

GOBIERNO DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

PLAN DE GESTIÓN HÍDRICA

PROGRAMA DE DESARROLLO DEL RIEGO
EN COMUNAS CON PROBLEMAS DE
CESANTÍA Y POBREZA, SUB-PROGRAMA
TERRITORIO BÍO -BÍO NEGRETE.

La División de Estudios y Desarrollo de la Comisión Nacional de Riego y la Asociación de Canalistas del Canal Bío-Bío Negrete (ACCBBN) presentan este Informe Final de la aplicación del "Programa de Desarrollo del Riego en Comunas con Problemas de Cesantía y Pobreza, periodo 2006. Sub – Programa Territorio Bío - Bío Negrete", que corresponde a la tercera etapa del programa desarrollado a través de la consultoría de la propia Asociación de Canalistas del Canal Bío - Bío Negrete.

Autores

Andrés Arriagada Puentes
Jefe De Programa – Asesor
Fortalecimiento Organizacional
Sociólogo, Mag.Sc.(C)

Miguel Sanhueza Herrera
Asesor Coordinación - SIIR
Ingeniero Forestal (C) Mag. Sc.

Cristian Cid Rivera
Asesor Recursos Hídricos
Ingeniero Civil Agrícola

Asesores

Jacob Arévalo Rifo
Asesor Levantamiento
Infraestructura – SIIR
Ingeniero Civil Agrícola (c)

Eduardo Monge Valle
Asesor Extrapredial
Ingeniero Civil Agrícola

Rodrigo Jelvez Echeverría
Asesor Eficiencia técnica y
Económica
Ingeniero Civil Agrícola (c)

Julio Betancourt
Asesor Grafico
Diseñador Grafico

Colaboradores

Gastón Meynet Stagno
Presidente ACCBBN

Edwin Von Jentschyk Cruz
Alcalde
I. Municipalidad de Negrete

Juan Vallejos Carle
Administrador
ACCBBN

Nicole Moglia
Natalia Guzmán V.
PRODESAL Negrete

Helene Bombrun
Antonio Muñoz
Patricio Parra
Comisión Nacional de Riego

Luis Barrientos
Desarrollo Rural
I. Municipalidad de Negrete

Benjamín Martínez
Tulio Vega
Universidad de Concepción

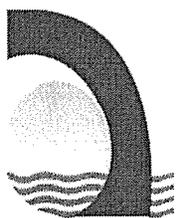
Daniela Rivero
German Leubert
Servicio País Negrete

Cesar González
Liliana Solar Baeza
SEPADE Negrete

Wilson Ureta
Universidad de Chile



Gobierno de Chile
Ministerio de Agricultura
Comisión Nacional de Riego



Asociación de Canalistas del
Canal Bío – Bío Negrete

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PRESENTACIÓN		7
I.	INTRODUCCIÓN	8
II.	OBJETIVOS	9
2.1.	OBJETIVO GENERAL	9
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
III.	CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS GENERALES	10
3.1.	PLAN DE MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA	10
3.2.	PLAN DE OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO	11
IV.	RESULTADOS	13
4.1.	PLAN DE MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA (PMI)	15
4.1.1.	LEVANTAMIENTO DE OBRAS E INSPECCIÓN TÉCNICA GEOREFERENCIADA CON GPS	16
4.1.1.1.	OBJETIVOS	16
4.1.1.2.	METODOLOGÍA	16
4.1.1.3.	DELIMITACIÓN DE LAS FAJAS DE SERVIDUMBRE	22
4.1.1.4.	APRECIACIONES Y REFLEXIONES SOBRE LA RECOPIACIÓN DE DATOS EN TERRENO	22
4.1.1.5.	INFORMACIÓN RECOPIADA PARA EL SIIR	25
4.1.1.6.	NECESIDAD DE REESTRUCTURACIÓN EL SISTEMA DE REGISTRO DE ACCIONISTAS	44
4.1.1.7.	CRITERIOS PARA LA DEFINICIÓN DE UNA CARTERA PRIORIZADA DE PROYECTOS DE MEJORAMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA	45
	a. Superficie afectada por la obra	45
	b. Número de regantes	45
	c. Costo asociado	45
	d. Costo alterno	45
	e. Disponibilidad de agua	46
	f. Estado de operación	46
	g. Índice de riesgo	46
	h. Incremento de superficie	47
4.1.1.8.	CONSIDERACIONES FINALES	47
4.1.2.	ELABORACIÓN DE PROYECTOS	48
4.1.3.	MEJORAMIENTO DE CAPACIDADES	50
4.2.	PLAN DE OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO (POR)	51
4.2.1.	DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO BÍO-BÍO NEGRETE	52
4.2.1.1.	INTRODUCCIÓN	52
4.2.1.2.	EFICIENCIA ECONÓMICA	55
4.2.1.3.	OBJETIVOS	57
	A. Objetivo General	57
	B. Objetivos Específicos	57
4.2.1.4.	METODOLOGÍA	58
	A. ENFOQUE METODOLÓGICO Y CONSIDERACIONES	58
	B. DESARROLLO Y RESULTADOS DE ACTIVIDADES PRINCIPALES	58
	C. CARACTERIZACIÓN DE LOS TRAMOS CRÍTICOS DE LA RED DE SISTEMAS DE CANALES	59
	a. Canal Matriz	62

	<i>i. Descripción y estado</i>	64
	Tramo Bocatoma-Obra de Descarga (km 0 - km 1,4).....	64
	Tramo Obra de Descarga-Entrega Derivado Munilque (km 1,4-km 5,6).....	66
	Tramo Derivado Munilque - Cruce Camino Negrete (km 5,6 - km 9,1).....	67
	Tramo Cruce Camino Negrete - Río Bureo (km 9,1 - km 11,5).....	68
	<i>b. Derivado Munilque</i>	71
	<i>i. Descripción y estado</i>	72
	<i>c. Derivado Coihue</i>	73
	<i>i. Descripción y estado</i>	73
	Tramo Canoa Bureo - Puente Negrete (km 0,0 - km 5,0).....	74
	Tramo Negrete - Sifón Camino Negrete-Coihue (km 5,0 - km 7,5).....	75
	Tramo Sifón km 7,5 - Nudo Coihue (km 7,5 - km 13).....	77
	<i>d. Derivado Rihue</i>	79
	Tramo Canoa Bureo-Cementerio Negrete (km 0,2 - km 4,1).....	80
	Tramo Cementerio-Nudo Las Turbinas (km 4,1 - km 6,1).....	83
	Tramo Nudo Las Turbinas-Nudo El Agro (km 5,2 - km 10,0).....	85
	Tramo Nudo El Agro-Cruce Ruta 180 y FF.CC (km 10,0 - km 13,0).....	87
4.2.1.5.	CONSIDERACIONES GENERALES	108
	A. ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN EXTRA E INTRAPREDIAL	108
	B. ANÁLISIS ECONÓMICO	110
4.2.2.	PROYECTOS DE MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO	112
4.2.3.	REGULARIZACIÓN DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS PARA MEJORAR EL ACCESO A LOS INSTRUMENTOS DE FOMENTO AL RIEGO Y DRENAJE	115
4.2.4.	CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO	116
V.	CONCLUSIONES	118
5.1.	PLAN DE GESTIÓN HÍDRICA	118
5.1.1.	PLAN DE MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA	118
5.1.2.	PLAN DE OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO	119
5.2.	REQUERIMIENTOS ORGANIZACIONALES, PRESUPUESTARIOS Y DE GESTIÓN	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Red de canales involucrados en la intervención del PCP 2006.....	17
Tabla 2: Pauta de ficha tipo 1 para la georeferenciación de la ubicación y/o trayectoria de los canales, en la captura de los datos en terreno.....	18
Tabla 3: Pauta de ficha tipo 2 para registrar el diagnóstico de la infraestructura, según inspección técnica de terreno.....	19
Tabla 4: Coberturas generadas en el SIIR de la ACCBBN.....	26
Tabla 5. Los valores de cuota por 1 l/s.....	56
Tabla 6. Densidad aparente (g/cc) y porosidad (%) características del sello de los canales analizados.....	89
Tabla 7. Coeficiente de Rugosidad de Manning del Canal Matriz (Km.0,00 - Km.11.703).....	90
Tabla 8. Coeficiente de Rugosidad de Manning del Canal Munilque (Km.0,00 - Km.2,905).....	90
Tabla 9. Coeficiente de Rugosidad de Manning del Canal Rihue (Km.0,00 - Km.13,162).....	91
Tabla 10. Coeficiente de Rugosidad de Manning del Canal Coihue (Km.0,00 - Km.13,014).....	92
Tabla 11 Pérdidas por conducción del Canal Matriz (Km.0,00 - Km.11.703).....	99
Tabla 12 Pérdidas por conducción del Canal Munilque (Km.0.00 - Km.2,905)...	100
Tabla 13. Pérdidas por conducción del Canal Rihue (Km.0 - Km.13,162).....	101
Tabla 14. Pérdidas por conducción del Canal Coihue (Km.0 - Km.13,014).....	102
Tabla 15. Eficiencias de conducción del Canal Matriz (Km.0,00 - Km.11.703)...	103
Tabla 16. Eficiencias de conducción del Canal Munilque (Km.0,00 - Km.2.905)..	103
Tabla 17. Eficiencias de conducción del Canal Rihue (Km.0,00 - Km.13,162)....	104
Tabla 18. Eficiencias de conducción del Canal Coihue (Km.0,00 - Km.13,014)..	104
Tabla 19. Antecedentes generales de los beneficiarios de proyectos de riego intrapredial.....	112
Tabla 20. Beneficiarios con instalación de sistemas de microrriego para mejorar el uso del agua en forma demostrativa.....	114
Tabla 21. Nómina de agricultores y agricultoras con inscripción de derechos de aprovechamiento subterráneo vía Artículo 2° Transitorio del Código de Aguas..	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen izquierda, derivado Rihue con sedimentación de 80 centímetros, el revestimiento para evitar la entrada de sedimentos es incapaz de contener los grandes volúmenes que ingresan. Imagen derecha, derivado Coihue más de un metro de profundidad.....	23
Figura 2. Imagen izquierda, canal matriz con ensanche excesivo. Imagen, derecha, derivado Coihue ha perdido el sello, por lo cual su fondo el muy irregular.	24
Figura 3. Imagen izquierda, derivado Coihue con cota de fondo 7 metros bajo cota de terreno. Imagen derecha, derivado Rihue con taludes verticales	24
Figura 4. Infraestructura del sistema Bío Bío Negrete en los canales catastrados durante el PCP 2006.	25
Figura 20. Área de influencia del sistema de riego Bio Bio Negrete. Ref. Efectos del temporal del 11 de Julio de 2006, Juan Vallejos Carle, Administrador ACCBBN.....	59
Figura 21. Efecto de crustáceos de agua dulce, galerías habitacionales de camarones en los taludes del canal.....	61
Figura 22. Camarón de río (<i>Samastacus spinifrons</i>), al interior del Canal Matriz.....	61
Figura 23. Imagen izquierda, revestimiento con GEOTEXTIL del talud externo del terraplén. Coordenadas UTM E: 731708, N: 5838186. Imagen derecha, Protección con muro de mampostería, y espigones de enrocado ubicados en rivera del rio Bio Bio. Coordenadas UTM E: 731517, N: 5838348.	65
Figura 24. Barrera de hormigón, controlada por 4 compuertas. Coordenadas UTM E: 731498, N: 5838334.	66
Figura 25. Muro de contención del canal Matriz, destruido por el temporal del 11 de julio del 2006. Coordenadas UTM E: 728933, N: 5838292.....	66
Figura 26. Muro de contención del canal Matriz, en funcionamiento. Coordenadas UTM E: 728960, N: 5838286	67
Figura 27. Obra de distribución del canal matriz, dando origen al derivado Munilque. Primera Caída del canal matriz. Coordenadas UTM E: 727468, N: 5838461	68
Figura 28. Obra de distribución Matriz - Coihue. Coordenadas UTM E: 722869, N: 5836624.	69
Figura 29. Inicio derivado Rihue. Coordenadas UTM E: 722829, N: 5836534.....	70
Figura 30. Puente Las Lástimas, aguas abajo canal matriz. Coordenadas UTM E: 723781, N: 5837604.	70
Figura 31. Primer puente, aguas abajo derivado Munilque. Coordenadas UTM E: 727403, N: 5838435.	72
Figura 32. Inicio derivado Coihue en superficie libre. Coordenadas UTM E: 722593, N: 5836625.	74
Figura 33. Derivado Coihue cruzando al sur de Negrete. Coordenadas UTM E: 717953, N: 5837501.	75
Figura 34. Canoa metálica Donoso, disminuye pérdidas por filtración. Coordenadas UTM E: 717042, N: 5837661.....	76
Figura 35. Derivado Coihue revestido, disminuye pérdidas por filtración. Coordenadas UTM E: 714253, N: 5837852.....	76
Figura 36. Nodo Coihue. Coordenadas UTM E: 712470, N: 5840317.	78

Figura 37. Canoa Rihue sobre el Río Bureo. Máxima capacidad. Coordenadas UTM E: 722748, N: 5836516.	79
Figura 38. Derivado Rihue a la salida del sifón. Problemas de erosión del terraplén derecho. Coordenadas UTM E: 722554, N: 5836513.	81
Figura 39. Derivado Rihue, quebrada colectora con muro de hormigón. Coordenadas UTM E: 722306, N: 5836543.	81
Figura 40. Canoa Chávez, cruzando depresiones del terreno. Coordenadas UTM E: 721047, N: 5836217.	82
Figura 41. Canoa Azócar, cruzando depresiones del terreno. Coordenadas UTM E: 720612, N: 5836106.	82
Figura 42. Canoa Cementerio, cruzando depresiones del terreno. Coordenadas UTM E: 719348, N: 5836162.	83
Figura 43. Puente en derivado Rihue, camino a Mulchén. Coordenadas UTM E: 719275, N: 5836089.	84
Figura 44. Obra de partición Rihue – Moller – Bombas. Coordenadas UTM E: 718123, N: 5834558.	84
Figura 45. Obra de distribución Rihue – Moller – Bombas. Coordenadas UTM E: 718123, N: 5834558.	85
Figura 46. Puente sobre el derivado Rihue, camino sector Vaquería – Graneros. Coordenadas UTM E: 716439, N: 5832562.	86
Figura 47. Nodo de distribución, Graneros. Coordenadas UTM E: 715368, N: 5832574. ..	86
Figura 48. Imagen izquierda, Molinete Gurley Price, Modelo 622 DF2N. Imagen derecha, especificaciones técnicas del molinete.	95
Figura 49. Capa de sedimento en el canal.	107

PRESENTACIÓN

Este Plan de Gestión Hídrica (PGH) viene a dar cuenta de la necesidad manifiesta de establecer de una manera óptima el manejo y desarrollo de los recursos hídricos bajo la jurisdicción de la ACCBBN y de la infraestructura asociada a la captación, conducción y distribución del recurso, tomando en cuenta aspectos fundamentales en su desarrollo, como son el adecuado conocimiento de la infraestructura misma, su caracterización física, hidráulica, espacial, económica y ambiental, en un contexto global de inserción en mercados altamente competitivos de los productos obtenidos por los asociados en la producción agropecuaria que donde finalmente se realiza el riego. En consideración además del alto desafío que se ha propuesto el país de transformarse en potencia agroalimentaria a nivel mundial en el más breve plazo.

Este PGH se sustenta sobre la elaboración de los planes de mejoramiento de la infraestructura de riego y de optimización del riego. A partir de estos planes es posible, en forma coherente, definir e implementar las medidas pertinentes para proyectar el desarrollo de la infraestructura y manejo de los recursos hídricos en forma sostenida.

Para que este documento tenga validez y los usuarios del sistema lo internalicen y valoren como proceso e instrumento se ha hecho necesaria su legitimación a todo nivel. Se debe consignar el carácter dinámico del documento estratégico, toda vez que requerirá de actualizaciones y precisiones conforme se vayan ejecutando los mejoramientos propuestos y en ejecución.

I. INTRODUCCIÓN

La elaboración del Plan de Gestión Hídrica (PGH) de la ACCBBN trasciende a la concepción de un Plan Hidráulico, ya que este poseyó, además de un carácter funcional y operativo, una dimensión de participación social en cada una de las etapas de elaboración, Implementación y ejecución, que lo valida y le otorga características de comprensión, apropiabilidad y compromiso por parte de los usuarios del sistema para ser implementado.

En el ámbito funcional se define una estrategia de gestión hídrica y, en el operativo, la elaboración y ejecución de proyectos concretos, tanto a nivel intra como extrapredial. De este modo, el PGH exige detenerse en la definición de las características actuales del sistema, en las necesidades consensuadas y factibles de mejoramiento del mismo, en base al conocimiento exhaustivo de las singularidades de cada sector de riego y en la imagen futura que se tiene de ellos. Así, el plan considera componentes estructurales como el mejoramiento de la seguridad de riego (plan de mejoramiento de la infraestructura) y la eficiencia en el uso del recurso (plan de optimización del riego). En este sentido, conviene relevar la importancia de la plataforma SIIR como sistema de soporte de decisiones para mejorar la gestión.

Las restricciones que se han encontrado en el desarrollo de este proceso, que da lugar al instrumento PGH, imponen que un PGH integral para todo el sistema de riego Bío Bío Negrete requiere de una visión que reconozca los procesos de conocimiento detallado de todo el sistema y de aprendizaje en la estrategia de desarrollo, un marco presupuestario ad-hoc y una alta participación de todos los usuarios.

II. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Optimizar la gestión de los recursos hídricos en la producción agrícola, considerando variables financieras y de mercado para una adecuada puesta en riego del territorio, a través de la implementación del Plan de Gestión Hídrica como instrumento director del mejoramiento de la gestión de la ACCBBN en los recursos hídricos y la infraestructura de riego bajo su jurisdicción.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Implementar un plan de mejoramiento de infraestructura legitimado por los socios de la organización, que considere el levantamiento de la infraestructura existente, su georreferenciación e incorporación al SIIR de la ACCBBN y el análisis de criterios para la priorización de los potenciales mejoramientos.
- b. Implementar un plan de optimización del riego, a través de una descripción detallada de las secciones críticas de los canales, matriz y derivados principales, un estudio de la eficiencia técnica y un delineamiento metodológico del análisis necesario de la eficiencia económica de conducción en estudio.

III. CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS GENERALES

En primer lugar, se consigna que dada la extensión del territorio, la magnitud y profundidad que exige un PGH integral y la disponibilidad presupuestaria y temporal, el análisis de esta dimensión del desarrollo del riego en el territorio se circunscribió principalmente al canal matriz y los tres derivados principales, Munique, Coihue y Rihue.

Las distintas actividades propuestas por el Programa de Desarrollo del riego en Comunas con Problemas de Cesantía y pobreza, periodo 2006, en la línea estratégica de manejo del recurso hídrico y de la infraestructura de riego, contenidas en el Plan Estratégico de Desarrollo de la Asociación de Canalistas del Canal Bío Bío Negrete (ACCBBN), se agrupan en los dos grandes componentes de este PGH, cuales son el Plan de Mejoramiento de la Infraestructura (PMI) y el Plan de Optimización del Riego (POR), ya que dan cuenta en forma semiarticulada de los avances de gestión que dan lugar a la elaboración de este PGH. Así a considerar:

3.1. PLAN DE MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA.

En relación a la pertinencia de las medidas que propone este plan de mejoramiento de la infraestructura (PMI), es fundamental contar con un levantamiento de la infraestructura a partir de una inspección técnica que de cuenta del estado actual de los distintos componentes del sistema de riego extrapredial, en los canales indicados precedentemente. Asimismo, para dar legitimidad a este levantamiento fue necesario el apoyo de los directores, el presidente, el administrador, representantes sectoriales, los celadores e informantes clave, quienes en general poseen un conocimiento más acabado de las problemáticas que se presentan en cada tramo del canal y requieren cierto

apoyo técnico para lograr una mayor precisión en la definición de la problemática y su nivel de impacto en el sistema y en los usuarios mismos.

En la construcción del PMI se hace necesario hacer este levantamiento georreferenciadamente¹, con suficiente información detallada de la infraestructura existente en el sistema en estudio, que de lugar en último término a la determinación de la superficie de riego y a los mejoramientos a implementar. A partir de ello, y con el soporte del SIIR como plataforma, es posible realizar el análisis exhaustivo de la información disponible² para, de acuerdo a las propuestas de soluciones y a la generación de escenarios, la priorización de proyectos y acciones, pueda ser válida correspondientemente en forma masiva con los usuarios y entregue una cartera de requerimientos financiero presupuestarios para la estrategia de autofinanciamiento como modelo a la manera de restricción.

El negocio de la generación hidroeléctrica condiciona una buena parte del PMI, toda vez que para asegurar los caudales de funcionamiento impone ciertos requerimientos a los mejoramientos aguas arriba y ciertas restricciones aguas abajo y, a la vez, posibilita otros mejoramientos.

3.2. PLAN DE OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO.

La construcción del Plan de Optimización del Riego (POR) atiende a promover un uso eficiente del recurso hídrico y el mejoramiento de la calidad del mismo. De este modo, para satisfacer su primer objetivo, a nivel extrapredial se estudia la eficiencia técnica y económica de conducción³ en los canales señalados para esta etapa del plan, presentando cuatro proyectos de mejoramiento y protección de canales y, a nivel intrapredial, se elaboran proyectos y se capacita para mejorar la

¹ Para el efecto se materializó un convenio con el Departamento de Recursos Hídricos de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción para que el alumno memorante, Jacob Arévalo Rifo, realice su proyecto de titulación.

² Teniendo como soporte las bases de datos, las coberturas ya generadas en el SIIR y la adquisición y proceso de imágenes LANSAT de Febrero de 2006 del territorio.

³ En el mismo convenio con el Departamento de Recursos Hídricos de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción definió un alumno memorante, Rodrigo Jélvez Echeverría, realice su proyecto de titulación.

eficiencia de aplicación. Para satisfacer el objetivo de calidad, se realizan actividades que desarrollan las capacidades, mejoramiento del nivel de información en torno al tema y se presentan proyectos a fondos específicos para mitigar ciertos eventos de contaminación del agua de riego. Consideración especial merece la visión de automatizar algunos componentes del funcionamiento del sistema de riego⁴, lo que se realiza a partir de la teledetección de caudales en el canal matriz.

⁴ En el mismo convenio con el Departamento de Recursos Hídricos de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción definió un alumno memorante, Rubén Ruiz, realice su proyecto de titulación.

IV. RESULTADOS.

El PGH como instrumento de planificación viene a dar cuenta de la manera de cómo satisfacer la necesidad manifiesta de realizar en forma óptima el manejo y desarrollo de los recursos hídricos y la infraestructura de riego –captación, conducción y distribución- bajo la jurisdicción de la ACCBBN. Ello, tomando en cuenta aspectos fundamentales como el adecuado conocimiento de la infraestructura misma, su caracterización física, hidráulica, espacial, económica y ambiental, en un contexto global de inserción en mercados altamente competitivos de los productos agropecuarios obtenidos a partir de la agricultura de riego del territorio, exige que este trabajo sea integral de toda la red de canales, participativo, riguroso y profesional para contribuir efectivamente en la configuración de un sistema de soporte de decisiones de la organización en forma consensuada.

Se debe recalcar que este plan se ha realizado en tres dimensiones generales, a nivel extrapredial en el canal matriz y los derivados principales – Munilque, Coihue y Rige -, a nivel intrapredial y de mejoramiento de capacidades medioambientales, con un alto compromiso de todos quienes han participado en él.

A nivel de canal matriz y derivados principales, se ha identificado y caracterizado la infraestructura, cuantitativa como espacialmente, se ha determinado su eficiencia de conducción y otras características relevantes asociadas, como asimismo algunos proyectos de mejoramientos y protección coyunturales, experiencia piloto en automatización de la infraestructura, definición de la factibilidad de construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas en la red de canales y el avance en materia de disminución de la presión de uso de la canoa Coihue (canao – puente) con un puente vial sobre el río Bureo. A nivel intrapredial, se han presentado proyectos de riego a diferentes fuentes de financiamiento para mejorar la eficiencia de aplicación, se instalaron sistemas de microrriego, se ejecutó un programa de transferencia de tecnología sobre riego, se asesoró

técnicamente a los agricultores beneficiados con proyectos en el transcurso del Programa y se supervisaron los proyectos respectivos. Y a nivel medioambiental, se mejoraron capacidades a través de la capacitación, provisión de información y definición de la normativa local específica, se realizaron dos seminarios específicos y se elaboraron proyectos atinentes a la mitigación ambientales y adopción de innovaciones en la protección de la infraestructura de riego.

