sin embargo, se han identificado de forma preliminar, los volúmenes que podrían incorporarse al sistema para los distintos grupos de riego.

Sobre la base de la priorización de las necesidades de los regantes, se ha realizado una priorización de las obras requeridas, las cuales se muestran en el cuadro siguiente:

Tabla N° 9-1 Resumen de ideas validadas y priorizadas por la Asociación de Regantes

Grupo N°	Tipo de Obra										Total
	Cruce Quebrada	Entubado y/o Cierre Canal	Cambio Trazado - Nuevo Canal	Revestimiento	Desarenador	Obra de Arte Camino	Obras de Entrega	Sifón	Perfilamiento de Canal	Mejoramiento Tranque	
1	2	6	2	0	5	1	0	0	0	0	16
2	0	0	0	2	2	1	0	2	0	0	7
3	0	0	0	4	2	0	3	0	0	0	9
4	0	2	1	1	3	0	0	2	1	0	10
5	0	2	1	0	1	0	1	1	2	0	8
6	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	3
7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	3
Total	2	12	4	7	14	2	4	6	3	2	56

Fuente: Elaboración Propia. Volumen II Estudios de Ingeniería y Trabajos de Terreno. Anexo Priorización

Como se aprecia en las tablas anteriores, se tiene un total de 56 obras priorizadas por los regantes para la totalidad del sector en estudio, las que pueden desglosarse en 10 tipologías principales (cruces de quebradas, entubado y/o cierre de canales, cambios de trazado y diseño de nuevos canales de riego, revestimiento de canales, inclusión de nuevos desarenadores, mejoramiento de obras de arte en caminos, mejoramiento de obras de entrega y compuertas, mejoramiento de sifones, perfilamiento de canales y el mejoramiento del tranque N°7 o San Pedro).

De las obras priorizadas, se tiene que las principales (y aquellas que presentan mayor prioridad) corresponden a las de construcción de desarenadores, entubado y/o cierre de canal para evitar problemas de arenas y dunas, además de aquellas obras vinculadas con revestimiento de canales de riego y mejora de sifones en el sistema.

Los principales problemas levantados en las actividades iniciales del estudio tienen relación con los sedimentos y embancamiento de las distintas obras que componen el sistema de riego. Es necesario indicar que, en el caso de los sedimentos y embancamientos, se han planteado soluciones diferenciadas en función de la causa del problema.

En el caso de la parte alta, las principales causas del problema de los sedimentos tienen relación con embancamientos debidos a crecidas o caída de sedimentos desde las quebradas, además de que los desarenadores existentes se encuentran subdimensionados, producto de lo anterior, las soluciones planteadas son de cruces de quebradas y la incorporación de desarenadores de mayor tamaño.

En el caso del sector medio del cruce de los canales por la ciudad, los principales problemas de los sedimentos se dan por embancamiento de los canales, sifones, obras de arte, además de desarenadores subdimensionados, por lo que las soluciones planteadas en este aspecto tienen relación con la incorporación de nuevos desarenadores de mayor tamaño y redimensionamiento de sifones y obras de arte.

Finalmente, en el tramo final de los canales de riego, el problema de sedimentación se debe a el arrastre de arena desde las dunas hacia los canales de riego, además de desarenadores subdimensionados, producto de lo anterior, las soluciones planteadas en este sector son tendientes a la incorporación de desarenadores de mayor tamaño y al entubado o cierre del canal en los tramos en que pasa por arenas y/o dunas, dejando cámaras de inspección que permitan el ingreso para su limpieza.

Los desarenadores considerados tienen tamaños variables en función de los caudales a transportar, destacándose los desarenadores de la parte alta, los que tienen un tamaño del orden de 20 m de largo, por 3 m de ancho y una profundidad de 3,5 m. Estos desarenadores están compuestos de 2 en paralelo, de manera que mientras se efectúa la limpieza de uno, queda otro en operación. Los desarenadores considerados contemplan mantención y limpieza manual.

Con respecto a los entubados de los canales de riego, también se ha adoptado esta solución debido a requerimientos de los regantes en algunos tramos de los canales (cruce de la carretera) debido a que existe robo de agua en dichos sectores o contaminación debido a descargas de aguas grises por parte de camioneros. Es necesario indicar que todas las soluciones de entubamiento consideran un diámetro mínimo de 800 mm con el fin de facilitar su ingreso y limpieza, además de cámaras de inspección cada 50 m.

Sobre la base de la campaña de aforos desarrollada y los catastros desarrollados, además de las indicaciones de los regantes en las actividades de participación desarrolladas, se han definido aquellos sectores que requieren de revestimientos para evitar las filtraciones en el sistema de la red de canales de riego. Estos revestimientos se concentran hacia la parte final de la red de canales de riego. Se han considerado revestimientos en hormigón, debido a su durabilidad y resistencia frente a los rayos UV.

10. PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS DE RIEGO

Para la priorización de las obras a implementarse, se han desarrollado matrices multicriterio considerando diversos aspectos, entre los que se destacan los aspectos económicos, técnicos, legales y ambientales y sociales.

Para la definición de los aspectos multicriterio a utilizar, se han tomado en consideración además de las priorizaciones señaladas por los regantes (interés por las obras), otros aspectos importantes señalados por la Ley de Fomento al Riego 18.450, como son el costo total de la obra, el costo de la obra por hectárea y el costo de la obra por beneficiario, pérdidas por filtración que se están mejorando en las obras lo que tiene relación directa con el aumento de la superficie a mejorar, de igual manera, se han tomado en consideración el número de usuarios o de regantes beneficiados con la obra y la disposición a pago o aportes por parte de los beneficiarios.

En adición a lo anterior, se ha incluido la componente de aspectos legales/ambientales, los que hacen referencia a las dificultades que pueden encontrarse al momento de ejecutar las obras, de manera de priorizar aquellas que no interfieren con lugares patrimoniales, ambientales o arqueológicos de la zona.

10.1. Priorización de obras de mejoramiento en red de canales de riego

Sobre la base del análisis multicriterio efectuado, a continuación, se presenta la priorización propuesta de obras de mejoramiento en la red de canales de riego.

Tabla N° 10-1 Priorización de obras de mejoramiento en red de canales de riego

N°	Código Obra	Grupo de Riego	Descripción	Ubicación	NOTA FINAL
1	1-3-MSP-DM	2	Desarenador canal matriz San Pedro	Aprox. Km 0,42 del canal matriz San Pedro aguas abajo del tranque Huachar. Antes de la entrega a derivado Turbina	6,97
2	11-1-MSP-DM	1	Desarenador inicio canal matriz San Pedro	Aprox. en Km 0,29 del canal matriz San Pedro	6,97
3	18-1-MSP-DM	1	Desarenador canal matriz San Pedro	Sector Desarenador matriz San Pedro Existente	6,97
4	16-1-MSP-DM	1	Desarenador tranque Huachar	Aprox. en Km 0,67 del canal matriz San Pedro	6,97
5	4-2-MSP-DM	1	Desarenador canal matriz San Pedro	En cercanías del desarenador existente del canal matriz San Pedro, en puerta acceso Cuchabrache. Aprox. 1,56 Km aguas abajo Tranque Huachar	6,97
6	19-1-MSP-DM	4	Desarenador canal matriz San Pedro	Desarenador antes ingreso tranque Huachar	6,39