4.1. PLAN DE MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA (PMI).

Para establecer el PMI, ha sido necesario hacer la distinción al nivel extrapredial e intrapredial y detenerse para el primero en los canales propuestos para el análisis, tanto en el levantamiento de la infraestructura su caracterización física, hidráulica, espacial y económica, en los proyectos coyunturales en elaboración, presentados y ejecutados, como en los criterios para priorizar la cartera de proyectos; y para el segundo, en los mejoramientos de la eficiencia de aplicación, tanto a nivel de elaboración de proyectos como de asesoría y supervisión, y en los mejoramientos de las capacidades para el riego.

En la construcción del PMI se hace necesario hacer este levantamiento georreferenciadamente⁵, con suficiente información detallada de la infraestructura existente en el sistema en estudio, que de lugar en último término a la determinación de la superficie de riego y a los mejoramientos a implementar. A partir de ello, y con el soporte del SIIR como plataforma, es posible realizar el análisis exhaustivo de la información disponible⁶ para, de acuerdo a las propuestas de soluciones y a la generación de escenarios, la priorización de proyectos y acciones, pueda ser validada correspondientemente en forma masiva con los usuarios y entregue una cartera de requerimientos financiero presupuestarios para la estrategia de autofinanciamiento como modelo a la manera de restricción.

El levantamiento de obras e inspección técnica georreferenciada con GPS para su incorporación al SIIR de la ACCBBN, consigna los trabajos realizados en la línea estratégica de desarrollo de los recursos hídricos y de la infraestructura de riego que como se señalaba precedentemente algunos están contenidos en este plan y otros en el Plan de Optimización del riego.

⁵ Para el efecto se materializó un convenio con el Departamento de Recursos Hídricos de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción para que el alumno memorante, Jacob Arévalo Rifo, realice su proyecto de titulación.

⁶ Teniendo como soporte las bases de datos, las coberturas ya generadas en el SIIR y la adquisición y proceso de imágenes LANSAT de Febrero de 2006 del territorio.

4.1.1. LEVANTAMIENTO DE OBRAS E INSPECCIÓN TÉCNICA GEOREFERENCIADA CON GPS.

Los sistemas de información geográfica permiten representar y gestionar grandes volúmenes de datos sobre ciertos aspectos del mundo real, orientados a facilitar la generación y administración de información como soporte para la toma de decisiones, bajo estas condiciones surge la necesidad de disponer de la cartografía digital detallada del sistema de riego Bío Bío Negrete, que de cuenta de los diversos aspectos del sistema en su conjunto.

4.1.1.1 OBJETIVOS.

a. Objetivo General:

Catastrar y georeferenciar la infraestructura de riego del sistema de riego Bío Bío Negrete.

b. Objetivos Específicos:

- i. Georeferenciar Canal Matriz y los derivados Munilque, Coihue y Rihue del sistema de riego Bío Bío Negrete
- ii. Georeferenciar las obras de arte (entregas, puentes, descargas, bocatomas, revestimientos, entre otras) del sistemas de riego.
- iii. Catastrar información relevante para cada infraestructura, mediante inspección técnica
- iv. Generar un archivo fotográfico de cada obra catastrada.

4.1.1.2. METODOLOGÍA.

Para realizar el levantamiento de obras e inspección técnica se recorrió la red de canales del sistema Bío Bío Negrete (detalles en tabla 1) georeferenciando la ubicación y trayectoria de cada canal, según ficha tipo 1 y las obras de arte existentes, según ficha tipo 2, el recorrido se realizó en conjunto con el celador encargado del canal o sector respectivo.

Tabla 1: Red de canales involucrados en la intervención del PCP 2006.

Canal	Longitud [Km.]	Caudal [L/s]
Canal Matriz	11,350	18.000
Derivado Munilque	2,950	2.382,14
Derivado Coihue	13,050	5.700,63
Derivado Rihue	13,167	8.691,09

La georeferenciación se efectuó mediante un navegador GPS ETREX VISTA con una precisión de +/- 7 metros utilizando:

Datum Geodésico : Provisional Sudamericano 1956
Proyección Cartográfica : Mercator Transversal Universal (UTM)
zona 18s
Unidad Espacial : Metros

La información a recopilada en cada estructura fue:

- Tipo de obra: bocatoma, caídas, canoa, canoas superiores, compuerta, entrega, revestimiento, defensa fluvial, descarga, entrega, puente, recarga, revestimiento, sifón o túnel.
- Ubicación: región, provincia, comuna, sistema y canal.
- Coordenadas: Este y Norte
- Dimensiones o longitud: según correspondió
- Material: hormigón, hormigón armado, metal, madera, roca o tierra.
- Estado: clasificación de la estructura
- Caudal: que pasa por la obra
- Imagen: en formato JPG y BMP, con resolución de 3.1 megapíxeles.
- Propietario: nombre del propietario cuando correspondió.

La obtención de la información se realizó desde variadas fuentes, comenzando por analizar la información existente, como son la planimetría, topografía, cartografía, diagrama unifilar, fotografías aéreas y/o satelitales, para luego captar antecedentes en terreno y antecedentes proporcionados por los celadores,

finalmente se completó y validó la información recopilada mediante un ejercicio participativo, por parte de informantes claves, la administración y profesionales de la ACCBBN.

Tabla 2: Pauta de ficha tipo 1 para la georeferenciación de la ubicación y/o trayectoria de los canales, en la captura de los datos en terreno.

PUNTOS			CANAL	
DATUM			FECHA	
Nº	ESTE	NORTE	FOTO	NOTA
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Explicación de los campos de la ficha de georeferenciación de los canales.

CANAL: Canal al que pertenecen los puntos, puede ser Matriz, Munilque, Coihue o Rihue.

DATUM: Datum al cual se ha georeferenciado el canal.

FECHA: Fecha en que se realizó la georeferenciación del canal.

ESTE: Coordenada ESTE en el sistema proyección Mercator Transversal Universal (UTM), expresada en metros.

NORTE: Coordenada NORTE en el sistema proyección Mercator Transversal Universal (UTM), expresada en metros.

FOTO: Fotografías digital en el sentido de flujo del canal, es decir, aguas abajo desde el punto georeferenciado, a menos que se indique lo contrario

NOTA: Observaciones referente al punto georeferenciado, si existe alguna singularidad u obra.

Tabla 3: Pauta de ficha tipo 2 para registrar el diagnóstico de la infraestructura, según inspección técnica de terreno.

DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RIEGO BÍO-BÍO NEGRETE					
TIPO DE OBRA			COMUNA		FECHA
COOR. ESTE		m	MATERIAL		CANAL
COOR. NORTE		m	ESTADO		
COTA PROM.		m	DESCRIPCIÓN:		
DATUM					
LONGITUD		m			
ACCIONES					
CAUDAL		L/s			
PROPIETARIO					
ROL					
SUPERFICIE					
CROQUIS			IMAGEN:		

Explicación de campos de la ficha de diagnóstico de la infraestructura

TIPO DE OBRA: Infraestructura existente en el canal puede ser o no de tipo hidráulico, entre estas están bocatoma, caídas, canoa, canoas superiores, compuerta, entrega, revestimiento, defensa fluvial, descarga, entrega, puente, recarga, revestimiento, sifón o túnel.

COOR. ESTE: Coordenada ESTE en el sistema proyección Mercator Transversal Universal (UTM), expresada en metros.

COOR. NORTE: Coordenada NORTE en el sistema proyección Mercator Transversal Universal (UTM), expresada en metros.

COTA PROM. : Cota promedio del eje del canal en estudio donde se ubica la obra.

DATUM: Datum al cual se ha georeferenciado la obra.

LONGITUD: Longitud de la obra siguiendo el eje longitudinal del canal en estudio, según corresponda.

ACCIONES: Acciones que pasan por la obra, provenientes del canal en estudio.

CAUDAL: Acciones que pasan por la obra, provenientes del canal en estudio, expresado en L/s.

PROPIETARIO: Nombre del propietario a quien se distribuyen las aguas provenientes del canal en estudio, de uso exclusivo para las entregas.

ROL: ROL de la propiedad a la cual se distribuyen las aguas provenientes del canal en estudio, de uso exclusivo para las entregas.

SUPERFICIE: Superficie de la propiedad a la cual se distribuye las aguas provenientes del canal en estudio, de uso exclusivo para las entregas.

COMUNA: Comuna en la que se localiza la obra, Mulchén o Negrete.

MATERIAL: Material de construcción de la obra, puede ser hormigón, metal, madera o plástico, y/o una combinación de ellas nombradas en orden decreciente de acuerdo a la composición mixta de la obra.

ESTADO: Estado de la obra desde el punto de vista estructural, puede ser muy bueno, bueno, regular, malo o muy malo.

FECHA: Fecha en que se realizó la georeferenciación e inspección técnica a la obra.

CANAL: Canal en que se localiza la obra, Matriz, Munilque, Coihue o Rihue.

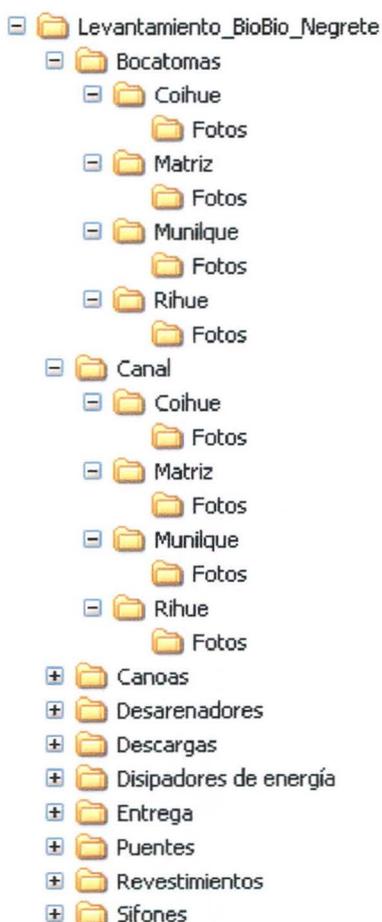
DESCRIPCION: Descripción general de la obra.

CROQUIS: Croquis de la obra.

IMAGEN: Fotografías digitales de la obra.

La información recopilada se organizó en bases de datos, utilizando para su registro texto en mayúscula, fuente arial, tamaño 12, aproximando los campos numéricos a dos decimales y clasificada en archivos diferentes, subdividida en canales, obras de arte, entregas, bocatomas y revestimientos, con la finalidad de ser incluida en el Sistema de Información Integral de Riego (SIIR) de la ACCBBN.

Para lo anterior se siguió el siguiente esquema de organización de directorios.



4.1.1.3. DELIMITACIÓN DE LAS FAJAS DE SERVIDUMBRE

La delimitación de las fajas de servidumbre se realizó en base a la información existente, utilizando la digitalización del plano CATASTRO DE USUARIOS DE AGUAS RIBERA IZQUIERDA CUENCA RIO BIO-BIO, LAMINAS 56, 57 Y 58, ESCALA 1 : 10.000, y las ortofotos correspondientes al trazado de los canales involucrados en la intervención del PCP 2006, cuando existió disponibilidad de información se identificó cada predio con su ROL y propietario respectivo, haciendo un contraste con los registros de la ACCBBN y verificando esta información con la última actualización del Servicio de Impuestos Internos (SII).

En terreno se localizó la intersección del deslinde del predio con el canal respectivo mediante la ayuda del celador y/o representante del sector de riego en cuestión, el punto antes mencionado fue georeferenciado en coordenadas UTM, dicha información es incluida paralelamente en el SIIR de la ACCBBN, el que posteriormente al análisis entrega la cobertura de vecindades que se adjunta.

4.1.1.4. APRECIACIONES Y REFLEXIONES SOBRE LA RECOPIACIÓN DE DATOS EN TERRENO

El levantamiento de la infraestructura es una labor que inevitablemente debe ser realizada en terreno, por lo tanto se deben enfrentar una serie de factores naturales, que dificultan el normal desarrollo de la actividad y que son necesarios de considerar pertinentemente en la planificación respectiva.

El levantamiento del Canal Matriz y de los tres derivados principales, Munilque, Coihue y Rihue, se realizó completamente, entre el 14 de agosto y el 20 de octubre de 2006, aun cuando el lapso de recopilación de antecedentes de terreno es relativamente amplio, éste es discontinuo ya que los días efectivamente trabajados fueron determinados principalmente por factores de tipo climático -la primavera del año 2006 se caracterizó por ser particularmente muy lluviosa, con los respectivos problemas que ello implicó, por ejemplo días de lluvia o mucha nubosidad que dificultan una adecuada precisión de la georeferenciación-, otro

factor a considerar es que la red de canales durante el periodo invernal de transforma en la red drenante del área geográfica donde ésta se encuentra, por lo que muchos canales dependiendo de la pendiente y de los sedimentos arrastrados por los afluentes presenta un nivel del agua muy elevado (Figura 1).



Figura 1. Imagen izquierda, derivado Rihue con sedimentación de 80 centímetros, el revestimiento para evitar la entrada de sedimentos es incapaz de contener los grandes volúmenes que ingresan. Imagen derecha, derivado Coihue más de un metro de profundidad.

Con las consideraciones anteriores es interesante analizar la realización de ésta actividad al término de la temporada de riego, lo cual sería el día primero de mayo de cada año según la resolución de la DGA.

La existencia de densas cortinas de árboles en las inmediaciones de los canales, es otro factor que vale la pena considerar, se percibió especialmente la presencia de aromos en ciertos tramos del canal -estos árboles por ser de follaje perenne mantienen durante todo el año una cobertura aérea que impide la utilización de GPS con precisión-, además las hojas caen naturalmente lo hacen al lecho del canal y/o las frondosas ramas impiden el paso de los rayos solares que tiene un efecto purificador en las aguas. Sin embargo, se debe consignar que estas plantas son muy útiles para estabilizar los taludes exteriores cuando el trazado del canal es en terraplén.

La existencia de algunos tramos críticos quedó en evidencia, identificados mediante la georeferenciación y fotografía digital, como una manera de testimoniar el daño en taludes y en las condiciones iniciales de diseño de las obras tales como el ensanche excesivo, la formación de montículos y hoyos en el lecho, donde generalmente se ha perdido el sello del canal (Figura 2).

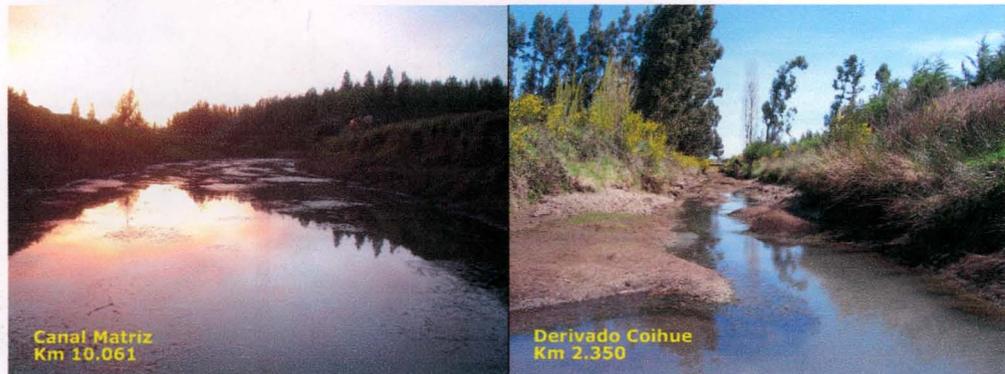


Figura 2. Imagen izquierda, canal matriz con ensanche excesivo. Imagen, derecha, derivado Coihue ha perdido el sello, por lo cual su fondo es muy irregular.

La topografía del área estudiada también es un factor a considerar al momento del levantamiento georeferenciado, pues presenta inconvenientes cuando un canal está trazado en la ladera de un cerro, sobre todo si posee cortes o taludes prácticamente verticales o cuando la cota del canal es varios metros inferior a la cota del terreno, como se puede ver en las imágenes presentadas en la figura 3.



Figura 3. Imagen izquierda, derivado Coihue con cota de fondo 7 metros bajo cota de terreno. Imagen derecha, derivado Rihue con taludes verticales.

4.1.1.5. INFORMACIÓN RECOPIADA PARA EL SIIR

La información recopilada en las fichas tipo 1 y 2 del levantamiento de obras, además de la delimitación de las fajas de servidumbre, es digitalizada para implementar el SIIR de la ACCBBN. Quedó en evidencia la existencia de 204 obras en distintos estados de conservación, distribuidas en los canales catastrados como se muestra en la figura 4.

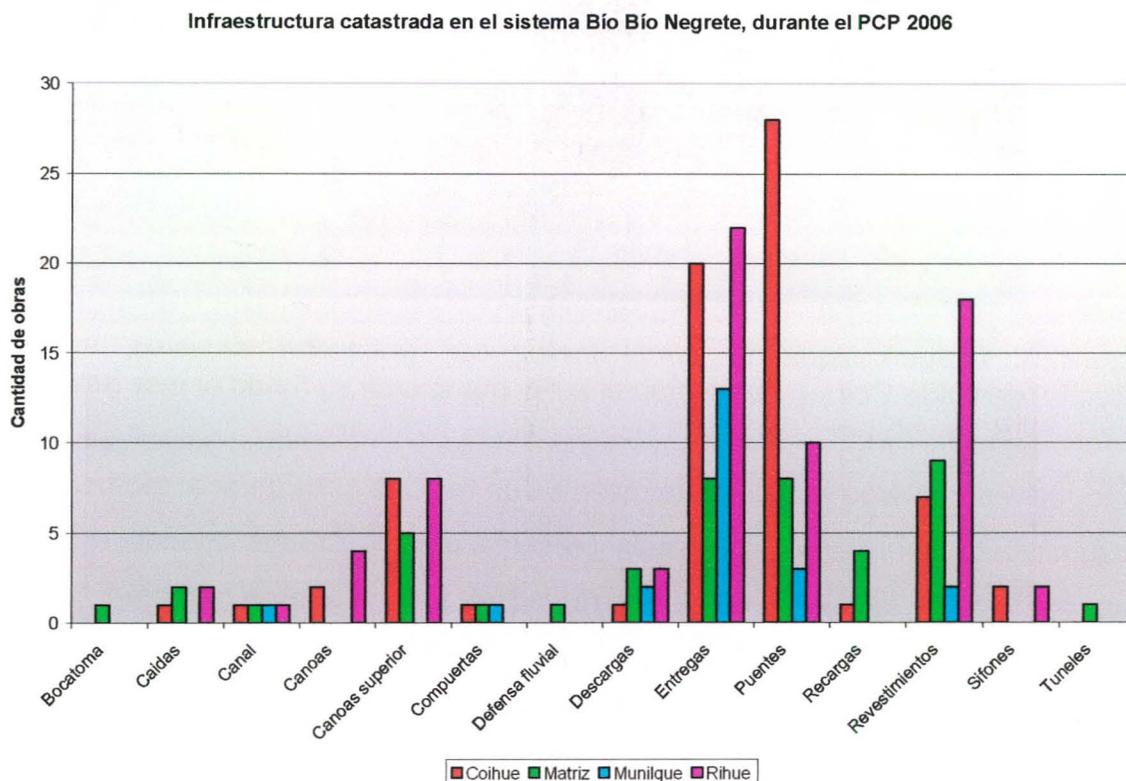


Figura 4. Infraestructura del sistema Bío Bío Negrete en los canales catastrados durante el PCP 2006.

En la elaboración del SIIR se recopiló información existente de los registros de la ACCBBN y otros nuevos antecedentes obtenidos en terreno sobre la ubicación, caracterización y estado de conservación de las obras. Ésta información digitalizada se utilizó para generar coberturas sobre la infraestructura existente,

vecinos del canal, capacidad de uso de suelo y aforos, generando coberturas independientes las que se describen a continuación en la tabla 4.

Tabla 4: Coberturas generadas en el SIIR de la ACCBBN.

Coberturas	Descripción
Aforos	Aforos realizados, incluye el canal, fecha y hora, área de la sección transversal en m ² , velocidad media en m/s y caudal en m ³ /s.
Bocatomas	Bocatomas existentes incluye información sobre la obra: región, provincia, comuna donde se encuentra, sistema de riego, canal en que se localiza, distancia en kilómetros desde el inicio del canal respectivo, caudal que pasante en l/s, cota, material de construcción, estado de conservación, descripción general e imágenes.
Caídas	Caídas existentes incluye información sobre la obra: región, provincia, comuna donde se encuentra, sistema de riego, canal en que se localiza, distancia en kilómetros desde el inicio del canal respectivo, caudal que pasante en l/s, cota, material de construcción, estado de conservación, descripción general e imágenes.
Canal	Canal muestra el trazado del canal matriz y los derivados Coihue, Munilque y Rihue, además su longitud expresada en kilómetros.
Canoas	Canoas existentes incluye información sobre la obra: región, provincia, comuna donde se encuentra, sistema de riego, canal en que se localiza, distancia en kilómetros desde el inicio del canal respectivo, longitud a lo largo del trazado, caudal que pasante en l/s, cota, material de construcción, estado de conservación, descripción general e imágenes.
Canoas superior	Canal muestra el trazado del canal matriz y los derivados Coihue, Munilque y Rihue, además su longitud.
Compuertas	Compuertas existentes incluye información sobre la obra: región, provincia, comuna donde se encuentra, sistema de riego, canal en que se localiza, distancia en kilómetros desde el inicio del canal respectivo, longitud a lo largo del trazado, caudal que pasante en l/s, cota, material de construcción, estado de conservación, descripción general e imágenes.
Enrocado	Enrocado existente indica canal en que se localiza y su longitud.

Tabla 4: Coberturas generadas en el SIIR de la ACCBBN. Continuación.

Coberturas	Descripción
Descargas	Descargas existentes incluye información sobre la obra: región, provincia, comuna donde se encuentra, sistema de riego, canal en que se localiza, distancia en kilómetros desde el inicio del canal respectivo, longitud a lo largo del trazado, caudal que pasante en l/s, cota, material de construcción, estado de conservación, descripción general e imágenes.
Entrega	Entregas existentes incluye información sobre la obra: región, provincia, comuna donde se encuentra, sistema de riego, canal en que se localiza, distancia en kilómetros desde el inicio del canal respectivo, longitud a lo largo del trazado, caudal que pasante en l/s, cota, material de construcción, estado de conservación, descripción general e imágenes, accionista, acciones y caudal que se distribuye.
Fotos trazado	Muestra imágenes del trazado del canal, incluye el kilometraje respectivo.
Puentes	Puentes existentes incluye información sobre la obra: región, provincia, comuna donde se encuentra, sistema de riego, canal en que se localiza, distancia en kilómetros desde el inicio del canal respectivo, longitud a lo largo del trazado, caudal que pasante en l/s, cota, material de construcción, estado de conservación, descripción general e imágenes.
Recargas	Recargas existentes incluye información sobre la obra: región, provincia, comuna donde se encuentra, sistema de riego, canal en que se localiza, distancia en kilómetros desde el inicio del canal respectivo, longitud a lo largo del trazado, caudal que pasante en l/s, cota, material de construcción, estado de conservación, descripción general e imágenes.
Revestimientos	Revestimientos existentes incluye información sobre la obra: región, provincia, comuna donde se encuentra, sistema de riego, canal en que se localiza, distancia en kilómetros desde el inicio del canal respectivo, longitud a lo largo del trazado expresada en metros, caudal que pasante en l/s, cota, material de construcción, estado de conservación, descripción general e imágenes.

Tabla 4: Coberturas generadas en el SIIR de la ACCBBN. Continuación.