Nº	Código Obra	Grupo de Riego	Descripción	Ubicación	NOTA FINAL
7	4-1-LP-DC	1	Diseño canal La Patilla en quebrada	Sector quebrada canal donde obra está colgada (Km 0,45 desde bocatoma canal)	5,94
8	9-5-SO-DM	5	Desarenador canal Solor	Canales ayllu de Solor	5,58
9	1-5-SO-DM	5	Desarenador tranque Solor	Desarenador en el canal alimentador del tranque Solor	5,57
10	10-5-SO-DM	5	Desarenador canal Solor	Sector Desarenadores Existentes Cabecera ayllu	5,36
11	5-2-GE-OE	2	Obras de entrega Grupo 2	Totalidad del grupo 2	5,24
12	3-4-MSP-DM	4	Desarenador canal matriz San Pedro	Previo al ingreso del canal matriz San Pedro al recinto del Hotel Cumbres	5,16
13	3-1-LP-DC	1	Cambio de trazado canal La Patilla	Sector del río golpeado por la crecida (Km 2,60 desde bocatoma del canal)	5,00
14	1-2-CHE-DM	2	Desarenador canal Checar By-pass	Aprox. Km 0,30 Derivado Checar, antes de intersección de calles Callejón Reales con Domingo Atienza	4,96
15	14-1-SI-DM	1	Desarenador en canal Silo	Callejón Mondaca, aprox. Km 0,29 del canal Silo	4,95
16	7-1-TA-DM	1	Desarenador inicio canal Tambillo	En bocatoma del canal Tambillo	4,93
17	1-4-MSP-SI	4	Sifón canal matriz San Pedro	Cruce del canal matriz San Pedro con avenida Selti. Km 2,25 aprox. matriz San Pedro	4,85
18	2-6-CU-SI	6	Sifón canal Cucuter	Aprox. Km 1,15 del canal derivado Cucuter en cruce de Camino a Cucuter	4,76
19	2-4-MSP-ECC	4	Cierre canal matriz San Pedro	Longitud de 570m del canal matriz San Pedro, cercano a arenas, comenzando luego del Sifón Selti. Comenzando en el Km 2,30 del canal matriz San Pedro aprox.	4,76
20	13-4-MU-DM	4	Desarenador canal Mucher	Inicio del sub derivado Mucher. Aprox. en Km 3,10 del sub derivado Mucher	4,68
21	7-5-SO-OE	5	Obras de entrega ayllu Solor	Totalidad de las compuertas del ayllu de Solor	4,62
22	1-3-AG-DM	3	Desarenador canal Aguilar	Aprox. en Km 5,25 del canal matriz San Pedro desde el estanque Huachar, antes del cruce de la calle Licancabur y la entrega a canal Aguilar	4,51
23	2-3-LAR-RE	3	Revestimiento inicio canal Larache	Revestimiento de los primeros 500m del canal Larache	4,51
24	6-5-SO-DC	5	Diseño canal 6	Todo el canal 6	4,50

Nº	Código Obra	Grupo de Riego	Descripción	Ubicación	NOTA FINAL
25	13-1-CA-AL	1	Cruce camino canal Capia	Cruce de camino en Callejón Flores, ubicado abajo de Altos de Quitar. Aprox. Km 0,61 del canal Capia	4,50
26	1-3-LAR-OE	3	Obra de entrega inicio canal Larache	Obra de entrega del canal matriz San Pedro a Derivado Larache	4,46
27	6-6-CU-DM	6	Desarenador canal Cucuter	Aprox. en Km 2,90 del derivado Cucuter, ubicado en cabecera del ayllu de Cucuter, antes de la división en los canales El Monte y Adelante	4,44
28	1-4-MSP-RE	4	Revestimiento canal matriz San Pedro	Tramo comprendido entre la salida del recinto del Hotel Cumbres hasta la llegada al sifón Selti	4,43
29	4-5-SO-DC	5	Diseño canal 3-5-6	Todo el canal 3-5-6	4,41
30	6-1-TA-ECC	1	Cierre canal Tambillo	En todo el canal Tambillo	4,41
31	4-3-SOL-DM	3	Desarenador canal Solcor	Desarenador previo a la entrega desde el derivado Solcor al subderivado el Peral, en intersección de calles Palpana con Pedro de Valdivia	4,40
32	2-2-CHE-SI	2	Sifón canal Checar	Sifón en Km. 1,58 del derivado Checar, antes de cruce con avenida Selti	4,39
33	4-4-CO-DC	4	Cruce río San Pedro canal Coyo	Cruce del derivado Coyo por el río Seco San Pedro. Iniciando aprox. en Km 3,45 del derivado Coyo y llegando hasta el Km 4,60 del derivado Coyo en el sector del tranque Coyo	4,38
34	3-5-SO-ECC	5	Entubado canal 1-2	Desde Árbol Algarrobo hasta el final del canal 1,2 en el ayllu de Solor	4,37
35	6-4-CO-DC	4	Diseño canal en ayllu Coyo	Inicio en el Km 5,10 del derivado Coyo, antes del inicio de los terrenos regados del ayllu de Coyo, hasta el final del mismo en el ayllu de Coyo	4,36
36	3-1-MB-ECC	1	Entubado canal Morro Blanco	Totalidad del canal Morro Blanco	4,33
37	5-5-SO-SI	5	Sifón canal 3-5-6	Aprox. Km 0,125 del canal 3,5 y 6 en cruce de camino al inicio del ayllu de Solor	4,32
38	6-3-SOL-OE	3	Obra de entrega canal Solcor	Obra de entrega en intersección de calles Custodio González con Antonio León	4,30
39	2-4-TO-SI	4	Sifón canal El Toro	Callejón Rodriguez (Pasaje Rodriguez) en	4,28