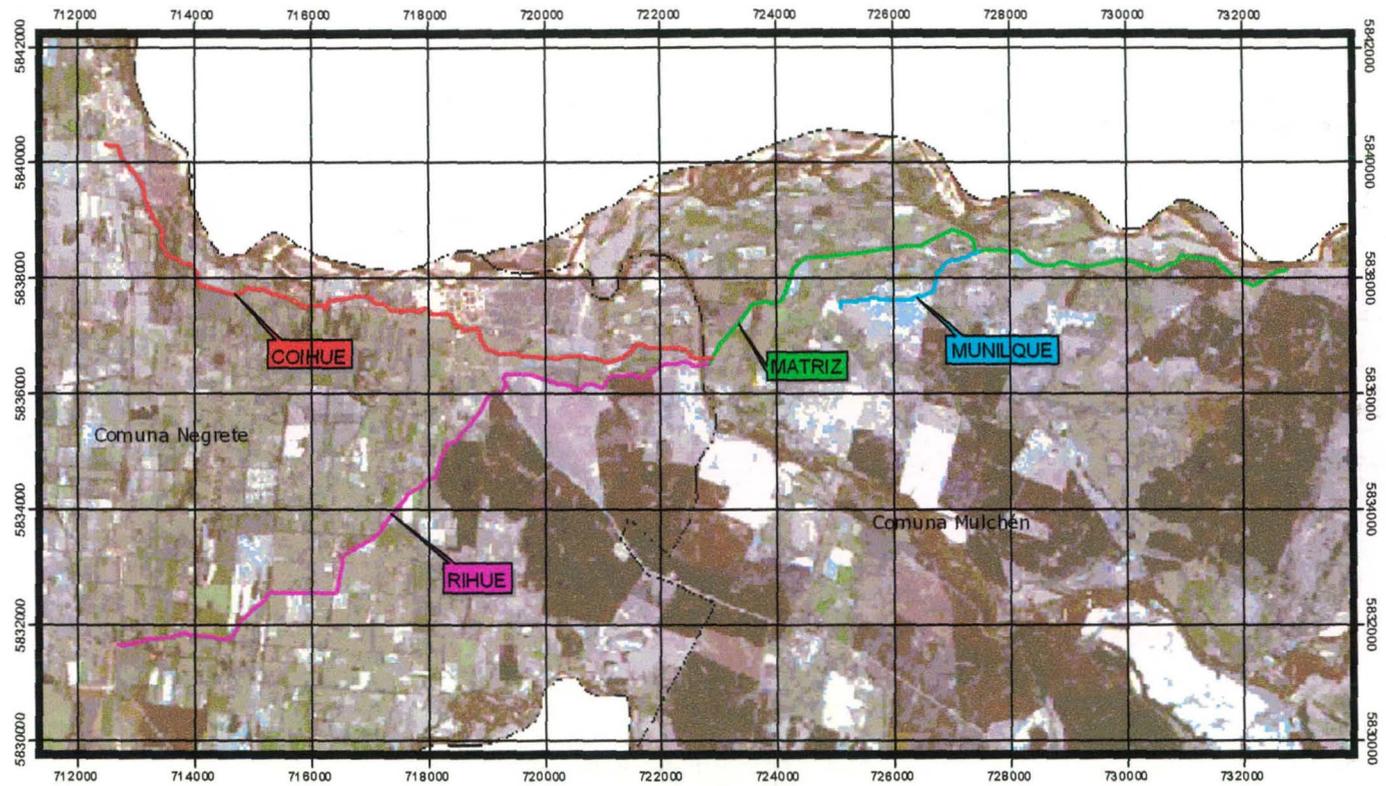
Coberturas	Descripción
Sifones	Sifones existentes incluye información sobre la obra: región, provincia, comuna donde se encuentra, sistema de riego, canal en que se localiza, distancia en kilómetros desde el inicio del canal respectivo, longitud a lo largo del trazado, caudal que pasante en l/s, cota, material de construcción, estado de conservación, descripción general e imágenes
Túneles	Túneles existentes incluye información sobre la obra: región, provincia, comuna donde se encuentra, sistema de riego, canal en que se localiza, distancia en kilómetros desde el inicio del canal respectivo, longitud a lo largo del trazado, caudal que pasante en l/s, cota, material de construcción, estado de conservación, descripción general e imágenes
Cap. uso suelo	Muestra las Capacidades de uso de suelo por tramos de canal, tiene información sobre el canal y longitud que abarca
Vecino derecho	Muestra el vecino de un tramo de canal por el lado derecho, indica la longitud, el canal, la propiedad, el rol y el propietario.
Vecino izquierdo	Muestra el vecino de un tramo de canal por el lado izquierdo, indica la longitud, el canal, la propiedad, el rol y el propietario.
Vecinos límites	Muestra el límite entre tramos o vecino, indica el lado del deslinde.
Caminos	Red vial en el territorio
Divpolitica	Muestra la división político administrativa de la tres comunas que forman parte del sistema de riego

La información detallada de cada uno de los canales, estructuras y vecinos del canal se adjunta en formato digital y se presenta en la siguiente secuencia de coberturas generadas en el SIIR de la ACCBBN.



PLAN DE GESTION HÍDRICA LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA E INSPECCIÓN TÉCNICA

Figura 5. Trazado de los canales



- Canal
- COIHUE
 - MATRIZ
 - MUNILQUE
 - RIHUE



Fuente: Línea estratégica gestión del riego e infraestructura

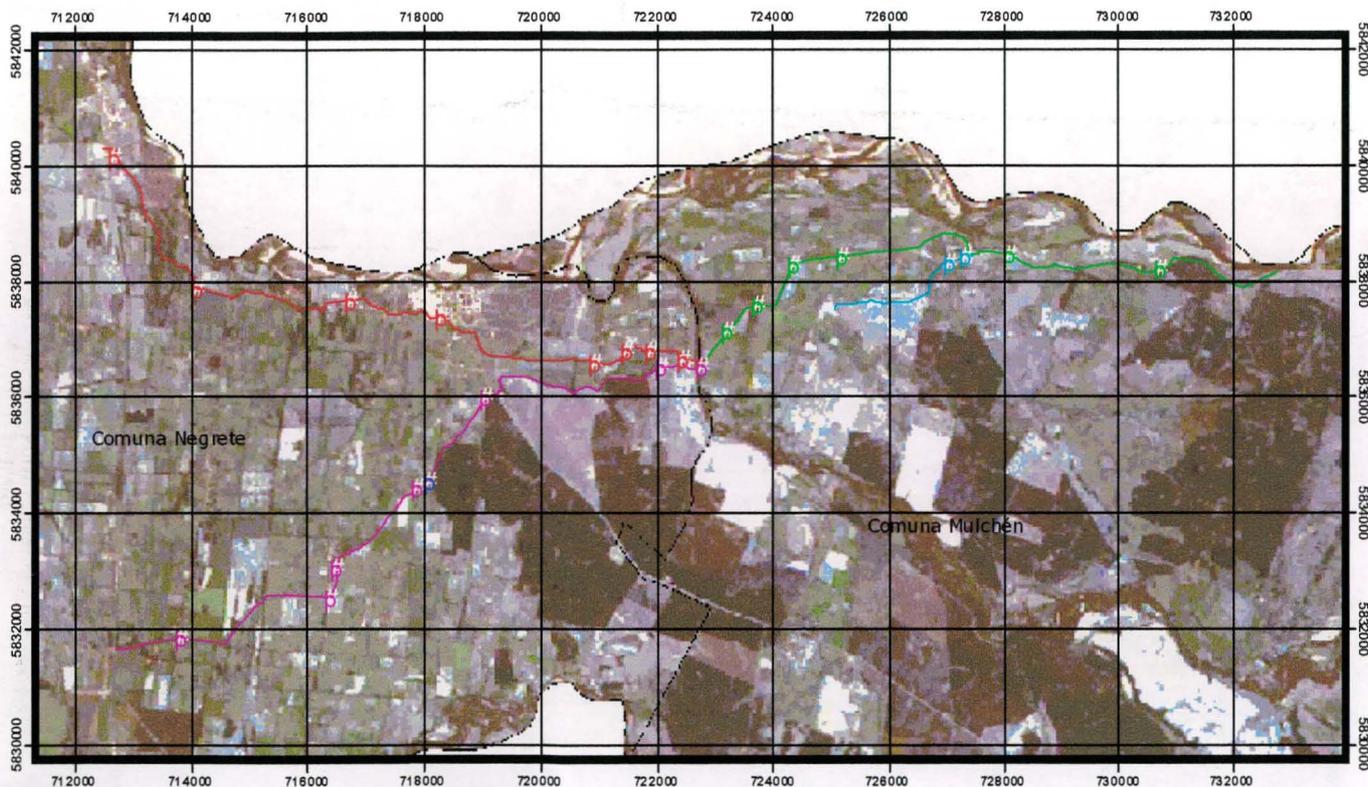
Autor: Jacob Arévalo Rifo. Ing. Civil Agrícola (c),
Universidad de Concepción



PLAN DE GESTION HÍDRICA

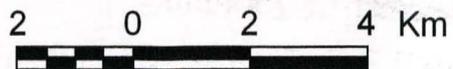
LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA E INSPECCIÓN TÉCNICA

Figura 6. Aforos



Aforos

- p Coihue
- p Matriz
- p Moller
- p Munilque
- p Rihue



Fuente: Línea estratégica gestión del riego e infraestructura

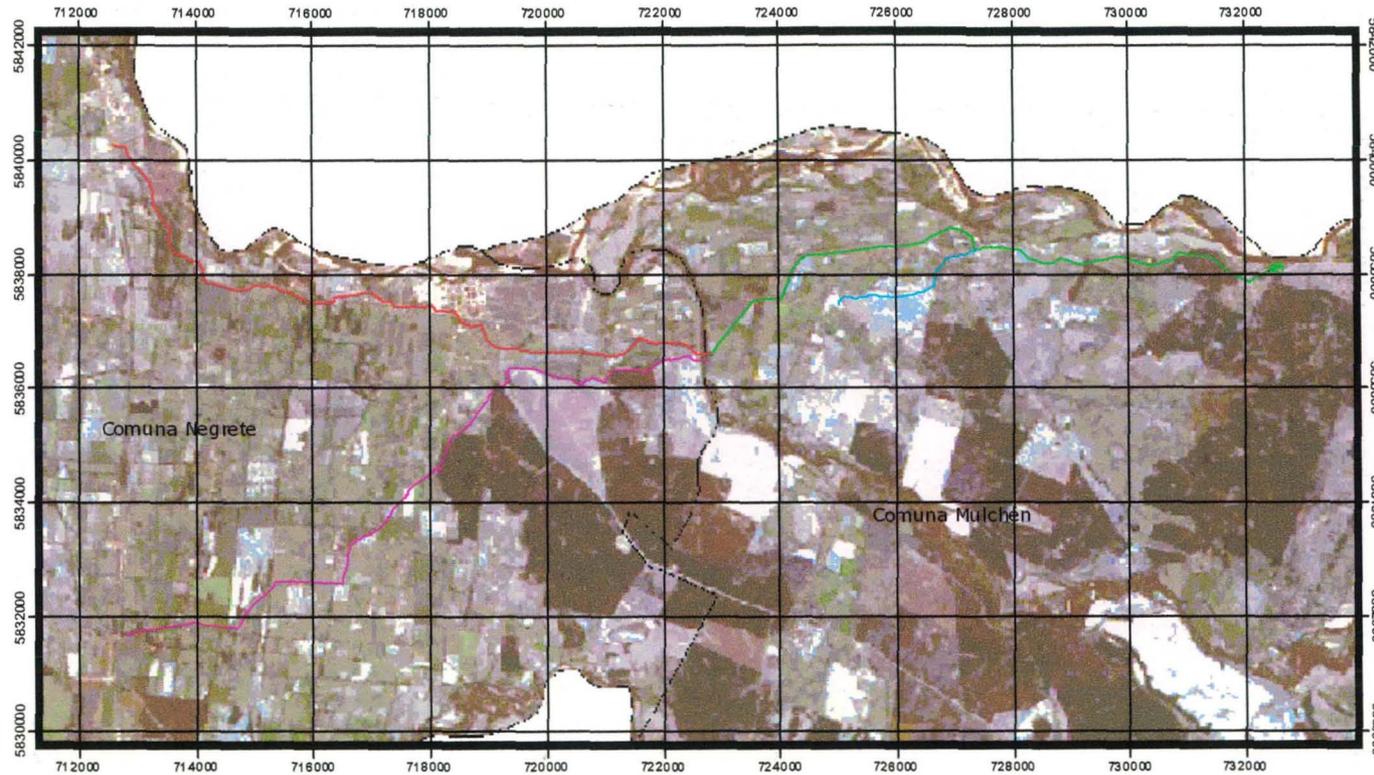
Autor: Jacob Arévalo Rifo. Ing. Civil Agrícola (c),
Universidad de Concepción





PLAN DE GESTION HÍDRICA LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA E INSPECCIÓN TÉCNICA

Figura 7. Bocatoma y tunel



- Bocatomas
- MATRIZ
- Tuneles
- MATRIZ



Fuente: Línea estratégica gestión del riego e infraestructura

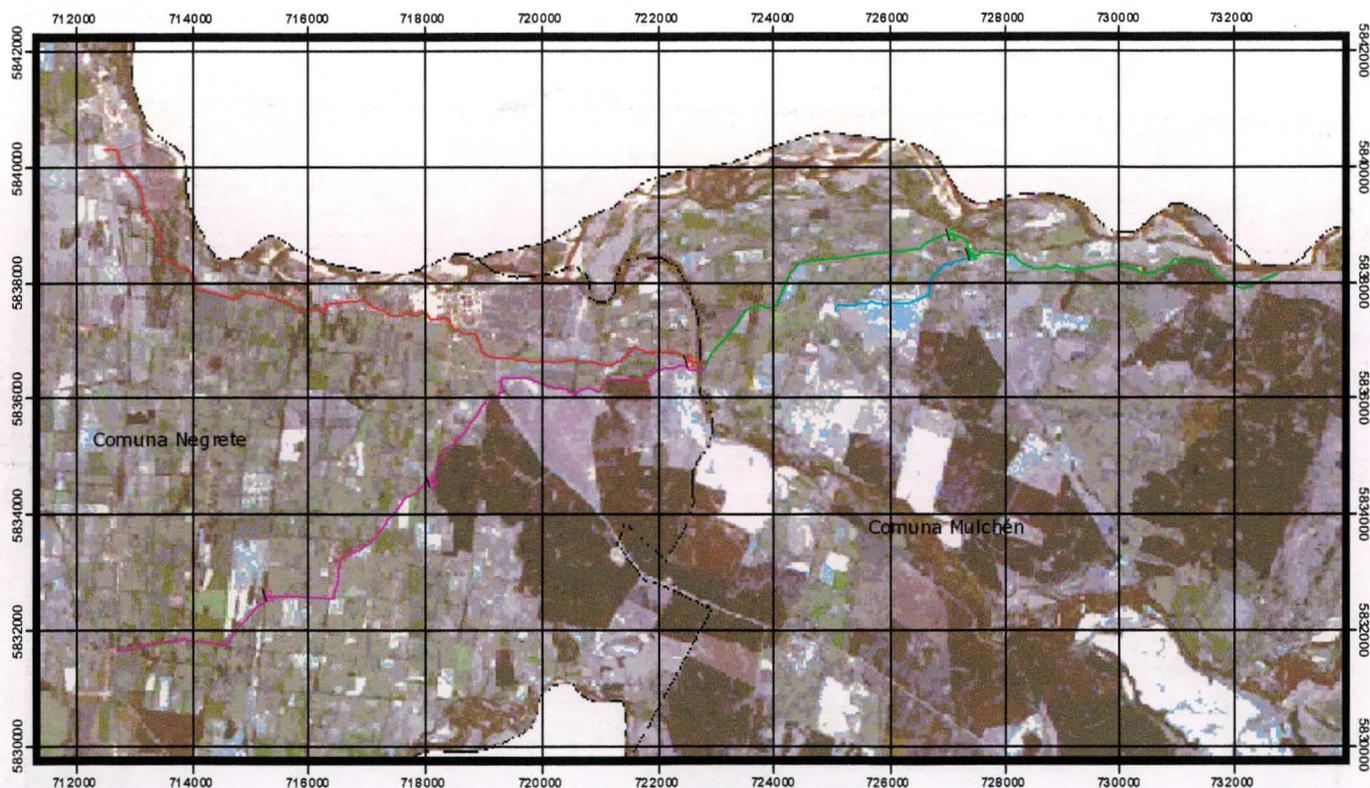
Autor: Jacob Arévalo Rifo. Ing. Civil Agrícola (c),
Universidad de Concepción



PLAN DE GESTION HÍDRICA

LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA E INSPECCIÓN TÉCNICA

Figura 8. Caidas



Caidas

-  COIHUE
-  MATRIZ
-  RIHUE

2 0 2 4 Km



Fuente: Línea estratégica gestión del riego e infraestructura

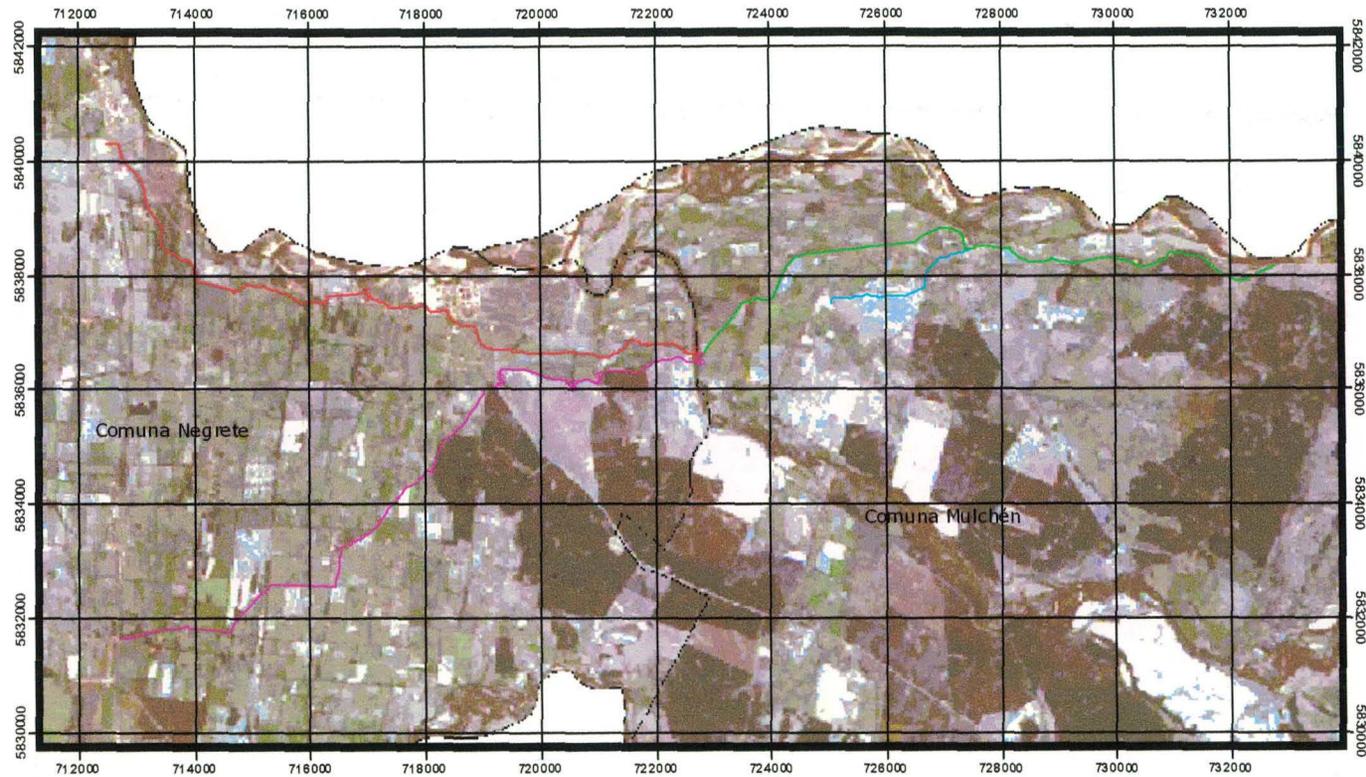
Autor: Jacob Arévalo Rifo. Ing. Civil Agrícola (c),
Universidad de Concepción





PLAN DE GESTION HÍDRICA LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA E INSPECCIÓN TÉCNICA

Figura 9. Canoas



Canoas

- § COIHUE
- § RIHUE



Fuente: Línea estratégica gestión del riego e infraestructura

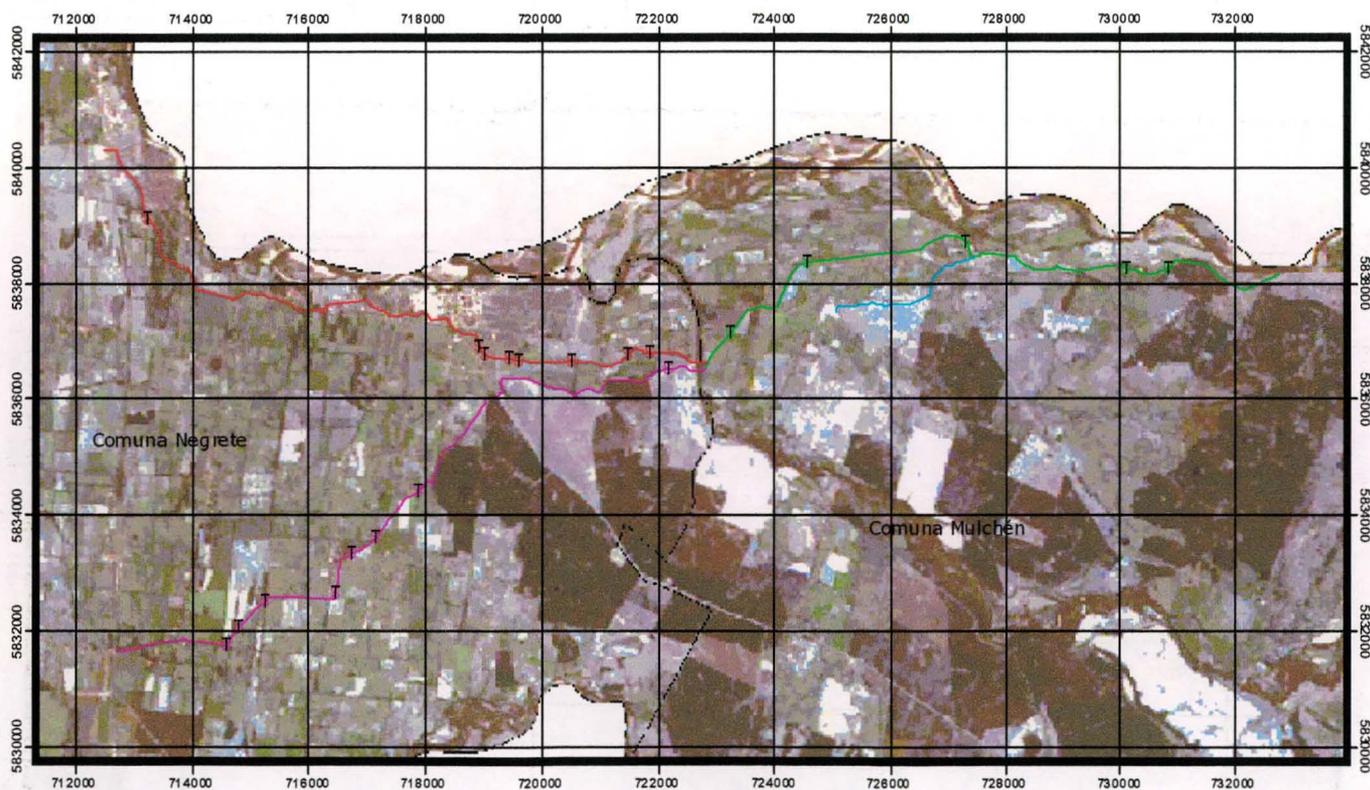
Autor: Jacob Arévalo Rifo. Ing. Civil Agrícola (c),
Universidad de Concepción





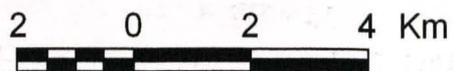
PLAN DE GESTION HÍDRICA LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA E INSPECCIÓN TÉCNICA

Figura 10. Canoas Superior



Canoas superior

- COIHUE
- MATRIZ
- RIHUE



Fuente: Línea estratégica gestión del riego e infraestructura

Autor: Jacob Arévalo Rifo. Ing. Civil Agrícola (c),
Universidad de Concepción

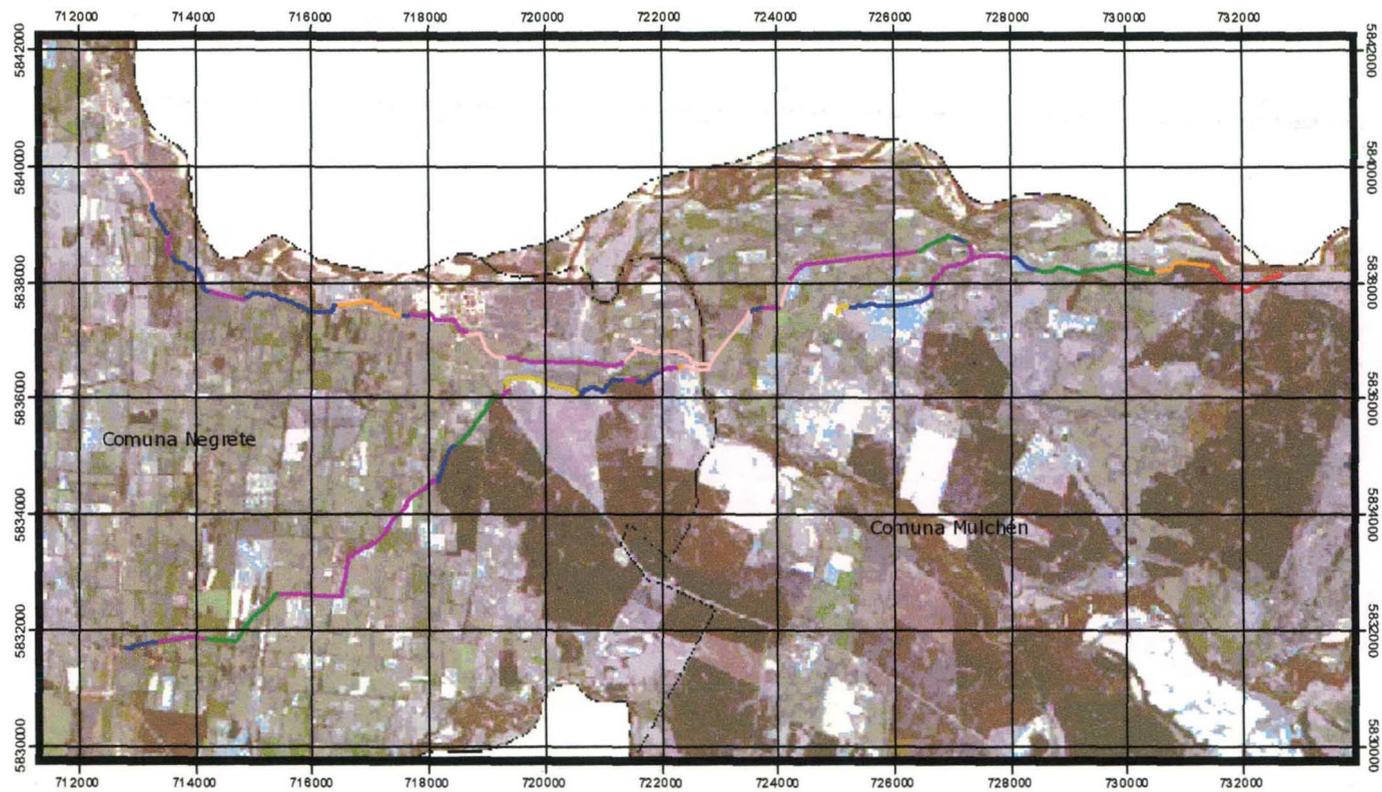




PLAN DE GESTION HÍDRICA

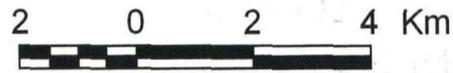
LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA E INSPECCIÓN TÉCNICA

Figura 11. Capacidad de Uso de Suelos



Capacidad de uso

- I
- II
- III
- IV
- V
- VI
- VII
- VIII



Fuente: Línea estratégica gestión del riego e infraestructura

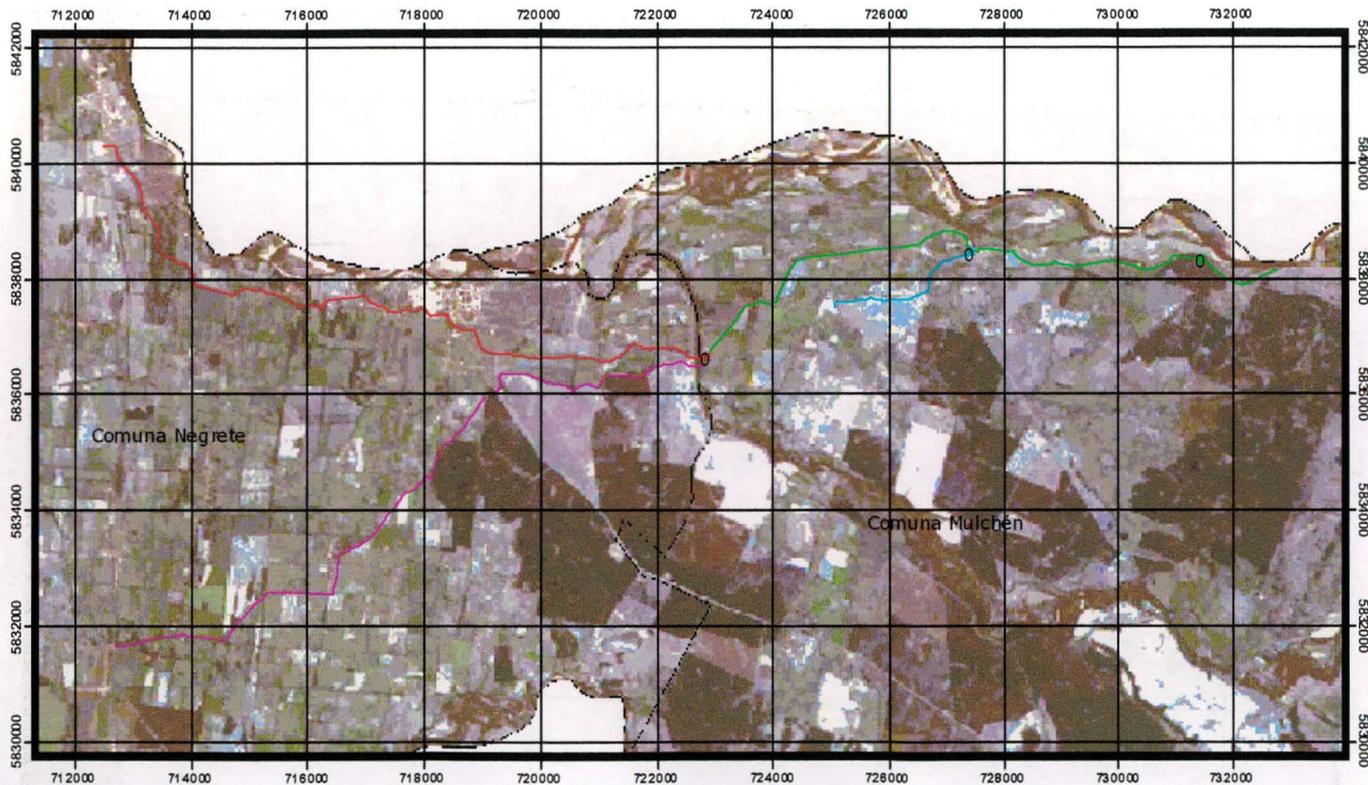
Autor: Jacob Arévalo Rifo. Ing. Civil Agrícola (c),
Universidad de Concepción





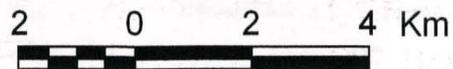
PLAN DE GESTION HÍDRICA LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA E INSPECCIÓN TÉCNICA

Figura 12. Compuertas



Compuertas

- COIHUE
- MATRIZ
- MUNILQUE



Fuente: Línea estratégica gestión del riego e infraestructura

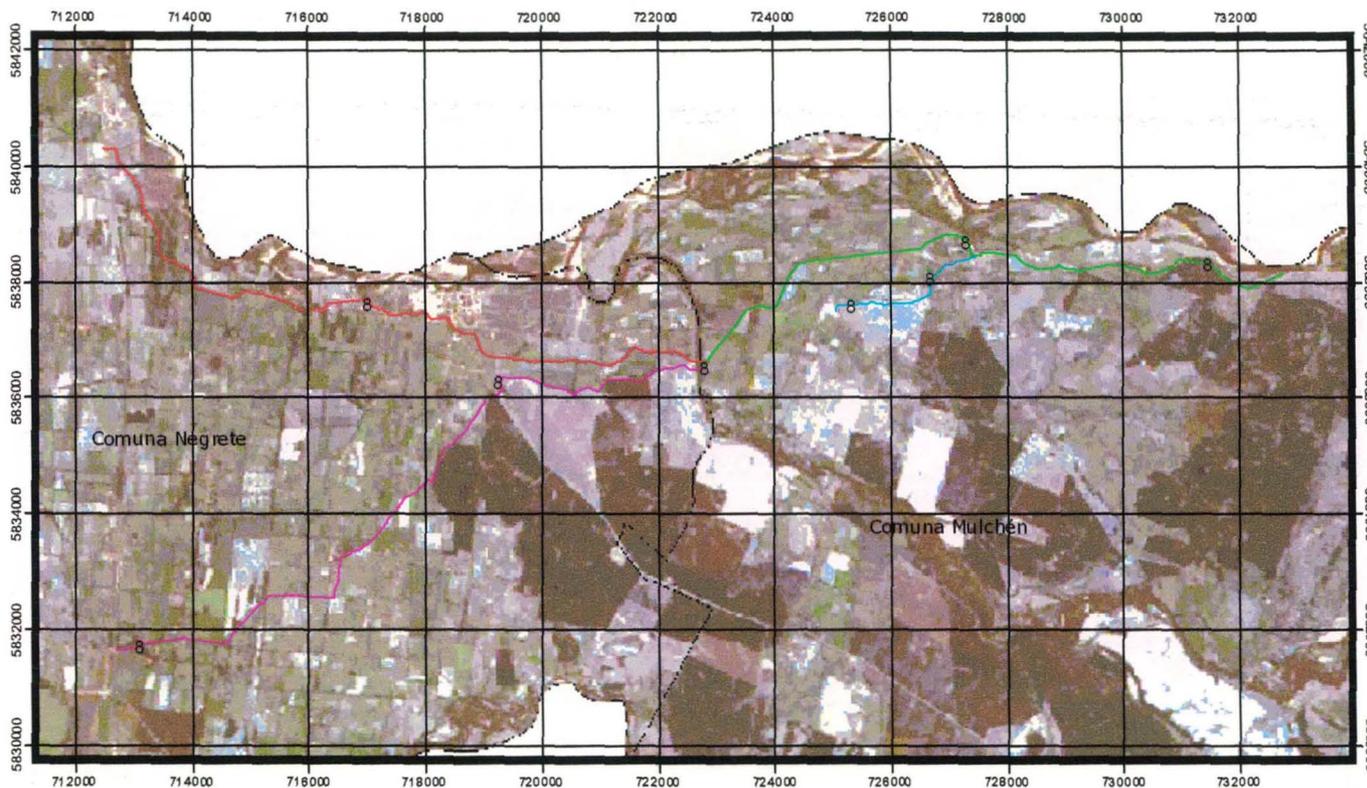
Autor: Jacob Arévalo Rifo. Ing. Civil Agrícola (c),
Universidad de Concepción





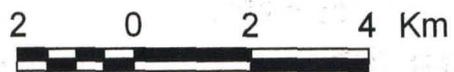
PLAN DE GESTION HÍDRICA LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA E INSPECCIÓN TÉCNICA

Figura 13. Descargas



Descargas

- 8 COIHUE
- 8 MATRIZ
- 8 MUNILQUE
- 8 RIHUE



Fuente: Línea estratégica gestión del riego e infraestructura

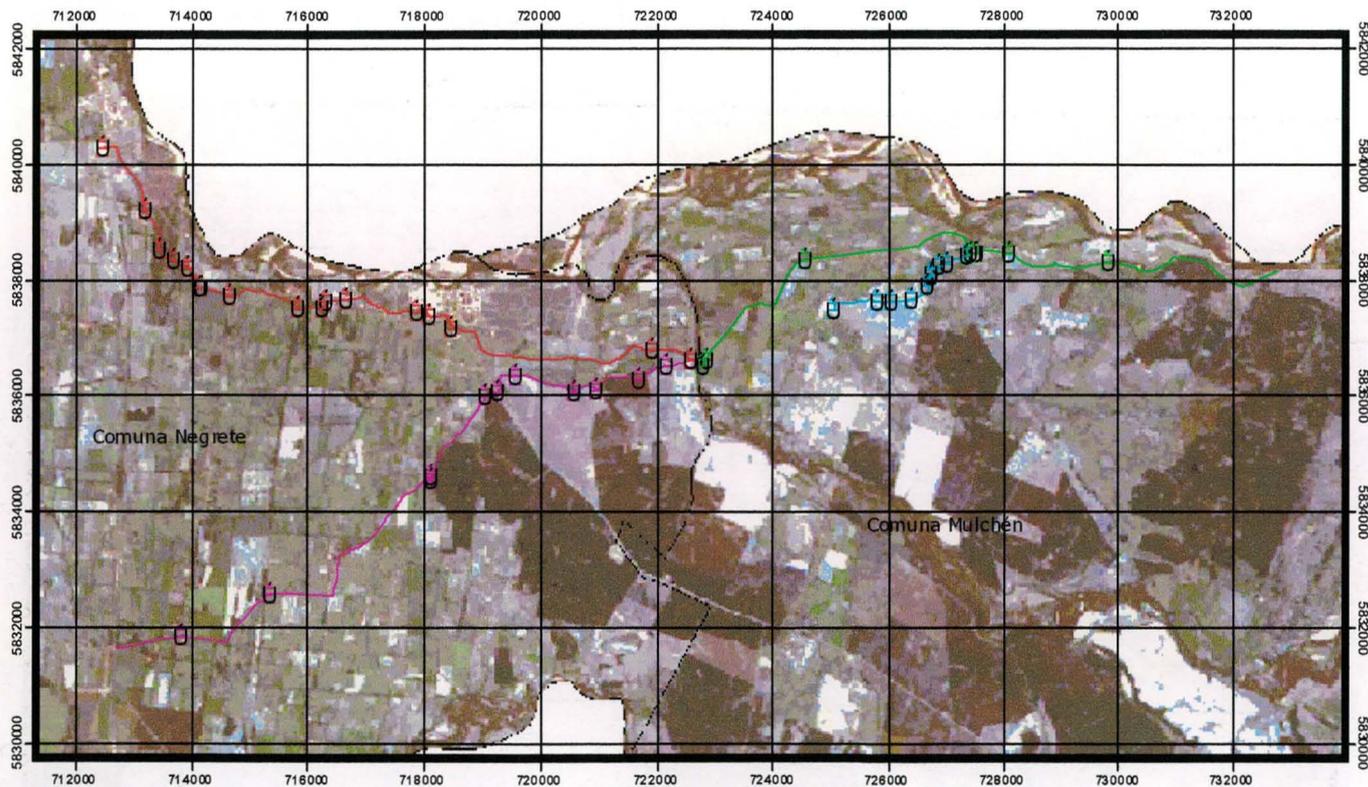
Autor: Jacob Arévalo Rifo. Ing. Civil Agrícola (c),
Universidad de Concepción





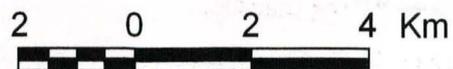
PLAN DE GESTION HÍDRICA LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA E INSPECCIÓN TÉCNICA

Figura 14. Entregas



Entregas

-  COIHUE
-  MATRIZ
-  MUNILQUE
-  RIHUE



Fuente: Línea estratégica gestión del riego e infraestructura

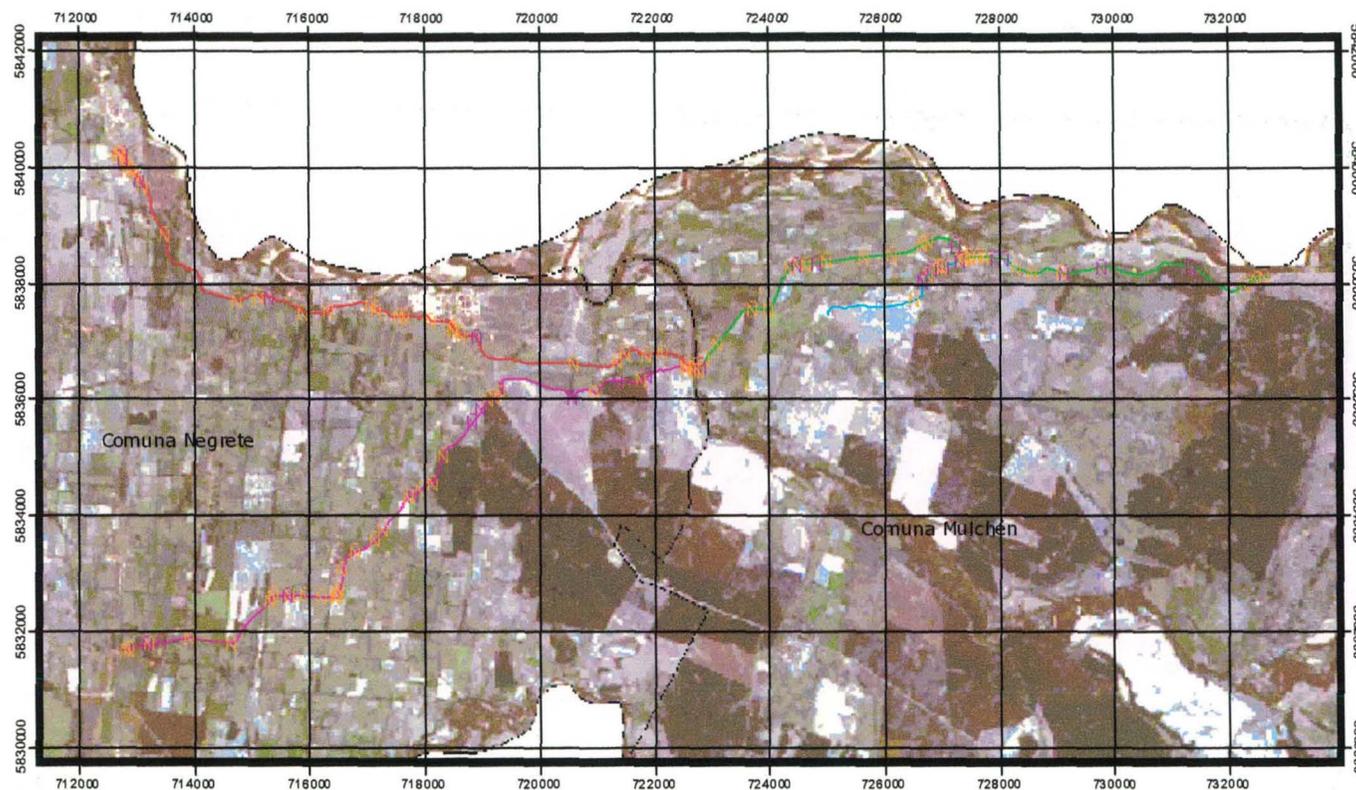
Autor: Jacob Arévalo Rifo. Ing. Civil Agrícola (c),
Universidad de Concepción



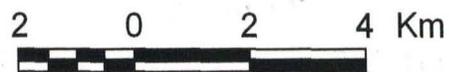


PLAN DE GESTION HÍDRICA LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA E INSPECCIÓN TÉCNICA

Figura 15. Límites Vecinos



Límites Vecinos
DERECHO
IZQUIERDO



Fuente: Línea estratégica gestión del riego e infraestructura

Autor: Jacob Arévalo Rifo. Ing. Civil Agrícola (c),
Universidad de Concepción

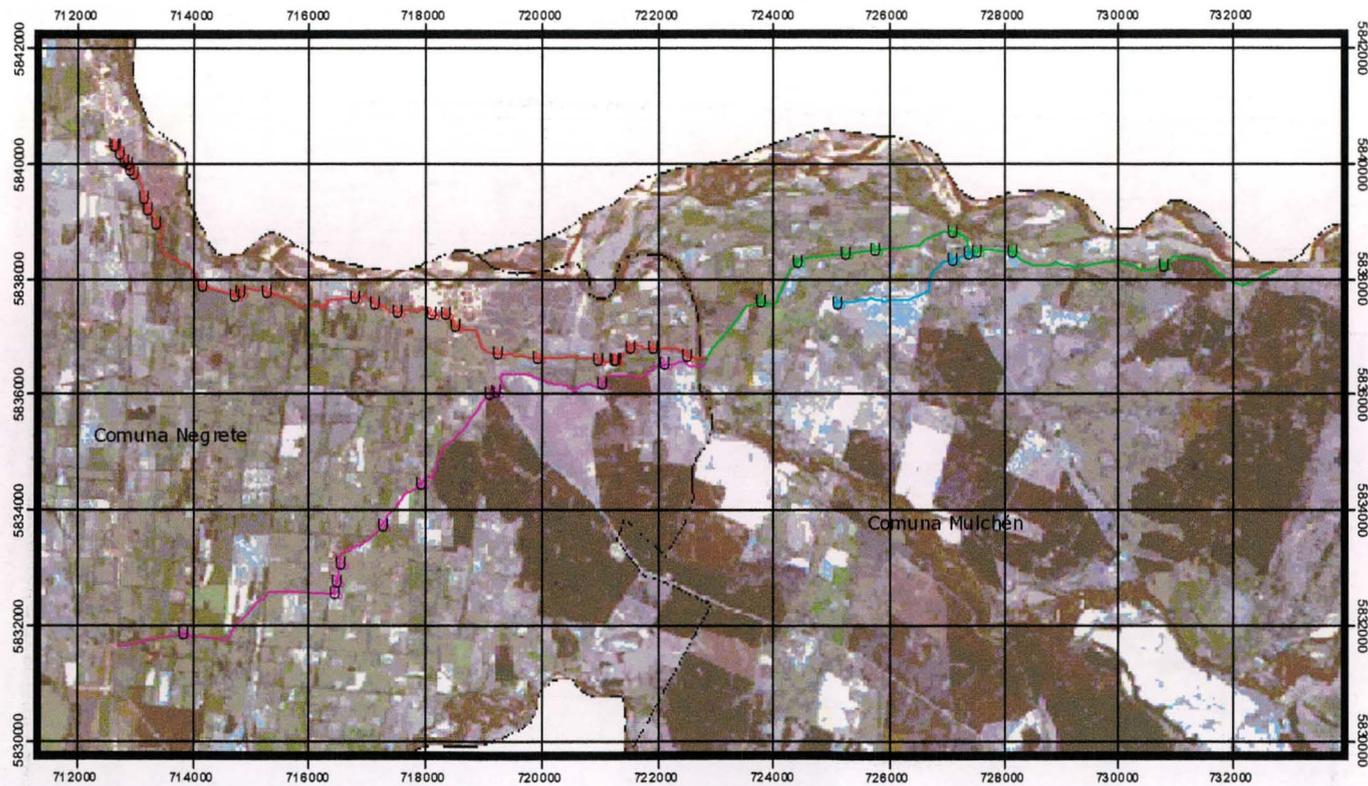




PLAN DE GESTION HÍDRICA

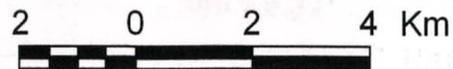
LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA E INSPECCIÓN TÉCNICA