Nº	Código Obra	Grupo de Riego	Descripción	Ubicación	NOTA FINAL
				Km 0,28 aprox. de Canal El Toro	
40	15-1-SI-DC	1	Diseño canal Silo	Totalidad del canal Silo	4,28
41	2-5-SO-DC	5	Diseño canal 3-4-5-6	Todo el canal 3,4,5 y 6 del ayllu de Solor	4,28
42	5-3-CL-RE	3	Revestimiento canal Calvario	Totalidad del canal Calvario	4,27
43	3-3-AG-RE	3	Revestimiento inicio canal Aguilar	Entre Km. 0,30 y 0,57 del canal Aguilar, entre las calles Calama y Toconao	4,25
44	3-3-LAR-RE	3	Revestimiento fin canal Larache	Revestimiento de los últimos 700m del canal Larache	4,23
45	2-7-C7-ECC	7	Cierre canal Siete	Totalidad del canal 7	4,22
46	10-1-BE-ECC	1	Cierre canal Bellavista	Totalidad del canal Bellavista	4,06
47	2-1-CU-ECC	1	Cierre canal Cuchabrache	En todo el canal Cuchabrache	4,01
48	1-1-CU-DC	1	Diseño canal Cuchabrache en quebrada	Sector quebrada canal en punto de aforo en bocatoma (Km 0,21 del canal desde la bocatoma canal)	3,95
49	3-2-PA-RE	2	Revestimiento canal Paxa	Aprox. desde Km 0,90 del canal Paxa hasta el final	3,94
50	4-2-AM-RE	2	Revestimiento canal Amacay	Aprox. desde Km 0,050 del canal Amacay hasta el final	3,88
51	12-1-CA-DC	1	Diseño canal Capia	Totalidad del canal Capia	3,87
52	3-4-CO-DC	4	Diseño nuevo canal Tranque Coyo	Inicio del Cruce luego del sifón Selti en el derivado Coyo, hasta el tranque Coyo. Punto de cruce en Km 2,30 del derivado Coyo aprox.	3,62
53	5-4-CO-DM	4	Desarenador inicio canal Coyo	Inicio del cruce del derivado Coyo por el río seco San Pedro, aprox. en Km 3,45 del derivado Coyo	3,52
54	3-2-CHE-SI	2	Sifón canal Checar	Sifón en cruce de callejón Real, aprox. en Km 0,32 Derivado Checar	3,21
55	8-5-SO-DC	5	Diseño extensión canal 6	Final del canal 6 del ayllu de Solor	3,05
56	5-3-SOL-OE	3	Obra de entrega canal El Peral	Entrega al final del subderivado el Peral	3,05

Fuente: Elaboración Propia. Volumen II Estudios de Ingeniería y Trabajos de Terreno. Anexo Priorización

Como se aprecia en la tabla anterior, la priorización de obras de mejoramiento en la red de canales de riego tiene relación en su mayoría con obras de desarenadores en la red de riego, concordando con ser el gran problema levantado en las actividades de participación ciudadana y posteriormente obras de cierre o entubamiento de los diversos canales de riego, de manera de disminuir los problemas de embancamiento producto de la caída de arena

proveniente desde las dunas. Por último, el tercer grupo de obras priorizadas tiene relación con revestimientos para evitar problemas de filtraciones.

10.2. Priorización de obras de mejoramiento en tranques

En la tabla siguiente se presentan las obras de mejoramiento en tranques, que han sido priorizadas por los regantes y su ordenamiento en función de los aspectos económicos, técnicos y sociales.

Tabla N° 10-2 Priorización de obras de mejoramiento en tranques

N°	Código Obra	Descripción	Ubicación	NOTA FINAL
1	1-7-C7-TR	Revestimiento Estanque San Pedro con geomembrana	Estanque San Pedro a un costado de la cancha de futbol, aprox. en el Km 1,20 del canal Siete	6,0
2	17-1-MSP-TR	Mejoramiento tranque Huachar - Desarenador	Tranque Huachar	4,4
3	9-5-SO-TR	Mejoramiento tranque Solor - Desarenador	Tranque Solor	3,6

Fuente: Elaboración Propia. Volumen II Estudios de Ingeniería y Trabajos de Terreno. Anexo Priorización

Como se aprecia en la tabla anterior, la primera obra priorizada por medio de la matriz multicriterio corresponde al revestimiento del estanque San Pedro, seguido por el mejoramiento de los tranques Huachar y Solor, los que corresponden a la incorporación de un desarenador en su entrada.

11. ANÁLISIS AMBIENTAL PRELIMINAR Y DE PERTINENCIA DE INGRESO AL SEIA

De acuerdo a las tipologías de obras y los puntos de ubicación de las mismas, y al verificarse que no se encuentran en condiciones para estar en presencia de cambios de consideración producto de las mejoras a realizar en los actuales canales del sistema San Pedro, el presente proyecto no se encuentra obligado a someter dichos cambios al SEIA, teniendo en consideración, lo siguiente:

- ✓ Que la máxima profundidad del fondo de entubamiento respecto al terreno natural corresponde a 0,8 m en los proyectos aquí desarrollados, y no a los 10 m que establece el Código de Aguas en su artículo 297, letra c).
- ✓ Que la renovación estructural a realizar al actual sistema, no alterará el caudal que comúnmente transporta el cauce.
- ✓ Que el presente proyecto constituye una modificación a una “obra menor” considerando que las características de las modificaciones a realizar producto de la ejecución del presente proyecto, no se ajustan a lo dispuesto en el artículo 294 del Código de Aguas.
- ✓ Que las actividades y obras a realizar no están prohibidas en las áreas protegidas por documentos oficiales.

Lo anterior ha sido ratificado con los Coordinadores CNR de la zona norte, quienes han indicado que, para los mejoramientos de este tipo de obras, al ser mejoramientos en un sistema que ya se encuentra intervenido, no se consideran costos por el componente medio ambiental.

12. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO

Dada la naturaleza del presente estudio, donde la mayor parte de los datos ingresados en el modelo son de carácter geográfico, se ha elaborado un Sistema de Información Geográfica (SIG), con el fin de permitir un análisis visual detallado de los datos de entrada y los resultados obtenidos. Este sistema se ha elaborado en el entorno proporcionado por el programa de código libre QGIS, en donde los archivos de diferentes tipos se georreferencian en Datum SIRGAS (WGS 84) y Huso 19.

Las cubiertas cartográficas son almacenadas en una estructura de directorios y carpetas, diseñada a partir de un orden temático de la información. Esta estructura se mantiene dentro del entorno SIG, en donde la información se agrupa de manera concordante. En la tabla siguiente se expone el contenido de las agrupaciones temáticas presentadas.