Figura 16. Puentes



Puentes

-  COIHUE
-  MATRIZ
-  MUNILQUE
-  RIHUE



Fuente: Línea estratégica gestión del riego e infraestructura

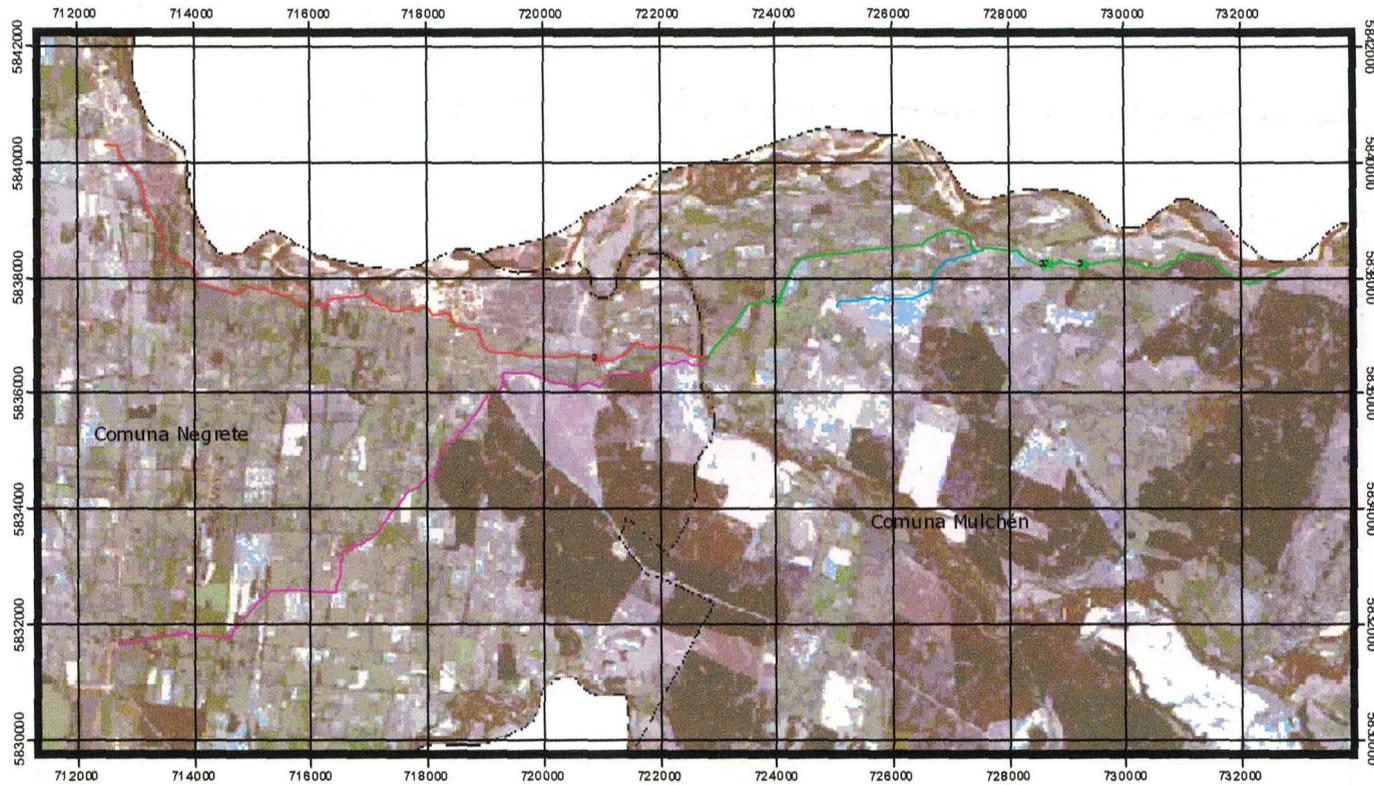
Autor: Jacob Arévalo Rifo. Ing. Civil Agrícola (c),
Universidad de Concepción





PLAN DE GESTION HÍDRICA LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA E INSPECCIÓN TÉCNICA

Figura 17. Recargas



Recargas

- COIHUE
- MATRIZ



Fuente: Línea estratégica gestión del riego e infraestructura

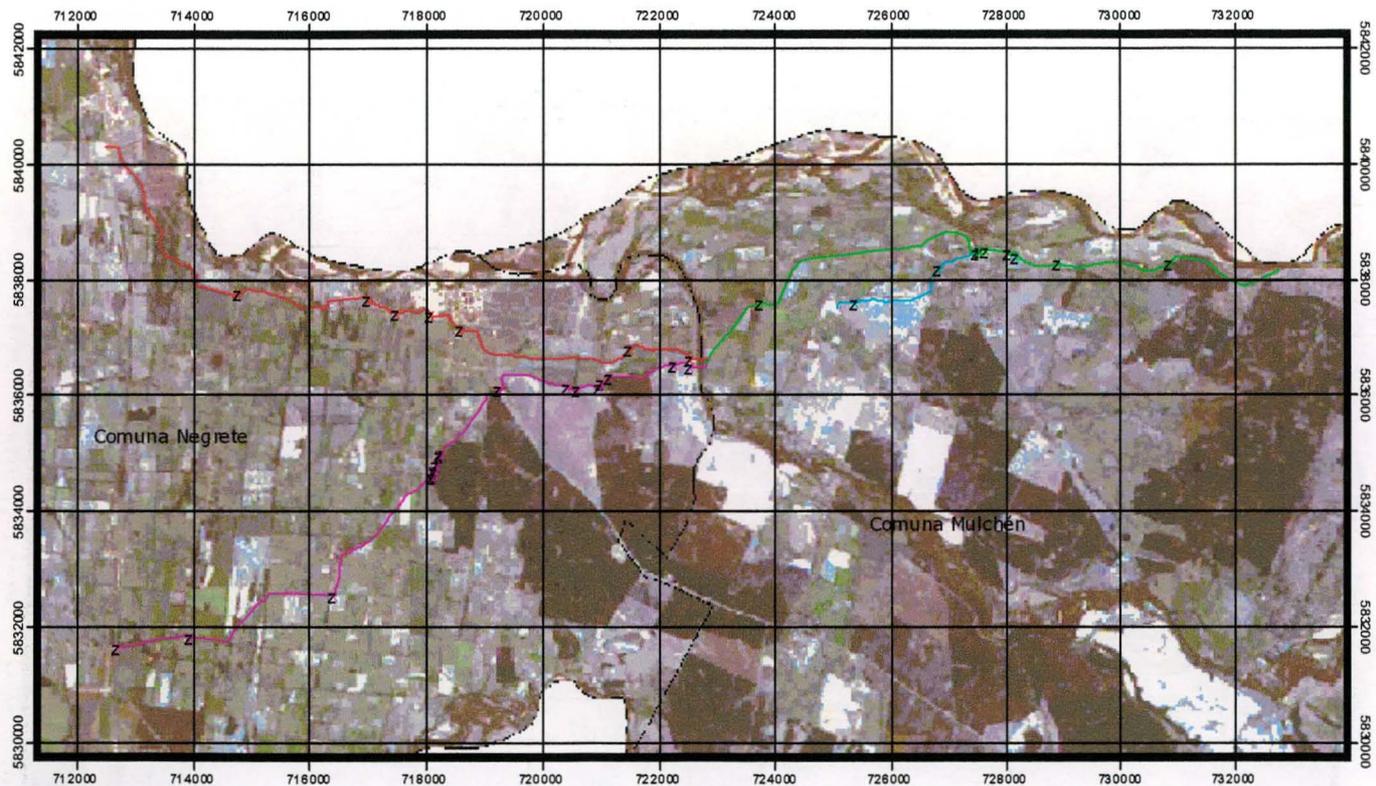
Autor: Jacob Arévalo Rifo. Ing. Civil Agrícola (c),
Universidad de Concepción





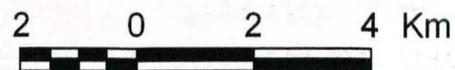
PLAN DE GESTION HÍDRICA LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA E INSPECCIÓN TÉCNICA

Figura 18. Revestimientos



Revestimientos

- z COIHUE
- z MATRIZ
- z MUNILQUE
- z RIHUE



Fuente: Línea estratégica gestión del riego e infraestructura

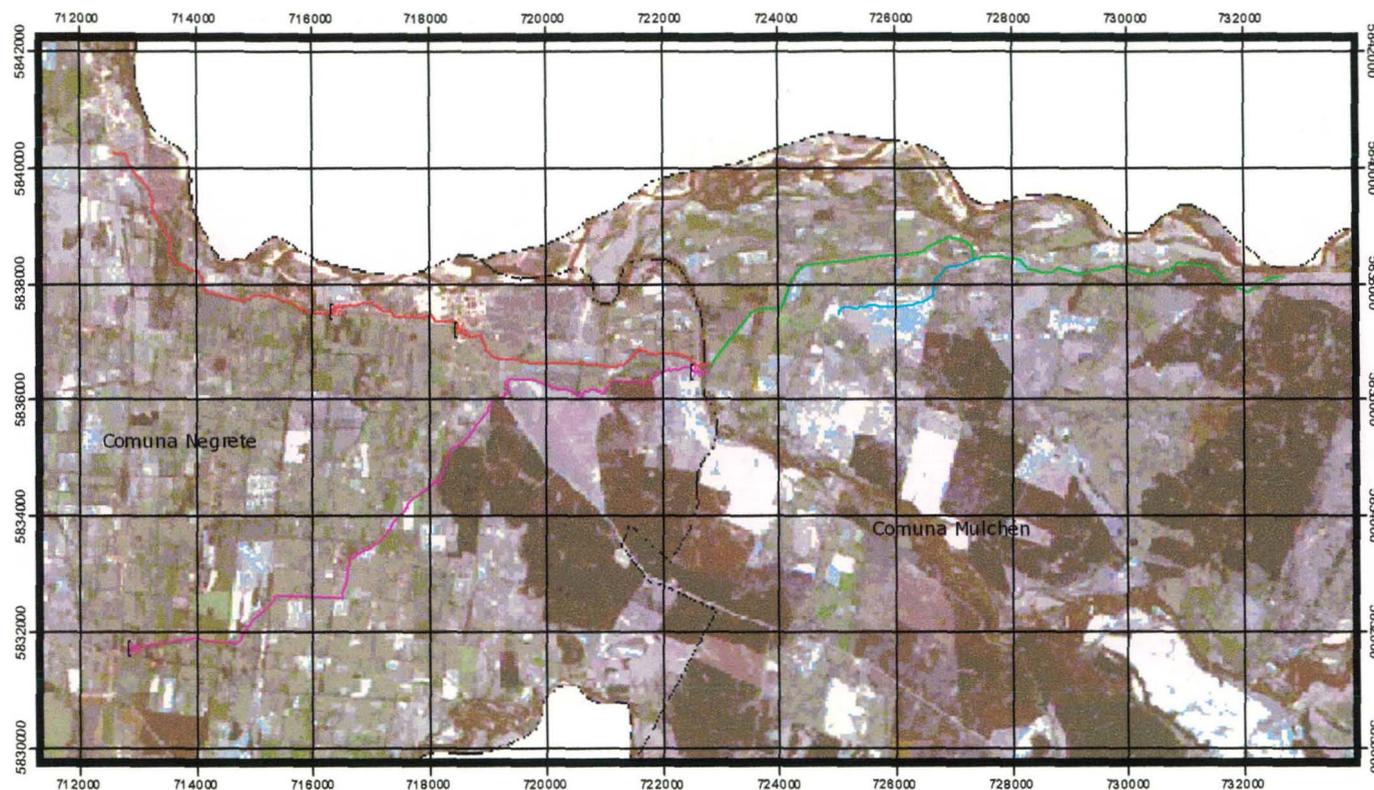
Autor: Jacob Arévalo Rifo. Ing. Civil Agrícola (c),
Universidad de Concepción



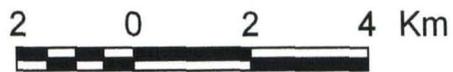


PLAN DE GESTIÓN HÍDRICA LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA E INSPECCIÓN TÉCNICA

Figura 19. Sifones



Sifones
% COIHUE
% RIHUE



Fuente: Línea estratégica gestión del riego e infraestructura

Autor: Jacob Arévalo Rifo, Ing. Civil Agrícola (c),
Universidad de Concepción



En las bases de datos asociadas existen algunos campos faltantes especialmente respecto de los datos de caudal, ya que no se han concluido los aforos por motivos instrumentales u operativos, debido a que está en implementación un sistema de medición de caudales en tiempo real por telemetría, además es necesario actualizar el unifilar.

4.1.1.6. NECESIDAD DE REESTRUCTURACIÓN EL SISTEMA DE REGISTRO DE ACCIONISTAS.

El registro actualmente identifica a los accionistas por las parcelas, con la consecuente problemática que ello conlleva al existir una venta o subdivisión de la misma o que en el territorio existe mas de una parcela con el mismo número. Por lo tanto, se propone una modificación identificando las entregas por una ruta y no por la parcela, según esquema que se indica a continuación:

Canal matriz → Derivado → Sub derivado → Entrega_Km_0,000 → Lado

El esquema aparentemente es extenso, sin embargo, al crear un código formado por los canales y la distancia de ubicación de la entrega en el último canal, éste queda considerablemente práctico e invariable en el tiempo, por ejemplo la entrega ubicada en el Km 7,907 del derivado Coihue.

Ruta: Canal Matriz → Derivado Coihue → Entrega Km 7,907 → Lado izquierdo

Código: MC7907I

Para esto se debería ampliar a toda la red de canales el levantamiento de la infraestructura y consecuente incorporación al SIIR.

4.1.1.7. CRITERIOS PARA LA DEFINICIÓN DE UNA CARTERA PRIORIZADA DE PROYECTOS DE MEJORAMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA.

Una cartera de proyectos tiene la finalidad de optimizar las inversiones que se realizan en la infraestructura cada año, por lo tanto es imprescindible contar con un ranking sobre los tramos u obras puntuales que necesitan ser mejorados, distribuyendo en forma eficiente los recursos, para lograr un mayor impacto social.

Para realizar un ranking sobre proyectos para mejorar la infraestructura se deberían analizar los puntos críticos, en base a una ponderación sobre los siguientes criterios:

a. Superficie afectada por la obra.

Superficie comprendida agua debajo de la obra regada por agua proveniente del canal en estudio, el valor antes mencionado expresado como fracción de la superficie total regada por el sistema de riego Bío Bío Negrete.

b. Número de regantes

Cantidad de regantes afectados por la obra, dicho valor expresado como fracción del total de regantes del sistema de riego Bío Bío Negrete.

c. Costo asociado

Costo en pesos de implementar la mejora a la obra en la obra analizada, dicho costo representado dentro de rangos preestablecidos asignándole un número, traducido a pesos por número de regantes y a pesos por unidad de superficie.

d. Costo alternativo

Costo en pesos de no implementar la mejora a la obra en la obra analizada, este ítem está relacionado con el análisis de riesgo estructural o colapso de la obra, es decir, dependerá si la obra continua como está o si colapsa ante algún tipo de

evento indeseable, dicho costo representado dentro de rangos preestablecidos asignándole un número.

e. Disponibilidad de agua

Disponibilidad del recurso, para este ítem se tienen solamente dos alternativas a las cuales se les asigna un valor, como sigue:

SI existe disponibilidad	1
NO existe disponibilidad	0

f. Estado de operación

Valor relacionado con el estado de operación de la obra, independiente de su estado estructural, debe cuantificar si cumple o no con los objetivos para lo cual existe, para cuantificar su funcionamiento se utilizan números difusos según la escala que se presenta a continuación:

Muy Bueno	0.8	-	1
Bueno	0.6	-	0.8
Regular	0.4	-	0.6
Malo	0.2	-	0.4
Muy Malo	0.0	-	0.2

La evaluación y asignación del valor de la escala es realizada por equipo de profesionales y personas afines.

g. Índice de riesgo

Valor proveniente del análisis de riesgo estructural, ante algún tipo de evento indeseable, como sismos o inundaciones, para dicho análisis se consideran

aspectos recopilados durante la inspección técnica, como son la topografía, el socavamiento, el estado del material del cual se compone la obra, pérdidas de estabilidad, capacidad hidráulica, edad, grietas, entre otros.

h. Incremento de superficie

Valor que representa en cuanto se incrementa la superficie de riego, bajo el supuesto de realizar la mejora, este índice apunta a cuantificar el incremento real de la superficie bajo riego considerando la superficie disponible a regar, el valor debe ser expresado como fracción y se obtiene como se muestra a continuación.

$$I \text{ de } S = \left(\frac{SRF - SRA}{SD} \right)$$

Donde:

I de S: Incremento de superficie de Riego (fracción)

SD: Superficie disponible para regar

SRF: Superficie de riego futura (há)

SRA: Superficie de riego actual (há)

La ponderación para los ocho ítems involucrados en el modelo de priorización se debe definir en conjunto con un equipo de profesionales con experticia en el tema, incluyendo al Administrador o representante de la ACCBBN.

4.1.1.8. CONSIDERACIONES FINALES.

Con el levantamiento de obras realizado, apoyado en los SIGs, es posible identificar las obras, su estado actual, y su especialización al complementarse con la información contenida en el SIIR de la ACCBBN.

Se realizó una inspección técnica que dio cuenta del estado los distintos componentes del sistema de riego extrapredial catastrados. Las visitas a terreno

que dieron lugar a la Inspección Técnica fueron fuertemente apoyadas por los representantes sectoriales y los celadores con más experiencia. Posteriormente, se legitimó este levantamiento con los sectores, encontrándose en la definición de los niveles de priorización de obras para su mejoramiento, ya que la discusión de los criterios específicos para el efecto requiere la participación de otros actores que no sólo da respaldo técnico y social a la cartera de proyectos, sino también asistan en su financiamiento. Paralelamente, dicha información fue ingresada al SIIR, generándose distintas capas temáticas

Se generaron bases de datos con la información recopilada como soporte para el SIIR, del cual se obtuvieron las distintas capas temáticas a partir de un análisis espacial sobre el fondo de una imagen satelital ajustada al territorio. Asimismo, se avanzó en la definición de criterios para la priorización de la cartera de proyectos a proponer.

En general, se puede señalar que el estado de conservación de la infraestructura catastrada es regular, existiendo algunos puntos críticos susceptibles de priorizar en función de los criterios que se definan para ello, resaltando, el riesgo de colapso como uno de los más relevantes.

4.1.2. ELABORACIÓN DE PROYECTOS

El mejoramiento de obras que considera el PMI y es de competencia y jurisdicción de la ACCBBN corresponde al nivel extrapredial. Hasta la fecha, los principales proyectos presentados y por presentar con financiamiento compartido entre el Estado y la OUA, tienen dos grandes vertientes. La más importante, y que dice relación con el contexto operativo, temporal y presupuestario, es aquella que viene a resolver los principales problemas de riego del sistema con énfasis en el mejoramiento de la conducción y están a discreción de la decisión de la administración y el Directorio. Respecto de las estructuras de distribución, estas en su mayoría se cargan al productor y son financiados íntegramente con recursos

internos⁷; la otra vertiente, que ha significado desde el año 2000 más bien una declaración de intenciones, es el Programa de Mejoramiento del canal Bío Bío Negrete elaborado por EDIC consultores y encargado por la DOH del MOP. Si bien es cierto no se ha implementado y ejecutado como se propuso, este trabajo a servido de directriz para los mejoramientos que periódicamente se proponen.

En rigor el criterio que ha primado a la hora de priorizar obras ha sido el de riesgo de colapso de las obras, principalmente por la avanzada edad de la infraestructura que muchas veces ha sobrepasado la vida útil de los materiales constituyentes de la misma.

Durante el Programa de Desarrollo del riego en Comunas con Problemas de Cesantía y Pobreza, 2006, se sistematizó las obras realizadas tanto aquellas postuladas a financiamiento de la Ley 18.450 de fomento a la inversión privada en obras de riego y drenaje, como aquellas postuladas a financiamientos especiales de la DOH por diversas circunstancias entre las que destacan los fondos de emergencia para recuperar los daños estructurales provocados por las crecidas del 11 y 12 de julio de 2006.

Durante 2006 los proyectos de mejoramiento de infraestructura presentados fueron:

- Revestimiento primer tramo canal derivado Munilque (Concurso 7-2006, Ley 18.450).
- Rehabilitación del canal El Tranque producto de los daños producidos por el temporal de julio de 2006 (Concurso 15-2006, Ley 18.450)
- Reparaciones y rehabilitación del canal matriz y otros canales menores en el sistema de riego Bío Bío Negrete producto de los daños producidos por el temporal de julio de 2006 (Fondos de Emergencia, DOH – MOP).}

Los proyectos de protección del canal matriz presentados fueron:

⁷ Este funcionamiento es el que ha dado paso a la necesidad de establecer en forma sistemática las obras a mejorar periódicamente y aprovechar los instrumentos de fomento disponibles.

- Protección Canal matriz Bío Bío Negrete ante la Migración lateral del río Bío Bío. Etapa III, segunda parte (Concurso 15-2006, Ley 18.450).
- Protección Canal matriz Bío Bío Negrete ante la Migración lateral del río Bío Bío. Etapa III, primera parte (Concurso 7-2006, Ley 18.450).
- Protección del canal matriz mediante el establecimiento de la biotecnología del Vetriver (*Vetiveria zizanioides*) integrada a estructuras gavionadas (VII Concurso Nacional del Fondo de Innovación tecnológica del MOP).

4.1.3. MEJORAMIENTO DE CAPACIDADES

El mejoramiento de capacidades es la primera línea de acción propuesta en el PED – ACCBBN, donde se establece que para garantizar la sostenibilidad y sustentabilidad de la organización, la infraestructura de riego, los emprendimientos y mejoramientos realizados, es necesario involucrar a los usuarios, ya sea para mejorar su pool de conocimientos en torno a los temas relacionados, como en su participación en la captura de demandas y en la elaboración de soluciones.

Así, destacan principalmente las capacitaciones sobre temas extraprediales realizadas tanto a celadores, usuarios como a los trabajadores de la ACCBBN, sean estos permanentes o temporales. Asimismo, se debe destacar la implementación de un Programa de Transferencia Tecnológica en riego para todos los beneficiarios de proyectos.

4.2. PLAN DE OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO (POR).

Para establecer el POR, ha sido necesario detenerse en la determinación de la eficiencia de conducción, los factores que la determinan – recargas, entregas y pérdidas- y en sus dimensiones económica y ambiental. Para determinar la eficiencia técnica se realizó una campaña de aforos en puntos accesibles y fueron definidos como puntos de control de caudal. Esta campaña comenzó en mayo de 2006 y concluyó en enero de 2007. En el mismo periodo se determinaron las rugosidades del sistema analizado, se estimaron las pérdidas por conducción en toda la extensión de canales, se caracterizó hidráulicamente las obras catastradas en el canal y se constató los principales problemas ambientales en el canal dentro y fuera de la temporada de riego. Se representaron en capas temáticos los datos procesados en el SIIR.

Respecto de la eficiencia económica se debe reconocer que la viabilidad de los sistemas de conducción en canales abiertos, depende en gran medida de su capacidad para satisfacer las demandas prediales de agua a bajo costo y asegurar la máxima utilización del recurso hídrico. La conducción del agua desde la fuente hasta el predio, representa normalmente altos costos en términos reales. Estos costos dependen de las características del diseño de los sistemas de conducción, en la metodología de operación, en las prácticas de manejo del sistema de distribución, en los programas de limpieza y mantenimiento y de las expectativas de mejoramiento de la eficiencia física de conducción. Este aspecto, por cierto también es posible concebirlo en un sistema de soporte de decisiones como restricción al modelo que permita ejecutar las decisiones de mejoramiento.

4.2.1. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO BÍO-BÍO NEGRETE.

4.2.1.1. INTRODUCCIÓN.

El agua es un recurso básico en el desarrollo, tanto para el ser humano como para el territorio donde se desenvuelve. Por esta razón, debe existir una preocupación sustantiva y permanente destinada al óptimo uso del recurso hídrico, principalmente en los sistemas productivos bajo riego.

En Chile y en los sistemas de riego, en especial en las redes de canales, existe una serie de problemáticas asociadas a la eficiencia de captación, conducción, distribución y aplicación del recurso hídrico.

Principalmente, dentro del desarrollo de proyectos para superar estas problemáticas, coexisten una cantidad importantes de factores que influyen en las decisiones técnicas y económicas que permiten priorizar los sectores más críticos para su mejoramiento.

El estudio de las variables técnicas exige información fidedigna respecto de lo que realmente ocurre en terreno. Ello lleva a considerar la cantidad de factores posibles para el rediseño de un canal o una parte de él (i.e. revestimiento, etc.), y un buen manejo en la operación de éste. Dentro de estos factores se pueden considerar como principales la operación, las pérdidas por conducción, proliferación de malezas, pérdida de condiciones iniciales de diseño, gran velocidad, erosión y daños por el tránsito de animales. El control de estos factores permitiría la incorporación de nuevas superficies explotables al riego actualmente disponibles.

Las pérdidas por filtraciones, en los sistemas de conducción y distribución de agua, son un problema de relevancia en el riego actual. Las pérdidas de agua en canales, no solamente dependen del tipo de suelo, pendiente, sección del canal y

otros, sino que también son determinadas por el diseño de estructuras de distribución de agua - que posea las características hidráulicas adecuadas - . La consideración de estos factores permitiría una administración apropiada y un empleo equitativo de los recursos hídricos conducidos por el sistema.

Una estimación adecuada de las pérdidas permite a la Administración planificar sus recursos para asegurar un abastecimiento suficiente y compensar las pérdidas por filtración ante un tipo de suelo específico, como asimismo optimice la construcción de estructuras de distribución de aguas que evite los problemas técnicos, sociales y legales.

Dentro de algunos aspectos importantes de la problemática técnica, se puede mencionar la fluctuación volumétrica continua del caudal por acción, ocasionado entre otros aspectos, por la influencia del río.

Así mismo, en la problemática social emergen los conflictos entre usuarios

Dado que el agua del riego se capta, conduce, distribuye y se aplica al terreno para satisfacer los requerimientos hídricos de los cultivos, y así evitar una disminución en los rendimientos de estos mismos, es necesario realizar cada una de estas labores con la mayor eficiencia posible.

Los distintos tipos de eficiencia que caracterizan el sistema determinan como realizar las diversas labores para una adecuada puesta en riego. (ACCBBN, *Universidad de Chile, Universidad de Concepción, 2007*).

Generalmente se definen cuatro tipos de eficiencia: la eficiencia de una obra de captación, de conducción de agua en canales, de distribución del agua a nivel predial y la de riego o de aplicación de agua en el suelo.

La eficiencia de una obra de captación esta determinada por la cantidad de agua que se deriva con respecto al volumen que corresponde derivar por concepto de derechos de aprovechamiento. Lo que normalmente ocurre es que por problemas

de filtraciones o manejo, no ingresa al canal el total de agua que corresponde captar, lo que influye negativamente en la eficiencia de la bocatoma.

$$\eta_{Cap} = \frac{Vol. \text{ Captado}}{Vol. \text{ Teórico}} * 100$$

Donde:

η_{Cap} = Eficiencia de Captación, %

Vol. Captado = Volumen de agua que entra al canal, $m^3 * s^{-1}$

Vol. Teórico = Volumen de agua que corresponde captar por derechos de aprovechamiento, $m^3 * s^{-1}$

(Mauricio Ortiz Lovera, "Situación Actual y Alternativas de solución del Canal Primera Abajo", Tesis Ingeniería Civil Agrícola, Universidad de Concepción, 1998).

Específicamente la eficiencia de conducción de agua en canales contempla las pérdidas de operación del sistema y de conducción propiamente tal. En este sentido las pérdidas por operación son consecuencia de entrega de caudales superiores a la capacidad de conducción de los canales y del funcionamiento de las estructuras de captación. Las pérdidas de operación en sistemas adecuadamente administrados, no supera el 5%, sin embargo, pueden aumentar en forma muy significativa si se descuida, principalmente las labores de administración y mantenimiento. En general los factores más importantes a considerar dentro de las pérdidas por conducción son el tipo de suelo, ubicación del nivel freático, edad del canal, velocidad del agua, perímetro mojado, caudal del canal, vegetación y temperatura. *(Miguel Arias Quintana, "Análisis de la distribución del agua de riego del río Ñuble", Tesis Agronomía, Universidad de Concepción, 1980).*

Uno de los principales autores que ha avanzado estos factores es Enrique Palacios-Vélez (1972), el cual efectuó muestreos con infiltrómetros y evaporímetros sobre varios tipos de canales, se utilizó los datos de los informes

periódicos de distribución de aguas- en los que se presentan las pérdidas mensuales por tramos de canales- muestreó las pérdidas por fugas en estructuras y se realizaron aforos en diferentes tramos de canales para evaluar los componentes de las pérdidas de conducción.

4.2.1.2. EFICIENCIA ECONÓMICA

La viabilidad de los sistemas de conducción en canales abiertos, depende en gran medida de su capacidad para satisfacer las demandas prediales de agua al bajo costo y asegurar la máxima utilización del recurso hídrico. La conducción del agua desde la fuente hasta el predio, representa normalmente altos costos en términos reales. Estos costos dependen de las características en el diseño de los sistemas de conducción, en la metodología de operación, en las prácticas de manejo y en los programas de mantenimiento.

Estos proyectos requieren ser abordados en forma asociativa, los que integran en forma óptima los intereses y las capacidades financieras de cada miembro, por ello el marco legal chileno, por medio del Código de Aguas, ha formalizado la existencia de las Asociaciones de regantes, las cuales son instituciones compuestas por los mismos regantes, que se encargan de la administración de los sistemas de riego.

Los dineros que se pagan por usar el agua de riego corresponden al presupuesto anual que debe cubrir toda organización de regantes y equivale a los costos de administración de la organización más los costos de operación de los distintos sistemas de riego.

Por lo tanto, para los usuarios, el cálculo del valor que debe pagar, es proporcional a los derechos de aprovechamiento que cada uno de ellos posee, por lo tanto, el valor de la cuota por acción equivale al presupuesto total dividido por el número total de acciones que distribuye la organización.

Se debe dejar bien definido que el costo del agua no es por consumirla, sino es por transportarla desde la fuente hasta dejarla disponible en el predio del usuario.

Para el cálculo de los gastos operacionales, se consideran los siguientes tópicos como los de remuneración de celadores y otros, mano de obra, limpias y roces, mantención de obras normales, implemento de trabajo, arriendo de maquinaria, movilización, fletes. (*Manual para el dirigente de Comunidades de Aguas, Ovidio Melo, Comisión Nacional de Riego, Universidad de Concepción, Chillan, 2002*)

Dentro de los costos administrativos de la ACCBBN, se puede mencionar los sueldos, que en este caso serian los del Administrador, secretaria, tesorera, vigilantes y nocheros. Los gastos en servicios básicos, materiales de oficina, gastos de representación, gastos judiciales y otros gastos administrativos como cuotas en la Confederación de Canalistas etc., los que conforman en su totalidad al valor de la acción que es bajo comparativamente con otras OUA (Tabla 5).

Tabla 5. Los valores de cuota por 1 l/s.

Asociación de Canalistas	Costos de 1 l/s (\$)
Bio Bio Sur	9.500
Duqueco - Cuel	8.930
Laja	8.000
Bio Bio Negrete	7.652

Esto indica que por el concepto de cuota por el agua al año ingresan \$127.018.829 con 1131,5 acciones vigentes. (ACCBBN, 2006)

Se define la eficiencia económica de un sistema riego, asociado a una organización de regantes o usuarios del recurso, como el logro de los objetivos con la mayor rentabilidad posible.

Para mejores resultados, los costos usados en la evaluación del funcionamiento de estos sistemas se deberán relacionar con las características físicas y de operación del sistema. Tradicionalmente, la evaluación del funcionamiento de los sistemas de conducción se ha visto seriamente restringido por la escasez de datos y la complejidad de obtener las mismas.

Así, se define como prioritario hacer un estudio de eficiencia de conducción del canal matriz y los tres derivados principales (Munilque, Coihue y Rihue) que considere, a lo menos, una caracterización física (porosidad y tipo de serie) del tipo de suelo constituyente de las secciones de canal (señalar cambios en los tipos suelo o perfiles de acuerdo a nivel de detalle requerido), descripción física de la sección de canal enfatizando la rugosidad, hacer aforos en puntos a definir con la administración del canal y el equipo técnico del PCP_2006, donde se registro caudales de ingreso y egreso de las secciones estudiadas de modo de obtener la variación en caudal en términos de pérdidas por metro lineal

4.2.1.3. OBJETIVOS

A. Objetivo General.

-Determinar la eficiencia de Conducción y Económica del Sistema de Riego Bío-Bío Negrete (Canal Matriz y Derivados Munilque, Rigue y Coihue)

B. Objetivos Específicos.

- Identificar posibles problemas de perdidas en el sistema de canales.
- Evaluar la eficiencia de conducción del sistema de canales del Sistema de Riego Bío-Bío Negrete
- Determinar la Eficiencia Económica del sistema de canales del Sistema de Riego Bío-Bío Negrete
- Generar un Plan de Optimización del riego.

4.2.1.4. METODOLOGÍA.

A. ENFOQUE METODOLÓGICO Y CONSIDERACIONES.

La metodología de trabajo empleada, fue diseñada bajo los parámetros especificados en el PCP_2006, consistente en un vasto estudio en terreno de los agentes que afectan el funcionamiento real del sistema. En términos generales, el estudio debe entregar elementos que determinen la eficiencia y eficacia del manejo del recurso en la red de canales, y a la vez, la generación de propuestas de mejoramiento del sistema.

B. DESARROLLO Y RESULTADOS DE ACTIVIDADES PRINCIPALES.

Actividad 1: Determinación de los tramos a evaluar

Objetivo: Determinar los tramos a estudiar y la forma de recopilación de datos.

Objetivo Específico: Caracterización de los tramos críticos del sistema

Metodología: Para la determinación de los tramos en estudio se trabajará con la asistencia del Administrador de ACCBBN y con la ayuda de los celadores del canal. Una vez definidos los tramos se jerarquizarán y definirán en críticos, enfatizando la elección de éstos, en los problemas históricos que han tenido los canales y la facilidad de trabajo in situ (aforos y muestras de suelo).

Consideraciones: En la problemática, cuando se hace referencia a la influencia del río Bio Bio sobre el sistema de canales, se hace necesario formular un estudio en el cual se evalúen los fenómenos que afectan al río, y que repercuten en los organismos dependientes de éste, como es el caso de Asociaciones de Canalistas y otros.

C. Caracterización de los tramos críticos de la red de sistemas de canales

El sistema de riego del canal Bío-Bío Negrete comprende principalmente la comuna de Negrete, además de sectores de las comunas de Mulchén y Nacimiento, todas ubicadas al sur de río Bío-Bío en la provincia del mismo nombre en la VIII región (Figura 20).



Figura 20. Área de influencia del sistema de riego Bio Bio Negrete. Ref. Efectos del temporal del 11 de Julio de 2006, Juan Vallejos Carle, Administrador ACCBBN.

El sistema de riego, da servicio a una superficie de 6.945,3 ha dentro un área de influencia de 13.301,7 ha 11060,1 ha equivalentes a un 83,15% se encuentran en Negrete; 1674,14 ha (12,5%) en Mulchén y 566,1 ha correspondiente a 4,35% en Nacimiento. La dotación de derechos de agua de esta asociación, consiste en 18 m³/s del Río Bío-Bío, reservados por el Estado para el canal, según Decreto N° 1.967 del Ministerio de obras Publicas, de fecha 23 de Diciembre del año 1949.

Sus derechos según información existente en la Dirección General de Aguas y refrendada por la Asociación de Canalistas del Canal Bío-Bío Negrete suman 1.131,5 acciones del río Bío-Bío.

Este sistema consta de un canal matriz, de 11,55 km de longitud y 18 m³/s de capacidad en bocatoma y tres derivados principales, Munilque, de 3 m³/s de capacidad nominal inicial y 2,9 km de longitud; Coihue, de 6 m³/s de capacidad teórica inicial y 13,07 km de longitud; y Rihue de 8 m³/s de capacidad teórica inicial y 13,00 km de longitud, sumando así, una red cercana a los 40 km.

Durante sus 50 años de funcionamiento el canal matriz, sus derivados principales, obras de arte y equipos mecánicos han sufrido el deterioro tanto del tiempo como el de influencias externas, debido a lo cual el sistema se encuentra en regular estado de conservación que se traduce en limitaciones de la capacidad de conducción, e importantes problemas de operación.

En el sistema de riego se pueden identificar 2 periodos de operación; el período de riego (Septiembre – Abril), y el periodo de limpieas y roces (Mayo – Agosto), donde en cada período se pueden asemejar distintas problemáticas.

En el periodo de limpia y roce, el problema mas complicado es el de la existencia de galerías habitacionales (figura 21) del camarón de río (*Samastacus spinifrons*) (figura 22), el cual provoca debilitamiento y desmoronamiento de los taludes del canal, aumentando así, los problemas de filtraciones, principalmente en los canales en terraplén. Otro es el problema del uso del canal como colector de aguas lluvia, ya que impide que se realicen trabajos de inspección sobre la base del canal para poder observar el estado de éste. Ya que se encuentra con un nivel de agua constante. Mas la gran cantidad de sedimento que se acumula impidiendo ver realmente el estado del sello del canal.



Figura 21. Efecto de crustáceos de agua dulce, galerías habitacionales de camarones en los taludes del canal.



Figura 22. Camarón de río (*Samastacus spinifrons*), al interior del Canal Matriz.

En el periodo de riego, el sistema de riego Bío-Bío Negrete se encuentra en condiciones de mantenimiento y operación que se pueden considerar aceptables. Los principales problemas se encuentran en el canal matriz que presenta algún déficit de capacidad y filtraciones en ciertos tramos, y en algunas obras de arte tales como la canoa Azócar en Rihue, que deberían repararse y algunos nudos de partición que requieren de obras de regulación para su mejor funcionamiento.

Las capacidades de los canales derivados es suficiente salvo en algunos cruces del tipo sifón en que habría alguna restricción que peralta el eje hidráulico hacia aguas arriba y limita la capacidad del sistema.

Los principales “cuellos de botella” del sistema son: La estructura de captación en bocatoma, ya que en estos momentos se encuentra inhabilitada una de las 2 compuertas que posee. Por esto se pretende mejorar esta estructura para poder aumentar considerablemente el volumen captado. Todo lo anterior serviría para asegurar un caudal sin tantas variaciones, y a la vez poder proveer un caudal apto para la instalación de mini centrales hidroeléctricas en el canal. Sin que afecte las variaciones que tenga el río.

Otro es el caso de la Canoa Metálica sobre el río Bureo, la cual presenta una problemática de subdimensionamiento en su capacidad de conducción nominal, ya que fue diseñada para conducir $8,7 \text{ m}^3/\text{s}$, y actualmente conduce $6,8 \text{ m}^3/\text{s}$.

a. Canal Matriz.

El canal matriz del sistema de riego Bío-Bío Negrete capta sus recursos en un montículo rocoso ubicado en la ribera izquierda del río Bío-Bío en un punto situado unos 12 km aguas abajo del puente de la ruta 5 Sur sobre este importante cauce natural de la VIII región. En este sector el río Bío-Bío presenta actualmente 2 brazos, siendo el más importante el que se carga hacia la ribera izquierda del cauce y permite alimentar sin problemas al sistema de riego Bío-Bío Negrete.

La toma está controlada por 2 compuertas planas de 1,80 m de ancho cada una, las que se encuentran sumergidas bajo unos 4 a 5 m de agua dependiendo de los niveles del río.

Aguas abajo de las compuertas el canal matriz presenta un túnel de toma tipo acueducto, de sección medio punto de 3,40 m de base y de una longitud de unos 150 m, que es seguido por un canal abierto de sección trapezoidal sin revestir, de 5,20 m de ancho en la base y taludes 1:1 aproximadamente, con una capacidad

de 18 m³/s. Su trazado corre paralelo al río Bío-Bío en sus primeros 8 km y paralelo al río Bureo en su tramo final, donde se localiza la obra de partición que da origen a los derivados Coihue y Rihue. La longitud total del canal es de 11.5 km hasta el origen del derivado Coihue. Además de la problemática que guía el presente proyecto, el canal matriz mantiene deficiencias en su último tramo, donde existen terraplenes de altura insuficiente, en malas condiciones, con filtraciones hacia los predios y hacia el camino.

El canal matriz tiene servicio directo a predio por medio de varios canales menores, cuyo principal canal es el Munilque, que riegan el área comprendida entre el canal matriz y el río Bío-Bío.

Las principales obras de arte del canal matriz son las siguientes:

- Obra de toma en río Bío-Bío, provista de dos compuertas de toma de hoja plana que cierran un vano de 1,65 m de ancho por 2,60 m de alto cada una.
- Túnel de toma de hormigón armado, de unos 115 m de longitud, de sección ovoidal de 2,80 m de ancho por 3,30 m de altura, según plano revisado en el Archivo Técnico de la Dirección de Obras Hidráulicas(D.O.H.).
- Estructura de Control, en km 1,337, con 4 compuertas planas, que permite descargar el canal hacia el río Bío-Bío por medio de una compuerta lateral. Esta obra permite cortar el paso del agua hacia aguas abajo.
- Muro de Contención y Revestimiento en km 3,925 a 4,045
- Obra de partición sin compuertas para Derivado Munilque en km 5,591
- Caída del km 5,600 de hormigón armado
- Caída del km 6,135 de hormigón armado y descarga al río Bío-Bío
- Obra de toma lateral del Derivado Coihue, controlada por compuertas

- Descarga al río Bureo controlada por compuerta
- Entrega a la canoa Rihue

i. Descripción y estado

El canal matriz Bío-Bío Negrete se encuentra en regular a buen estado de conservación. Su capacidad actual es poco menor que la capacidad teórica de 18 m³/s a juzgar por un aforo realizado en Diciembre de 1997, época de pleno riego, que entregó el valor de 15,66 m³/s, es decir un 87% del valor teórico, en tanto que el aforo realizado el 6 de Noviembre de 1998 un valor de 15,12 m³/s. Actualmente el caudal circulante por el canal matriz fue de 17,92 m³/s, obtenido a las 8:00 am. del día 6 de Enero del 2007, el valor alto obtenido en esta experiencia, se cree que fue inducido porque todavía no se comenzaba con las labores del riego en el territorio. La sección de aforos corresponde al puente Antonacos en el km 5 del canal matriz. Sin embargo en las proximidades del km 10 el canal presenta terraplenes bajos que determinan que la capacidad actual no sobrepase los 15,5 m³/s aforados por el consultor.

El canal tiene una sección trapecial no revestida, la que en ciertos tramos se ha reforzado con muros de hormigón para reparar zonas débiles del canal y disminuir las filtraciones. En ciertos sectores el canal se desarrolla en terraplén, el que aparece deteriorado en ciertos tramos, lo que constituye una limitación de la capacidad de conducción. Se estima que deberá reconstruirse el terraplén y reperfilear la sección del canal en ciertos sectores. Para fines de análisis, es posible sectorizar el canal matriz en los tramos que se indican a continuación.

Tramo Bocatoma-Obra de Descarga (km 0 - km 1,4).

En este tramo, el canal presenta una sección totalmente excavada sin problemas estructurales. Sin embargo, quebradas y derrames de agua provenientes de la terraza superior, regada por el sistema de riego Bío-Bío Sur, descargan en el

canal matriz, arrastrado arenas y ripios de decantan en el canal matriz. Para solucionar este problema se requiere construir obras de control de esas descargas, tales como muros de contención que dejen pasar las aguas y retengan el material arrastrado por las quebradas. También dentro de este tramo, se encuentra una defensa, constituida por un muro y espigones de enrocado, construido en el verano del 2005, la cual a cumplido hasta ahora con su objetivo de diseño. Esta obra a la vez, contribuye a disminuir las pérdidas por filtración, ya que el talud externo del terraplén cuenta con un GEOTEXTIL impermeable (figura 23) que evita el flujo hacia la sección del río.



Figura 23. Imagen izquierda, revestimiento con GEOTEXTIL del talud externo del terraplén. Coordenadas UTM E: 731708, N: 5838186. Imagen derecha, Protección con muro de mampostería, y espigones de enrocado ubicados en riera del río Bio Bio. Coordenadas UTM E: 731517, N: 5838348.

Al término del tramo se dispone una obra de descarga constituida por una barrera de hormigón (figura 24) con 4 vanos controlados por compuertas planas que permite cortar el flujo del canal y descargar las aguas al río por medio de una compuerta lateral. Operativamente, la barrera funciona bien pero la compuerta de descarga requiere de un sistema de apertura más expedito.

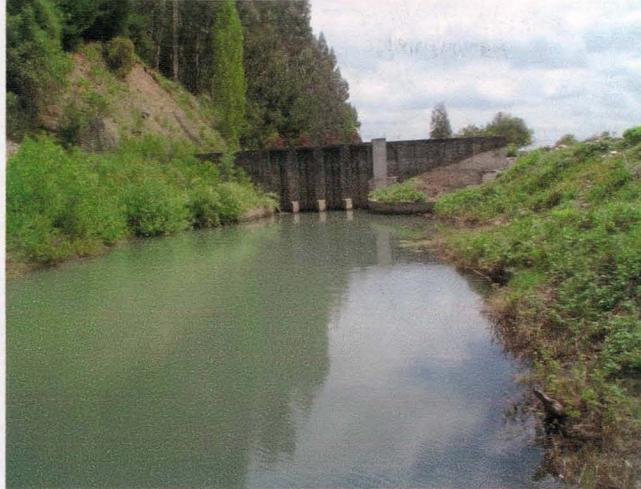


Figura 24. Barrera de hormigón, controlada por 4 compuertas. Coordenadas UTM E: 731498, N: 5838334.

Tramo Obra de Descarga-Entrega Derivado Munilque (km 1,4-km 5,6).

El tramo entre la Obra de Descarga y el origen del derivado Munilque se caracteriza porque la sección del canal va excavada y presenta sólo dos entregas para riego, siendo la más importante la del derivado Munilque. Actualmente en este tramo se reconstruyó el muro de contención del canal, ya que para el temporal del 11 de julio del 2006 quedo totalmente destruido por la violencia de las aguas (figuras 25 y 26).



Figura 25. Muro de contención del canal Matriz, destruido por el temporal del 11 de julio del 2006. Coordenadas UTM E: 728933, N: 5838292.

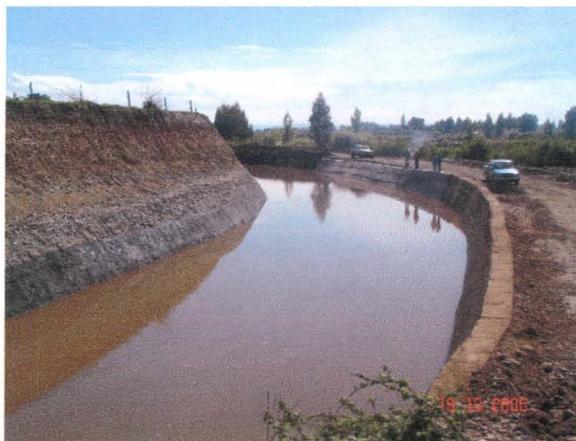


Figura 26. Muro de contención del canal Matriz, en funcionamiento. Coordenadas UTM E: 728960, N: 5838286

En este tramo el canal recibe varias descargas desde la terraza alta, que probablemente son derrames del sistema Bío-Bío Sur, las que erosionan las paredes del canal. Existen algunos muros que se construyeron para evitar dicha erosión y que deberían ser reparados.

Tramo Derivado Munilque - Cruce Camino Negrete (km 5,6 - km 9,1)

En el km 5,591 el canal matriz da origen al derivado Munilque mediante una entrega no controlada que consiste en un umbral de sección rectangular de hormigón (figura 27). Las aguas se dividen en función de sus condiciones de aguas abajo, las que están dadas por la caída que experimenta el canal matriz inmediatamente después de originarse el derivado. De acuerdo con información de los regantes esta particular forma de toma permite que el derivado Munilque capte más caudal que lo que le correspondería.

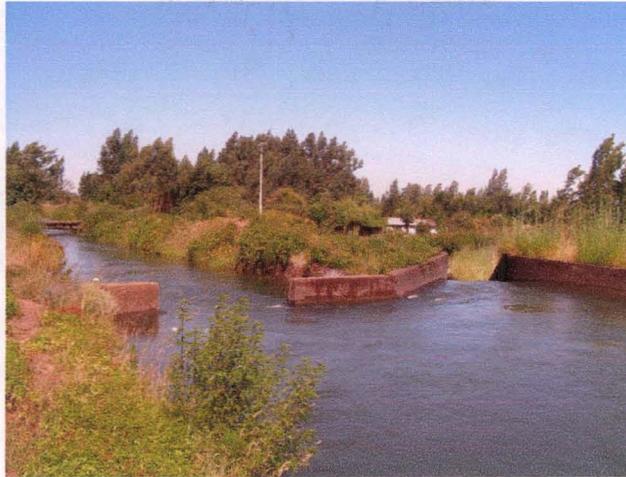


Figura 27. Obra de distribución del canal matriz, dando origen al derivado Munilque. Primera Caída del canal matriz. Coordenadas UTM E: 727468, N: 5838461

Aguas abajo de la toma Munilque, el canal matriz presenta dos caídas en un tramo de 500 m por medio de las cuales su radier cae unos 9 metros. Esta singularidad permitiría instalar un aprovechamiento hidroeléctrico menor, de unos 1.000 kW, que podría funcionar todo el año por cuanto aguas abajo de la segunda caída existe una descarga hacia el río Bío-Bío.

En este tramo el canal va enterrado y es cruzado por varios puentes de caminos secundarios y sólo al final del tramo presenta una entrega hacia el norte. Un camino de borde en regulares condiciones permite revisar el estado del canal el que no presenta problemas en este sector.

Tramo Cruce Camino Negrete - Río Bureo (km 9,1 - km 11,5)

En este tramo el canal matriz presenta sección en terraplén, apareciendo filtraciones en varios sectores. En particular, aguas arriba y aguas abajo del puente Las Lástimas del camino Bureo-Munilque, los terraplenes que confinan la sección del canal se observan bastante precarios, y aparecen filtraciones al pie que escurren por la orilla del camino.