Tabla N° 12-1 Agrupaciones temáticas presentadas en SIG

Temática	Subgrupo	Subsubgrupo	Capa
01 Hidrología Superficial	Cuencas	-	Subcuencas_SP
			Cuenca_SP
	Ríos y Quebradas	-	Río San Pedro
			Quebradas San Pedro
	Estaciones	-	Est. Pluviometría
			Est. Fluviometría
			Est. Temperatura
			Est. Evapotranspiración
	Islóneas	-	Iso. Precipitación máx48 T=100
			Iso. Temperatura
			Iso. Evapotranspiración
	Polígonos de Thiessen	Precipitación	Est. Pp Polígono
			Pol. Thiessen Pp
			Áreas Pp cuenca_SP
		Temperatura	Est. T Polígono
			Pol. Thiessen T
Áreas T cuenca_SP			
Evapotranspiración		Est. ETP Polígono	
		Pol. Thiessen ETP	
		Áreas ETP cuenca_SP	
02 Límites Comunales	-	-	Comunas II Región
03 Topografía	-	-	Red de PRs_SP
	-	-	Curvas de Nivel_SP
	Perfiles	-	Perfiles Canales_SP
			Perfiles Topobatimétricos_SP
	Levantamientos	-	-

Temática	Subgrupo	Subsubgrupo	Capa	
	Puntuales		Lev. Puntuales-Líneas_SP	
			Lev. Puntuales-Áreas_SP	
			Áreas Lev. Puntuales_SP	
	Levantamiento Bocatoma	-		Lev. Bocatoma Matriz-Puntos_SP
				Lev. Bocatoma Matriz-Líneas_SP
				Lev. Bocatoma Matriz-Áreas_SP
				Área Lev. Bocatoma_SP
	Fotogrametría 1_5000	-		Fot. 1_5000-Puntos_SP
				Fot. 1_5000-Líneas_SP
Fot. 1_5000-Áreas_SP				
04 Catastro de Infraestructura	-	-	Singularidades_SP	
	-	-	Bocatomas_SP	
	-	-	Tranques_SP	
	-	-	Canales_SP	
05 Mediciones en Terreno	Aforos	Campaña 1	Aforos-C1_SP	
		Campaña 2	Aforos-C2_SP	
	Calicatas	-	Calicatas_SP	
	Calidad de Aguas	Campaña 1	Muestra Físico-Química-C1_SP	
		Campaña 2	Muestra Bacteriológica-C2_SP	
	06 Capa de Roles	-	-	Límite Predial_SP
-		-	Roles_SP	
07 Uso de Suelos	-	-	Uso Suelo_SP	
08 Encuesta Agronómica	-	-	Área Encuesta Agronómica_SP	
09 Superficies Regadas	-	-	Superficie de Riego_SP	
10 Proyectos Conceptuales Priorizados	Distribución_SP - Puntuales	-	Desarenador y Mantenición (DM)	
			Diseño de Canal (DC)	
			Alcantarilla (AL)	
			Obra de Entrega (OE)	
			Sifón (SI)	
	Distribución_SP - Lineales	-		Entubado y/o Cierre de Canal (ECC)
				Diseño de Canal (DC)
				Revestimiento (RE)
	Aducción_SP	-	-	Entubado y/o Cierre de Canal (ECC)
	Acumulación_SP	-	-	Diseño de Canal (DC)
-	-	-	Tranque (TR)	
-	-	-	Superficies Potenciales de Riego_SP	
11 Otros	Camino	-	Red Vial Chile - San Pedro de Atacama	
	Fotografía Aérea	-	Mapa de fondo	

Fuente: Elaboración Propia. Volumen II Estudios de Ingeniería y Trabajos de Terreno. Anexo SIG

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. Conclusiones

Sobre la base del trabajo efectuado en las actividades de intervención en la zona en estudio, por medio de la participación ciudadana y la metodología implementada de trabajo, se ha logrado lo siguiente:

- ✓ Restablecimiento de lazos de confianza y de trabajo conjunto entre la asociación de regantes, comunidades indígenas y la Comisión Nacional de Riego.
- ✓ Se logró un buen nivel de participación presencial en las reuniones (70 personas), lo que permitió tener una buena validación del trabajo desarrollado.
- ✓ Validación por parte de la asociación de regantes, las comunidades indígenas y la CNR, de la metodología de trabajo implementada.
- ✓ Valoración por parte de la asociación de regantes del trabajo implementado por la CNR y SMI Ingenieros SpA.

Desde el punto de vista de la metodología aplicada para el desarrollo de la encuesta agronómica censal, se destaca que se logró una cobertura y participación del 94% de los predios (equivalentes al 95% de la superficie). Logrando romper la tendencia de baja participación de los últimos estudios desarrollados en la zona.

Sobre la base del trabajo desarrollado en conjunto con los dirigentes y la comunidad de la asociación de regantes, se ha desarrollado un total de carpetas de diseños a nivel de perfil de 56 obras priorizadas por los regantes para la totalidad del sector en estudio, las que pueden desglosarse en 10 tipologías principales (cruces de quebradas, entubado y/o cierre de canales, cambios de trazado y diseño de nuevos canales de riego, revestimiento de canales, inclusión de nuevos desarenadores, mejoramiento de obras de arte en caminos, mejoramiento de obras de entrega y compuertas, mejoramiento de sifones, perfilamiento de canales y el mejoramiento del tranque N°7 o San Pedro).

De las obras priorizadas por los regantes y aplicando ponderadores requeridos por la Ley de Fomento al Riego 18.450, se tiene que las principales (y aquellas que presentan mayor prioridad) corresponden a las de construcción de desarenadores, entubado y/o cierre de canal para evitar problemas de arenas y dunas, además de aquellas obras vinculadas con revestimiento de canales de riego y mejora de sifones en el sistema.

Es necesario destacar, que en el caso de la asociación atacameña de regantes y agricultores de San Pedro de Atacama, se ha indicado expresamente en las actividades de participación ciudadana, que no se desea el desarrollo de nuevas alternativas de tranques o embalses. Producto de lo anterior, es que no se han desarrollado perfiles de mejoramiento de nuevas alternativas de embalse en la zona. Sin embargo, se han identificado de forma preliminar, los volúmenes que podrían incorporarse al sistema para los distintos grupos de riego.

Desde el punto de vista de las nuevas iniciativas de inversión levantadas, se tiene que la alternativa más interesante desde el punto de vista económico, corresponde a la implementación de un sistema de tratamiento del agua del río San Pedro (desalación y tratamiento de boro) con tecnología Vigaflow, más la incorporación de un sistema de invernaderos con hidroponía y tecnología del tipo NGS, considerando el cultivo de algún fruto de alta rentabilidad. De esta manera, se logra mejorar la calidad del agua, evitar el uso de los suelos de la zona con una alta componente salina y producir un cultivo de alta rentabilidad.

Otra alternativa plausible de revisar tiene relación con el reúso de las aguas de la PTAS de San Pedro de Atacama, la cual puede lograr rentabilidades positivas, en función de la optimización que se desarrolle del sistema de riego a implementarse y el tipo de cultivo a implementarse. Se recomienda efectuar su análisis en función de una pequeña superficie del orden de 0,75 ha, pero una vez se haya mejorado la calidad del agua efluente de la PTAS, ya que en la actualidad no cumple con los indicadores del D.S. 90.

13.2. Recomendaciones

Para futuros trabajos a desarrollarse en el sector, se recomienda el mantener la metodología de participación e integración de la asociación de regantes y su comunidad, con respecto a la toma de decisiones y validación de los métodos de intervención en la zona, forma de proceder con los trabajos en terreno y a la selección y diseño de obras en conjunto.

Al momento de presentar los proyectos aquí desarrollados, los consultores de la Ley de Fomento al Riego deben efectuar adecuaciones de las obras a las características del terreno donde se van a ejecutar. Estos proyectos tienen un nivel de perfil, por lo que tienen que ser llevados a nivel de diseño previo a su presentación.

Los proyectos aquí desarrollados tienen la estructura de lo solicitado por la Ley de Fomento al Riego, sin embargo, pueden ser adaptados para su presentación a otros tipos de concursos que pueden existir en la zona, por lo que se recomienda a los consultores que los presenten revisar las carpetas de proyectos y adaptarlas a los requerimientos de los diversos concursos.

Se recomienda continuar analizando las iniciativas de inversión vinculadas con desalación, reúso de aguas e incorporación de tecnologías de invernaderos con hidroponía y tecnología del tipo NGS o similar en la zona.