Aguas abajo del puente citado, se construyó un muro de hormigón en la orilla derecha para disminuir las filtraciones. Sin embargo las aguas filtran probablemente por el radier y bajo el muro. Para sellar las filtraciones una solución es revestir el canal completamente en gran parte de este tramo. En este tramo se incorporan al canal aguas de derrame tanto del derivado Munilque como de canales del sistema Bío-Bío Sur.

El tramo termina en la obra de distribución Coihue-Rihue, con regulación hacia el Derivado Coihue (figura 28), en tanto que el Derivado Rihue sigue como la continuación del canal matriz (figura 29). El caudal del derivado Coihue se controla en una regla limnimétrica existente en la canoa de hormigón que da origen al derivado y el exceso de agua se regula con la compuerta de descarga al río Bureo, que define la sección que pone fin al canal matriz.



Figura 28. Obra de distribución Matriz - Coihue. Coordenadas UTM E: 722869, N: 5836624.



Figura 29. Inicio derivado Rihue. Coordenadas UTM E: 722829, N: 5836534.

En el puente Las Lástimas (figura 30) se aforó el canal matriz el día 6 de Noviembre de 1998, obteniéndose un caudal de $10,93 \text{ m}^3/\text{s}$. Otro registro es el del 4 de Enero de 2007 el cual arrojó un caudal de $13,77 \text{ m}^3/\text{s}$, con una altura de compuerta en bocatoma de 2,6 metros.



Figura 30. Puente Las Lástimas, aguas abajo canal matriz. Coordenadas UTM E: 723781, N: 5837604.

Los tramos puntuales que requerirían obras especiales serían los siguientes:

- Descarga al río Bío-Bío en km 1,295. Falta limpiar la canalización de descarga la que se encuentra embancada completamente.
- Construir muros alas en 45° a la entrada y salida de las estructuras de puente para evitar la erosión provocada por el vórtice que tiende a producirse en contacto con el muro de hormigón recto.
- Diseñar y construir una obra de toma para el derivado Munilque.
- Rehacer los terraplenes del canal entre los km 10,194 - 10,902 – vuelta Los Vientos- y dar solución al problema de las filtraciones hacia los predios y camino.
- Reparar zonas puntuales de terraplenes de poca altura o derrumbados hacia el interior de la cuneta.

b. Derivado Munilque.

El derivado Munilque se origina en el km 5,751 de la rivera izquierda del canal matriz. Su toma es una simple abertura rectangular de hormigón no controlada por compuertas, que permite el paso del agua en función de la cota o nivel energético del canal matriz.

El aforo realizado en Diciembre de 1997 acusó 3, 504 m³/s para este canal, es decir, más de un 15% de exceso sobre el caudal teórico. El aforo realizado en Noviembre de 1998 dio un valor de 2,24 m³/s. En este caso la entrada al canal estaba regulada con un tablón en el fondo de la sección rectangular. El aforo realizado el 5 de Enero del 2007 dio un valor de 4,29 m³/s.

Todo esto indica que es necesario regular el caudal captado por este canal mediante una obra de control.

i. Descripción y estado

El derivado Munilque es de sección trapezoidal, sin revestir, presenta embanques y necesidad de muros de contención, además de una limpieza de la vegetación que crece a orillas del canal. Sin embargo, su sección es suficiente como para conducir el caudal nominal. Riega los predios ubicados al sur del canal matriz hasta el estero Mamuleo, límite del riego del sistema Bío-Bío Sur. Sus principales ramales son el Subderivado Bureo y el Subderivado Tierras Libres. Su longitud como derivado principal es de 3 km aproximadamente.

En general, el Derivado Munilque (figura 31) no presenta obras que deban ser sometidas a reparación y sólo es necesario limpiar el canal sacando los embanques que tiene y cortando la vegetación que crece en las márgenes del canal que dificultan el flujo.



Figura 31. Primer puente, aguas abajo derivado Munilque. Coordenadas UTM E: 727403, N: 5838435.

Los principales puntos de atención del canal son los siguientes:

- Obra de toma sin control en el km 5,751 del canal Matriz
- Zona de filtraciones a los predios vecinos en los km 0,670 y 0,820

- Obra de descarga a un bajo para evacuar los excesos de agua del canal en km 0,900. Esta obra podría combinarse con una estructura de compuertas en la rama por donde continúa el canal lo que permitiría vaciar el canal completamente lo que no es posible lograr en la actualidad.
- Zona de filtraciones y mal estado de los terraplenes en los km 2,00, 2,48 y 2,70. Se estudiará la conveniencia de construir muros de hormigón adosados a los actuales terraplenes para disminuir las filtraciones y controlar el deterioro de éstos.

c. Derivado Coihue.

El derivado Coihue se origina en el km 11,576 del canal matriz. La captación está regulada por una compuerta y el primer tramo del derivado es una canoa cerrada de hormigón armado. Esta canoa tiene una losa superior que sirve de camino y puente para que el camino Negrete-Bureo (ruta Q 650) pueda cruzar el río Bureo. Actualmente existe el proyecto de construir un nuevo puente sobre el río, para mejorar la conectividad y competitividad de los sectores al otro lado del río (Bureo y Munilque), y segundo, el mas importante para la asociación de regantes es de liberar de carga a la canoa, ya que ésta, no esta diseñada para soportar carga en la loza.

i. Descripción y estado

El trazado del derivado Coihue corre en dirección Negrete-Coihue, en tramos paralelos al camino asfaltado, cruza el pueblo de Negrete y otras zonas pobladas, por lo que recibe gran cantidad de contaminación. Su longitud total hasta el último nudo en la estación de FF.CC. Coihue es de unos 13 km. Su sección es sin revestimiento y presenta numerosas obras de arte en su trazado.

Este derivado riega la zona de Negrete, los predios entre Negrete y Coihue, la zona de Santa Amelia y sus subderivados riegan la zona al oriente del río Vergara de la comunas de Negrete y Nacimiento. El aforo realizado en Diciembre de 1997 entregó el valor de 3,41 m³/s para este canal, es decir aparentemente bajo su dotación teórica. El aforo realizado en Noviembre de 1998 entregó el valor de 3,69 m³/s. El aforo realizado el 6 de Enero de 2007 arrojó como valor 3,93 m³/s valores más bajos que el caudal teórico inicial de 6 m³/s

Tramo Canoa Bureo - Puente Negrete (km 0,0 - km 5,0).

En este tramo el derivado corre paralelo al camino Negrete-Bureo y su sección está casi en su totalidad excavada en el terreno natural. Cruza el camino citado y la línea férrea fuera de uso Coihue-Mulchén y luego el camino Negrete Mulchén, todos ellos con libre escurrimiento.

Su primera y más importante extracción, en este tramo, corresponde al subderivado Miraflores que se origina inmediatamente a la salida de la canoa de hormigón sobre el río Bureo (figura 32). Este tramo no presenta aparentemente problemas de operación ni mantenimiento.



Figura 32. Inicio derivado Coihue en superficie libre. Coordenadas UTM E: 722593, N: 5836625.

Tramo Negrete - Sifón Camino Negrete-Coihue (km 5,0 - km 7,5)

En este tramo el canal Coihue cruza el pueblo de Negrete (figura 33), limitando la zona urbana de la población. Su sección va mitad en corte y mitad en terraplén, lo que le permite realizar pequeñas entregas a los predios ubicados al sur del canal. Existe una entrega para regar la plaza del pueblo.

Al pasar el canal por el pueblo, entre sitios y casas, este sirve de basurero para la gente que vive en los deslindes del canal. Este derivado requiere de una urgencia limpieza y retiro de escombros, basuras, sedimentos de su interior, ya que sufre una importante disminución de su capacidad de conducción.



Figura 33. Derivado Coihue cruzando al sur de Negrete. Coordenadas UTM E: 717953, N: 5837501.

En este tramo el canal cruza una quebrada, bastante profunda, mediante una canoa metálica, denominada canoa Donoso (figura 34). En las cercanías de esta canoa el canal pasa cerca del cauce del río Bío-Bío y se ubica una obra de descarga al río.



Figura 34. Canoa metálica Donoso, disminuye pérdidas por filtración.
Coordenadas UTM E: 717042, N: 5837661.

Aguas abajo de la canoa el canal se encuentra revestido (figura 35) y en un buen estado hasta su cruce en sifón bajo la ruta Coihue Negrete y la vía férrea, el que también está en buenas condiciones, salvo la gran cantidad de basura que es necesario extraer.



Figura 35. Derivado Coihue revestido, disminuye pérdidas por filtración.
Coordenadas UTM E: 714253, N: 5837852.

Tramo Sifón km 7,5 - Nudo Coihue (km 7,5 - km 13)

En este tramo el canal tiene una sección estable, mitad en corte y mitad en terraplén, en buenas condiciones de estabilidad. Riega la parte norte de la parcelación El Agro y en el km 10.83 da origen a su principal subderivado, Santa Amelia que riega la zona de la comuna de Negrete ubicada al poniente de la línea del FF.CC. central y al norte del estero Pozuelos.

El sector aguas arriba del puente camino está revestido (860 metros), ya que presentaba problemas de filtraciones que se producen hacia los predios terraplenes algo. En general, los terraplenes hacia el lado sur se observan más vulnerables que los terraplenes hacia el norte. Otro problema potencial de este canal son las filtraciones que se producen hacia los predios vecinos especialmente cuando el canal va en terraplén. La causa de las filtraciones podría ser la existencia de suelos arenosos en el recorrido del canal especialmente a partir de su km 6,0 al abandonar el pueblo de Negrete hacia el poniente

En el km 12.831 el canal llega al sitio de la estación de FF.CC. Coihue donde se encuentra el nudo final (figura 36) que da origen al subderivado Las Viñas o Río Vergara, el subderivado La Capilla y al subderivado Nacimiento o Tralpenes y al subderivado Coihue que llevan el riego al sector de la comuna de Nacimiento al oriente del río Vergara.

El canal cruza la línea del FF.CC. central y el camino Los Ángeles - Angol (ruta 180) en escurrimiento libre y los puentes correspondientes se encuentran en muy buen estado.



Figura 36. Nodo Coihue. Coordenadas UTM E: 712470, N: 5840317.

Los principales problemas del canal se encuentran en los siguientes puntos:

- Muros terminales en caída km 0,300 en mal estado. Se debería reconstruir muro terminal el ala a 45°.
- Sección del canal embancada con mucho sedimento y arbustos en talud en km 1,000, 1,640, 1,950, 2,080, 2,120, 2,200, 2.550. Se requiere limpieza, corte de ramas y reperfilarse sección.
- Zona de filtraciones en km 3,55. Se podría ensanchar terraplén que se observa de poco espesor.
- Cruce por pueblo de Negrete. Sección del canal en mal estado, con embanques y mucha basura. Se analizará la conveniencia de revestirlo e incluso abovedarlo.
- Zona con embanques en zonas de curvas en km 7,59, 8,05. Se requiere limpieza de la cuneta.
- Zona de terraplenes bajos y erosionados en km 10,40 a 10,65. Reforzar los terraplenes.

- Zona de cruce en pueblo de Coihue contiguo a camino Coihue-Negrete, el canal presenta erosiones en los terraplenes los que deberían ser reconstruidos, protegidos o reforzados.

d. Derivado Rihue.

El canal derivado Rihue no tiene obra de distribución propiamente tal, ya que es la continuación del canal matriz aguas abajo de la entrega al derivado Coihue. Se origina en la canoa Rihue que cruza el río Bureo (figura 37). Esta canoa es de estructura mixta, con dos extremos de hormigón armado, y una sección central de estructura metálica.

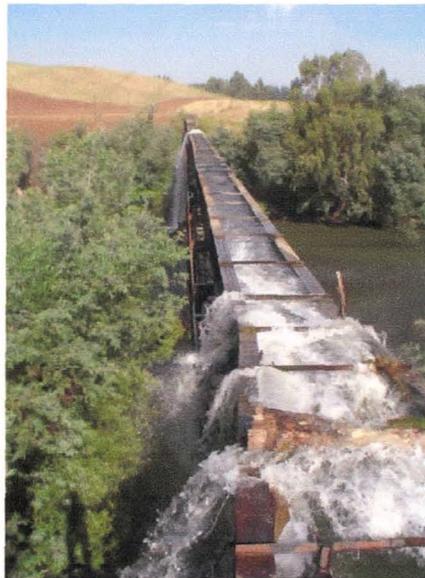


Figura 37. Canoa Rihue sobre el Río Bureo. Máxima capacidad. Coordenadas UTM E: 722748, N: 5836516.

La canoa de hormigón está en buenas condiciones estructurales y tiene capacidad suficiente como para conducir el caudal del derivado. No ocurre lo mismo con la canoa metálica cuyos travesaños topan con la superficie del agua, produciéndose vertimiento del agua fuera de la canoa. Esto ocurre porque el flujo dentro de la canoa metálica bordea la crisis de modo que las ondulaciones de la superficie son de gran magnitud. A la salida de la canoa metálica, la transición de ensanche

origina un torrente y luego un resalto que se disipa en la sección de hormigón. Adicionalmente, la junta entre la canoa metálica y la canoa de hormigón presenta filtraciones a considerar.

Se deberá analizar hidráulicamente si estas singularidades significan una limitación de la capacidad de la canoa y la modificación del diseño que permitiría salvar estas limitaciones.

El aforo realizado en Diciembre de 1997 entregó un valor de $5,97 \text{ m}^3/\text{s}$, en tanto que el aforo realizado en Noviembre de 1998 dio un valor de $5,43 \text{ m}^3/\text{s}$.

El principal “cuello de botella” del sistema es la Canoa Rihue sobre el río Bureo que no permite conducir los $8,0 \text{ m}^3/\text{s}$ de dotación de este derivado, ya que su capacidad actual sólo bordea los $6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tramo Canoa Bureo-Cementerio Negrete (km 0,2 - km 4,1)

En este tramo el canal tiene la particularidad que escurre al pie de una loma que limita el sector de riego por el sur. El borde del valle del canal esta formado por un terraplén y su nivel de agua está metros por encima de los predios que riega. El terraplén se encuentra en general en buenas condiciones estructurales, aunque localmente se observaron pequeñas filtraciones debido al gran gradiente hidráulico existente entre el canal y los terrenos de riego.

En este tramo el canal presenta varias obras de arte que se encuentran, en general, en buenas condiciones de operación, entre las cuales cabe destacar tres canoas de hormigón armado que sirven para cruzar zonas bajas del terreno.

- a. **Cruce de la vía férrea Coihue-Mulchén:** Este cruce se materializa por medio de un sifón, que aparentemente produce un remanso hacia aguas arriba que ayuda a controlar el resalto a la salida de la canoa.

Aguas abajo del cruce en sifón se observó erosión del terraplén derecho (norte) producto de la curva que presenta el canal en este punto (figura 38).



Figura 38. Derivado Rihue a la salida del sifón. Problemas de erosión del terraplén derecho. Coordenadas UTM E: 722554, N: 5836513.

- b. **Derrame de quebrada colectora:** Una zona baja entre lomas que colecta aguas de derrames descarga en el canal (figura 39). De acuerdo con información del celador del canal, esto no plantea problema alguno. El canal presenta un muro de hormigón hacia el valle que se mantiene en buenas condiciones.



Figura 39. Derivado Rihue, quebrada colectora con muro de hormigón. Coordenadas UTM E: 722306, N: 5836543

- c. **Canoa Chávez (km 2,0):** Se trata de una canoa de hormigón armado (figura 40) de características similares a la canoa sobre el río Bureo, la que se encuentra en buenas condiciones y con capacidad suficiente a juzgar

por la revancha de 40 cm con que escurría el flujo. Sin embargo a la salida de la canoa existe un muro en el lado izquierdo que presenta revanchas escasas por lo que debería peraltarse.



Figura 40. Canoa Chávez, cruzando depresiones del terreno. Coordenadas UTM E: 721047, N: 5836217.

- d. **Canoa Azócar (km 2,5):** Esta obra es similar en todo a la anterior y también el muro izquierdo a la salida de la canoa sería conveniente prolongarlo (figura 41). Problemática de filtraciones en la base de la canoa.



Figura 41. Canoa Azócar, cruzando depresiones del terreno. Coordenadas UTM E: 720612, N: 5836106.

- e. **Entrega al Sifón Santa Ana:** Aproximadamente en el km 3,5 del derivado Rihue, se ubica la entrega mediante una compuerta al sifón Santa Ana que cruza todos los predios en una tubería de 400 mm para regar sitios al norte del camino Negrete Bureo. La obra de entrega y el sifón se observaron en buenas condiciones.

- f. **Canoa Cementerio (km 4,1):** Esta canoa (figura 42), de las mismas características que las anteriores, se encuentra algo más deteriorada, con algunas armaduras a la vista, lo que aconseja analizar su mejoramiento.



Figura 42. Canoa Cementerio, cruzando depresiones del terreno. Coordenadas UTM E: 719348, N: 5836162.

Tramo Cementerio-Nudo Las Turbinas (km 4,1 - km 6,1)

Las características del derivado Rihue en este tramo son similares al anterior con el canal al pie de lomas de cerro sobre los terrenos de riego. Sin embargo no existen obras de arte de importancia en este tramo, salvo los cruces bajo el camino a Mulchén (figura 43) y bajo un camino secundario en los km 4,2 y 4,3 respectivamente.



Figura 43. Puente en derivado Rihue, camino a Mulchén. Coordenadas UTM E: 719275, N: 5836089.

La obra de arte importante en este tramo es el llamado Nudo Las Turbinas ubicada en el kilómetro 6,220, donde el canal Rihue alimenta al subderivado Las Turbinas o Moller, el que a su vez pasa por un pozo donde se ha instalado un sistema de bombeo para elevar el riego a una terraza, que actualmente no se encuentra en funcionamiento. El canal pierde cota en una caída libre (figura 44).



Figura 44. Obra de partición Rihue – Moller – Bombas. Coordenadas UTM E: 718123, N: 5834558.

En el nudo de derivación del canal Las Turbinas, el canal Rihue presenta un vertedero, luego una canoa rápida y una caída libre de unos 4 m (figura 45). El chorro cae en un pozo natural formado por la erosión del propio chorro al que no se puede considerar estabilizado. El principal problema que provoca esta socavación, es el problema de seguridad a la población aledaña al lugar

El diseño del nudo requiere ser mejorado por cuanto la descarga y caída tienen un flujo muy inestable que rebasa los bordes de las canalizaciones.



Figura 45. Obra de distribución Rihue – Moller – Bombas. Coordenadas UTM E: 718123, N: 5834558.

Tramo Nudo Las Turbinas-Nudo El Agro (km 5,2 - km 10,0)

En este tramo el canal va preferentemente en corte y no da servicio de riego de importancia. Las obras de arte más importantes son cruces de camino los que pasa en escurrimiento libre bajo los puentes (figura 46).



Figura 46. Puente sobre el derivado Rihue, camino sector Vaquería – Graneros. Coordenadas UTM E: 716439, N: 5832562.

El nudo más importante es el llamado el Agro, donde se origina una descarga al río Renaico y la entrega al canal El Agro y al canal Granero Chico. El derivado Rihue presenta una caída, donde se origina un torrente y un posterior resalto. Al parecer la disipación de energía es la causa que ha destruido parte de las obras de entrega a la descarga al Renaico, la que se ha desplazado hacia aguas arriba. La entrega al canal El Agro está controlado por compuertas, en tanto que la entrega al canal Granero Chico (figura 47) no está controlada sino por la capacidad de un tubo por el cual pasa por sobre el canal El Agro. Esta obra debería diseñarse adecuadamente para controlar los caudales de entrega.



Figura 47. Nodo de distribución, Graneros. Coordenadas UTM E: 715368, N: 5832574.

Tramo Nudo El Agro-Cruce Ruta 180 y FF.CC (km 10,0 - km 13,0)

El último tramo del Derivado Rihue se caracteriza porque se sección va en corte, sin entregas directas, salvo pocos metros antes del sifón que permite cruzar el ferrocarril central y la ruta 180 Los Ángeles - Angol.

En el kilometraje 11,847 comienza un revestimiento que finaliza en el sifón ubicado bajo el FF.CC central ancho de 1,50 metros. De acuerdo con información de los regantes, el sifón que cruza bajo el ferrocarril y el camino representa un “cuello de botella”, que peralta el flujo del canal hacia aguas arriba. En todo caso se trata de una obra que difícilmente pueda ser reconstruida a un costo razonable además de las dificultades que significa hacer una obra que compromete la vía férrea central.

Aguas abajo del sifón, el canal Rihue se divide en los derivados San Gabriel o Rihue y Las Hijuelas. Las obras de distribución son recientes y están en muy buen estado.

Actividad 2: *Caracterización de las propiedades físicas del suelo y distribución de cambios en planta y perfil.*

Objetivo: *Identificar las propiedades físicas del suelo.*

Objetivos específicos: *Obtener los tramos críticos para poder evaluar la textura, estructura, densidad aparente, porosidad del suelo en estudio, y así obtener y cuantificar componentes de recarga o filtraciones que pueden ser considerados*

Metodología: *Para la determinación de las propiedades físicas y estructurales del suelo que componen los tramos en estudio se utilizaron las siguientes metodologías parciales:*

Textura: Se revisaron las Ortofotos (Nacimiento, Estación Santa Fe, Estero Junquillar, Munilque, Cerros de Munilque, Estación Rapelco, Cerro el Hoyo y Renaico) para identificar las variaciones de serie de suelo y sus respectivas capacidades de uso, dentro de todo el sector que contiene la red de canales que componen el sistema de riego Bío Bío Negrete.

Porosidad: Se tomaron muestras de los sellos del lecho y de los taludes de los canales en cuestión. Para la estimación de la Porosidad, se determinó la densidad aparente del suelo, consistente en determinar la densidad a partir de la definición de un volumen fijo de suelo sin perturbar y secarlo en un horno por 24 horas a 105° C hasta llegar a un peso constante. Para ello se utilizó un cilindro metálico con un volumen constante de 83 cc; uno de cuyos extremos termina en bisel, para facilitar su penetración en el suelo. Una vez clavado completamente, se extrajo del suelo cortando con una cuchilla, que permitió eliminar el sobrante del extremo que se clavó. Una vez lleno y enrasado en ambos extremos, se extrajo el suelo contenido, cuyo volumen correspondió al del cilindro y que es conocido, se desecó y se pesó. La densidad aparente, se determinó por la relación entre el peso seco obtenido y el volumen correspondiente.

$$\rho_a = \frac{MasaSS}{V.Total}$$

Donde:

ρ_a : Densidad aparente (g/cc)

MasaSS: Masa de suelo seco (g)

V.Total: Volumen total del cilindro (cc)

Luego para la estimación de la Porosidad:

$$\theta_s = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_r}$$

Donde:

ρ_s : Porosidad del suelo (%)

ρ_a : Densidad aparente (g/cc)

ρ_r : Densidad real del suelo (2.65 g/cc)

Consideraciones: Para poder determinar de forma específica y más detallada, las propiedades físicas y estructurales del canal, es necesario actualizar el estudio ya realizado, (MOP EDIC 2000), incluyendo un análisis físico al sedimento, al sello del canal y un vasto estudio de la permeabilidad del suelo que componen tanto los taludes como el sello del canal.

Resultados: Los resultados de esta actividad se pueden dividir en dos:

- Se confeccionó una cartografía temática, indicando los usos de suelo, en los cuales el sistema de canales atraviesa el territorio. Esta información fue adicionada al SIIR de la ACCBN. Se determinaron algunas de las propiedades físicas del sello del canal, como su densidad aparente y su porosidad (tabla 6).

Tabla 6. Densidad aparente (g/cc) y porosidad (%) características del sello de los canales analizados.

Canal	Densidad Aparente (g/cc)	Porosidad (%)
Matriz	1,263	0,523
Munilque	1,413	0,467
Coihue	1,397	0,473
Rihue	1,259	0,525

Actividad 3: Descripción física de la sección, enfatizando la Rugosidad:

Objetivo: Estimar el coeficiente de Rugosidad de Manning en el sistema de canales en estudio

Objetivo Específico: Caracterización del parámetro de la Rugosidad del canal

Metodología: Se revisarán y analizarán los planos de las zonas en estudio, y en el caso de no tener dicha información, se recurrirá a levantamientos topográficos de MOP EDIC 2000 y/o últimos estudios de la ACCBBN. Se analizó, mediante inspección visual los factores que determinan las posibles variaciones que existen dentro de cada tramo, la rugosidad superficial, Tipo y estado de la vegetación existente, Irregularidad del canal, Alineamiento del canal, Sedimentación y Socavación, Obstrucción, Tamaño y forma del canal, Altura de Esguerramiento y Caudal, estos valores determinaron el coeficiente de Rugosidad de Manning (Ven Te Chow, 2000). Referencia de pendiente nominal según MOP EDIC 2000.

Resultados: A continuación se exponen las estimaciones de los Coeficientes de rugosidad de Manning, usando como referencia “Hidráulica de Canales Abiertos”, Vente Chow (2000). También incluye una descripción física y la pendiente nominal del canal.

Tabla 7. Coeficiente de Rugosidad de Manning del Canal Matriz (Km.0,00 - Km.11.703).

Tramo	Distancia (Km)		Descripción	n	Pendiente
1	0	1,521	Canales sin mantenimiento, malezas, matorrales en los lados sin cortar y fondo limpio	0,05	0,14%
2	1,521	5,079	Corrientes montañosas, sin vegetación en el canal, fondo con cantos rodados con rocas grandes	0,05	
3	5,079	11,703	Canales limpios, rectos, máximo nivel sin montículos ni pozos profundos	0,03	

Tabla 8. Coeficiente de Rugosidad de Manning del Canal Munilque (Km.0,00 - Km.2,905).

Tramo	Distancia (Km)		Descripción	n	Pendiente
1	0	0,677	Canales serpeantes, lentos, con fondo pedregoso y bancas con malezas	0,035	0,02%
2	0,677	2,905	Canales serpeantes, lentos, con fondo con malezas densas o	0,035	

plantas acuáticas

Tabla 9. Coeficiente de Rugosidad de Manning del Canal Rihue (Km.0,00 - Km.13,162).

<i>Tramo</i>	<i>Distancia (Km)</i>		<i>Descripción</i>	<i>n</i>	<i>Pendiente</i>
1	0	0,057	Canales revestidos de hormigón	0,022	0,11%
2	0,057	0,198	Canoa metálica pintada	0,013	
3	0,198	0,227	Canales revestidos de hormigón	0,022	
4	0,227	1,926	Canales limpios, rectos, máximo nivel sin montículos ni pozos profundos	0,03	
5	1,926	2,023	Canales revestidos de hormigón	0,022	
6	2,023	2,488	Canales con cuneta de arcilla limosa pesada; pendientes laterales y fondo irregular, sección transversal muy uniforme, depósitos de sedimentos en el fondo	0,06	
7	2,488	2,562	Canales revestidos de hormigón	0,022	
8	2,562	4,044	Canales con cuneta de arcilla limosa pesada; pendientes laterales y fondo irregular, sección transversal muy uniforme, depósitos de sedimentos en el fondo	0,06	
9	4,044	4,114	Canales revestidos de hormigón	0,022	
10	4,114	6,155	Canales limpios, rectos, máximo nivel sin montículos ni pozos profundos	0,03	
11	6,155	11,847	Canales dragado en arcilla resbalosa, pendientes laterales y fondo irregulares, cubiertas con crecimientos densos de matorrales, deposito de sedimentos en el fondo	0,08	
12	11,847	13,162	Canales de cemento, mortero	0,013	

Tabla 10. Coeficiente de Rugosidad de Manning del Canal Coihue (Km.0,00 - Km.13,014).

Tramo	Distancia (Km)		Descripción	n	Pendiente
1	0	0,284	Canales entubado de cemento, mortero	0,013	0,07%
2	0,284	1,474	Canales limpios, rectos, máximo nivel sin montículos ni pozos profundos	0,03	
3	1,474	1,801	Canales serpeantes, lentos, con fondo pedregoso y bancas con malezas	0,035	
4	1,801	4,857	Canales serpeantes, lentos, con fondo con malezas densas o plantas acuáticas	0,035	
5	4,857	6,606	Canales dragado en arcilla resbalosa, pendientes laterales y fondo irregulares, cubiertas con crecimientos densos de matorrales, deposito de sedimentos en el fondo	0,08	
6	6,606	6,62	Canoa metálica pintada	0,013	
7	6,62	7,389	Canales de cemento, mortero	0,013	
8	7,389	8,95	Canales dragado en arcilla resbalosa, pendientes laterales y fondo irregulares, cubiertas con crecimientos densos de matorrales, deposito de sedimentos en el fondo	0,08	
9	8,95	9,872	Canales de cemento, mortero	0,013	
10	9,872	13,014	Canales sin mantenimiento, malezas, matorrales en los lados sin cortar y fondo limpio	0,05	

Actividad 4: Realización de aforos.

Objetivo: Determinar la Eficiencia de Conducción para cada sección y tramo

Objetivo específico: Obtención de caudales de ingreso y egreso, de los tramos ya definidos.

Metodología: Se realizaron aforos en las zonas de inicio y término de cada tramo, registrando caudales de ingreso y salida para obtener la variación de caudal en términos de pérdida o ganancia por metro lineal.

La metodología de análisis del proceso de Pérdida de Agua en Canales de Riego, que permite expresar la eficiencia de conducción (Efc) por unidad de longitud, determinando las pérdidas de agua en diferentes tramos. Así, con el propósito de conocer las causas de las pérdidas de agua en los canales es necesario hacer un análisis considerando eficiencias de conducción, para lo cual se utilizará el método usado por Jara y otros (1988), comparando dos modelos usados para éste. La expresión matemática obtenida para este caso, permite estimar el caudal que circula en cualquier longitud de canal en función del caudal de entrada, largo y Eficiencia por tramo o sector.

Los canales de tierra no revestidos presentan pérdidas considerables en su conducción. Los factores más importantes a considerar son: Tipo de suelo, ubicación del nivel freático, edad del canal, velocidad del agua, perímetro mojado, caudal del canal, vegetación, temperatura. Estos factores han sido analizados, señalando que es difícil la evaluación exacta de estas influencias en las pérdidas de agua.

1. **Tipo de Suelo:** Los canales excavados en suelos de textura gruesa originan pérdidas, esto se debe, a que las partículas gruesas, al acomodarse entre sí, dejan espacios o poros de gran tamaño, los cuales facilitan la circulación del agua. En el caso contrario, con partículas más finas, como es el caso de arcilla, los elementos unitarios tienden a la forma laminar, por lo tanto, los espacios que forman entre sí son muy pequeños.
2. **Nivel Freático:** El nivel de la napa freática establece el límite donde puede llegar el agua. En este caso el agua que se filtra desciende por gravedad hasta tocar con una corriente de agua subterránea, lo cual implica un incremento del nivel freático.

3. **Edad del Canal:** La edad de un canal es uno de los factores mas importantes dentro de este análisis, ya que mientras menos tiempo de servicio tenga éste, sus pérdidas por filtración son relativamente altas, pero conforme pasa el tiempo, las pérdidas van disminuyendo en razón al sellamiento de los poros con partículas coloidales que se depositan en las paredes del canal.
4. **Operación y Mantención:** Este es uno de los factores que la administración puede manejar, dependiendo de la época del año y, condiciones que se encuentre el canal, ya que si se remueve mucho el sedimento que esta en la base del canal, produce un aumento de las filtraciones y una disminución de la estabilidad del canal, aumentando el riesgo de erosión, si esta labor no se hace con cuidado.
5. **Velocidad del Agua:** La velocidad es el principal factor que afecta la capacidad conductividad de los canales. Una velocidad alta, significa una alta concentración de energía cinética que produce arrastre de material en la base de los taludes. Una velocidad baja, produce sedimentación de elementos finos que causa la acumulación de material en su fondo, favoreciendo el crecimiento de vegetación.
6. **Perímetro mojado:** En la realidad y dentro de los cálculos se tiende lograr el menor perímetro mojado posible, con el propósito de disminuir las filtraciones.
7. **Capacidad del Canal:** El caudal debe ser el requerido para las condiciones en que fue diseñado el canal, evitándose así alteraciones en el tirante hidráulico, todo esto se traduce en pérdidas.
8. **Vegetación:** La vegetación que se desarrolla, tanto en taludes y fondo de canal, no es deseable ya que produce deterioro, perdidas de la velocidad, disminuye la capacidad conductiva, aumenta el perímetro mojado.

Consideraciones: Existe la necesidad de aumentar el número de puntos de control de caudal de modo de eliminar los sesgos provocados en el aforo de tramos muy extensos, por ejemplo por la agregación de compuertas de entrega y descarga intermedias.

Donde los caudales terminales son mayores que los iniciales de una sección de estudio, es necesario estudiar los niveles freáticos contiguos a dicha sección, para estimar la influencia de estos en la recarga del canal. Por ello, y por el alto costo temporal y financiero que existe, se sugiere elaborar un proyecto de investigación que postule a financiamiento, por el interés público que posee.

Para la estimación de pérdidas por conducción, en los canales no revestidos y revestidos la constante de Infiltración y la constante de permeabilidad del hormigón, fueron proporcionadas por el software de diseño de canales H-Canales Versión 3.0.

Los aforos fueron realizados por el molinete marca Gurley Price, Modelo 622DF2N (figura 48).



Figura 48. Imagen izquierda, Molinete Gurley Price, Modelo 622 DF2N. Imagen derecha, especificaciones técnicas del molinete.

Pérdidas por conducción: Para determinar la Eficiencia de Conducción **Efc**, primero es necesario cuantificar las pérdidas, tanto por tramos como, el largo total del canal. Las pérdidas por conducción fueron calculadas por la fórmula de Moritz (Kraatz, 1972) de acuerdo a:

$$S = 0.0115 \cdot C \cdot \sqrt{\frac{Q}{V}}$$

Donde:

S = Pérdidas por infiltración [$\text{m}^3/\text{s}/\text{Km}_{\text{canal}}$]

C = Constante de infiltración, dependiente del tipo de suelo.

Q = Caudal circulante [m^3/s]

V = Velocidad del agua [m/s]

Eficiencia de Conducción: Existen diversos métodos para determinar la eficiencia de conducción, entre ellos destacan:

- Método de la “entrada y salida”: este consiste en medir el caudal que entra y sale de un tramo del canal. La diferencia corresponde a las pérdidas en el tramo en cuestión, y la eficiencia de conducción queda expresada como el cociente entre el caudal perdido y el caudal al inicio del mismo. Así entonces la eficiencia de conducción se puede expresar como:

$$EFC = 1 - \frac{Q_o - Q_f}{Q_o}$$

Donde:

EFC: Eficiencia de Conducción

Qo: Caudal de entrada, m^3/s

Qf: Caudal de salida, m^3/s

- Formula utilizada por Jara y otros (1988): Al aforar el caudal de entrada (Q_o) y salida (Q_f) en un tramo de canal de largo L , determinan un porcentaje de pérdida que, dividido por el largo L del tramo aforado, expresa la pérdida de agua (P) por unidad de largo. La expresión matemática utilizada por ellos corresponde a:

$$P = \left(\frac{Q_o - Q_f}{Q_o} \right) * \frac{1}{L}$$

Si se analiza el efecto del Largo L en el porcentaje de pérdidas, se puede expresar el cambio de caudal (dQ) en un determinado tramo (dl).

$$\frac{dQ}{dl} = -k$$

En donde k es la pérdida de caudal por unidad de largo ($m^3/seg*unidad$ de longitud).

$$Q_f = Q_o - kL$$

Para un canal de características geométricas constantes, esta expresión permite determinar Q_f a cualquier largo L , con k constante a lo largo del tramo en consideración. La variación de caudal que circula a lo largo de un canal es proporcional a Q , entonces:

$$\frac{dQ}{dl} = -KQ \Leftrightarrow \frac{dQ}{Q} = -K * dl$$

$$K = \frac{\text{Ln}\left(\frac{Q_f}{Q_o}\right)}{L} \quad \rightarrow \quad Q_f = Q_o * e^{-K*L}$$

En donde K es la pérdida específica de caudal por unidad de largo de canal (L^{-1}) y Q_f/Q_o es la eficiencia de conducción en condiciones de flujo estable a lo largo del canal

De la ecuación anterior es posible obtener la Eficiencia de Conducción EFC, por unidad de largo de canal al considerar un tramo de longitud L .

$$Efc = \left(\frac{Q_f}{Q_o} \right)^{\frac{1}{L}}$$

En donde Efc. se expresa por Km. de canal ($0 < Efc < 1$), y L en Km. De este modo, la eficiencia de conducción expresada por unidad de longitud de canal depende solamente de las características físicas y ambientales del canal en el momento que se realizó el aforo. Así, es posible hacer extrapolaciones no lineales de pérdida de agua si se mantienen constantes las características iniciales de aforo.

- Formula propuesta por Kleiman y Torres (1962):

$$EFC = 1 - \frac{Q_o - Q_f}{Q_o * L}$$

Donde:

EFC: Eficiencia de Conducción

Qo: Caudal de entrada, m^3/s

Qf: Caudal de salida, m^3/s

L: Largo del Tramo, Km

La eficiencia media de conducción se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\eta \text{ Media Conducción} = \frac{\sum \eta \text{ conducción tramo.i} * \text{Longitud del tramo}}{\text{Longitud Total}}$$

Pérdidas por conducción por Km. de canal en los tramos que se indican:

Tabla 11 Pérdidas por conducción del Canal Matriz (Km.0,00 - Km.11.703). Velocidad media = 0,97 [m/s] Aforos 2006-2007 Constante de infiltración = 0,65 Suelo Arenoso con Grava									
Tramo	Distancia [Km]	Acciones salientes	Caudal saliente [m3/s]	Acciones tramo	Caudal tramo [m3/s]	Pérdidas Tramo [m3/s]	Pérdidas Tramo [l/s]	Pérdidas Tramo [%]	Caudal Final [m3/s]
1	3,24	38,78	0,617	1131,5	18,000	0,10420	104,2041	0,58	17,279
2	5,079	45,59	0,696	1092,72	17,279	0,05795	57,9486	0,34	16,525
3	5,751	155,00	2,344	1047,13	16,525	0,02071	20,7081	0,13	14,160
4	8,947	0,63	0,009	892,13	14,160	0,09117	91,1680	0,64	14,060
5	11,576	358,53	5,651	891,5	14,060	0,07473	74,7295	0,53	8,335
6	11,703	546,61	5,111	532,97	8,335	0,00278	2,7795	0,03	3,222

Pérdidas Totales 0,35154 351,5379 2,25

Tabla 12 Pérdidas por conducción del Canal Munilque(Km.0.00 - Km.2,905)

Velocidad media = 0,65 [m/s] Aforos 2006-2007
 Constante de infiltración = 0,265 Franco Arcilloso con Arena y Grava

Tramo	Distancia [Km]	Acciones salientes	Caudal saliente [m3/s]	Acciones tramo	Caudal tramo [m3/s]	Pérdidas Tramo [m3/s]	Pérdidas Tramo [l/s]	Pérdidas Tramo [%]	Caudal Final [m3/s]
1	0,082	3,21	0,051	155	2,466	0,0005	0,4867	0,02	2,414
2	0,592	0,68	0,011	156	2,482	0,0035	3,5252	0,14	2,467
3	0,828	21,33	0,332	151,79	2,414	0,0049	4,8630	0,20	2,077
4	0,834	31,60	0,432	130,46	2,077	0,0045	4,5434	0,22	1,640
5	1,433	8,38	0,105	98,86	1,640	0,0069	6,9371	0,42	1,528
6	1,795	8,56	0,132	90,48	1,528	0,0084	8,3867	0,55	1,387
7	2,047	6,77	0,104	81,92	1,387	0,0091	9,1132	0,66	1,274
8	2,905	66,59	1,036	75,15	1,274	0,0124	12,3955	0,97	0,226

Pérdidas Totales 0,0503 50,2508 3,18

Tabla 13. Pérdidas por conducción del Canal Rihue (Km.0 - Km.13,162).
 Velocidad media = 0,91 [m/s] Aforos 2006-2007
 Constante de infiltración = 0,19 Franco Arcilloso ordinario, limo

Tramo	Distancia [Km]	Acciones salientes	Caudal saliente [m3/s]	Acciones tramo	Caudal tramo [m3/s]	Pérdidas Tramo [m3/s]	Pérdidas Tramo [l/s]	Pérdidas Tramo [%]	Caudal Final [m3/s]
1	0,655	2,00	0,032	546,61	8,696	0,004	4,425	0,05	8,659
2	1,215	1,00	0,016	544,61	8,659	0,008	8,191	0,09	8,635
3	2,046	5,00	0,079	543,61	8,635	0,014	13,774	0,16	8,542
4	2,462	3,64	0,057	538,61	8,542	0,016	16,485	0,19	8,469
5	3,593	21,47	0,338	534,97	8,469	0,024	23,953	0,28	8,107
6	4,147	14,56	0,221	513,5	8,107	0,027	27,050	0,33	7,859
7	4,392	3,97	0,061	498,94	7,859	0,028	28,207	0,36	7,770
8	6,079	13,96	0,217	494,97	7,770	0,039	38,820	0,50	7,514
9	10,075	4,27	0,065	481,01	7,514	0,063	63,269	0,84	7,386
10	10,088	222,28	3,413	476,74	7,386	0,063	62,808	0,85	3,910
11	11,999	48,86	0,401	254,46	3,910	0,054	54,355	1,39	3,455
12	12,667	4,19	0,057	205,6	3,455	0,054	53,939	1,56	3,344
13	12,887	1,81	0,029	201,41	3,344	0,054	53,988	1,61	3,261
14	12,895	1,97	0,032	199,6	3,261	0,053	53,344	1,64	3,175
15	13,062	2,68	0,043	197,63	3,175	0,053	53,324	1,68	3,080
16	13,159	104,72	1,632	194,95	3,080	0,053	52,902	1,72	1,395
17	13,16	8,42	0,060	90,23	1,395	0,036	35,606	2,55	1,299
18	13,162	3,38	0,049	81,81	1,299	0,034	34,366	2,65	1,216

Pérdidas Totales 0,679 678,806 18,46
Pérdidas Totales Reales 0,464 463,680 9,71

Tabla 14. Pérdidas por conducción del Canal Coihue (Km.0 - Km.13,014).
 Velocidad media = 1,03 [m/s] Aforos 2006-2007
 Constante de infiltración = 0,375 Franco Arenoso

Tramo	Distancia [Km]	Acciones salientes	Caudal saliente [m3/s]	Acciones tramo	Caudal tramo [m3/s]	Pérdidas Tramo [m3/s]	Pérdidas Tramo [l/s]	Pérdidas Tramo [%]	Caudal Final [m3/s]
1	0,276	32,89	0,523	1131,5	18,000	0,005	4,971	0,03	17,472
2	0,975	7,00	0,108	1098,61	17,472	0,012	12,404	0,07	17,351
3	6,06	6,20	0,098	1091,61	17,351	0,090	89,923	0,52	17,163
4	7,404	3,00	0,047	1085,41	17,163	0,024	23,638	0,14	17,093
5	10,83	50,82	0,800	1082,41	17,093	0,060	60,132	0,35	16,232
Velocidad media = 1,03 [m/s] Aforos 2006-2007 Constante de infiltración = 0,265 Grava cementada (Conglomerados)									
6	13,014	45,13	0,677	1031,59	16,232	0,026	26,398	0,16	15,529

Pérdidas Totales 0,22 217,47 1,27

Eficiencias de conducción por Km. de canal en los tramos que se indican:

Tabla 15. Eficiencias de conducción del Canal Matriz (Km.0,00 - Km.11.703).

Tramo		Largo [Km]	Caudal Inicial [m3/s]	Caudal Término [m3/s]	Estado del canal	Eficiencia 1	Eficiencia 2	Eficiencia 3
Inicio	Término							
0	2,7910	2,7910	18	17,92	Bueno	99,53%	99,79%	99,79%
2,7910	5,069	2,2780	17,92	14,67	Bueno	81,87%	93,08%	93,50%
5,0690	8,274	3,2050	14,67	12,68	Regular	86,47%	95,57%	95,78%
8,2740	9,113	0,8390	12,68	13,57	Regular	107,03%	108,44%	108,38%
9,1130	10,194	1,0810	13,57	14,48	Regular	106,69%	106,17%	106,19%
10,1940	10,902	0,7080	14,48	13,91	Bueno	96,05%	94,47%	94,42%
Eficiencia media						85,92%	91,09%	91,25%

Tabla 16. Eficiencias de conducción del Canal Munilque (Km.0,00 - Km.2.905).

Tramo		Largo [Km]	Caudal Inicial [m3/s]	Caudal Término [m3/s]	Estado del canal	Eficiencia 1	Eficiencia 2	Eficiencia 3
Inicio	Término							
0,07	0,388	0,318	4,37	4,1	Regular	94%	82%	81%

Tabla 17. Eficiencias de conducción del Canal Rihue (Km.0,00 - Km.13,162).

Tramo		Largo [Km]	Caudal Inicial [m3/s]	Caudal Término [m3/s]	Estado del canal	Eficiencia 1	Eficiencia 2	Eficiencia 3
Inicio	Término							
0	0,714	0,714	6,80	6,13	Regular	90,12%	86,45%	86,17%
0,714	1,957	1,243	6,13	5,59	Regular	91,12%	92,79%	92,86%
1,957	4,333	2,376	5,59	5,83	Malo	104,38%	101,82%	101,84%
4,333	6,418	2,085	5,83	2,81	Malo	48,26%	70,51%	75,18%
6,418	8,492	2,074	2,81	3,15	Malo	111,83%	105,54%	105,71%
8,492	9,011	0,519	3,15	2,79	Muy Malo	88,69%	79,35%	78,21%
9,011	11,994	2,983	2,79	1,41	Regular	50,67%	79,62%	83,46%

Eficiencia
media 72,58% 80,81% 82,39%

Tabla 18. Eficiencias de conducción del Canal Coihue (Km.0,00 - Km.13,014).

Tramo		Largo [Km]	Caudal Inicial [m3/s]	Caudal Término [m3/s]	Estado del canal	Eficiencia 1	Eficiencia 2	Eficiencia 3
Inicio	Término							
0,38	0,975	0,595	4,17	4,24	Regular	101,66%	102,80%	102,79%
0,975	1,474	0,499	4,24	4,78	Malo	112,76%	127,21%	125,57%
1,474	2,095	0,621	4,78	4,39	Malo	91,95%	87,36%	87,04%
2,095	5,122	3,027	4,39	4,75	Regular	108,12%	102,61%	102,68%
5,122	6,867	1,745	4,75	3,77	Regular	79,26%	87,53%	88,12%
6,867	9,737	2,87	3,77	3,04	Malo	80,75%	92,82%	93,29%
9,737	12,651	2,914	3,04	2,83	Regular	93,05%	97,56%	97,61%

Eficiencia
media 87,78% 91,67% 91,80%

Actividad 5: *Confección de Cartas Temáticas*

Objetivo: *Obtención de información bajo el soporte de un sistema de información geográfica*

Objetivo Específico: *Confeccionar un sistema georeferenciado para los tramos en estudio*

Metodología: Estas cartas fueron confeccionadas bajo el soporte de SIGs, agregadas y almacenadas en el SIIR que ya posee la ACCBBN.

Consideraciones: Los resultados obtenidos, en relación a las actividades anteriores fueron digitalizadas y adicionadas al SIIR de la ACCBBN.

Actividad VI: *Generación de diagnóstico y propuesta*

Objetivo: *Generar un Plan de Mejoramiento de la Eficiencia de conducción*

Objetivo Específico: *Propuesta para implementar posibles soluciones, las que incluyen proyectos tipos para cada sección estudiada*

Metodología: Se confeccionó una carpeta de propuesta, priorizando proyectos tipos con la finalidad de mejorar la eficiencia de conducción del sistema de canales. Referencia MOP-EDIC_2000.

Resultados: Para mantener y mejorar la eficiencia de conducción dentro del sistema de canales Bío Bío Negrete, es indispensable que la red de canales y sus estructuras se encuentren en buen estado de conservación. De la misma forma, para facilitar estos controles y operaciones es necesario mantener en buenas condiciones, los accesos al canal y a sus respectivas estructuras.

Hacia el mejoramiento de la eficiencia de conducción y a la vez, un mejor y equitativo funcionamiento de la red de canales. Se pueden nombrar una serie

de labores, que por sus bajos costos en relación a una solución óptima (revestimiento), que solucionaría en parte la problemática en cuestión.

- **Desmalezamiento:** Actualmente esta labor se realiza en un solo periodo o en la situación que lo requiere urgentemente. Durante los 2 recorridos por el sistema de canales, se constato que existen tramos que necesariamente requieren de mas limpieza, como es el caso del canal Coihue en el sector Coihue, canal Munilque sector Bureo, entre otros. Por ello se recomienda primero, dar a conocer a los propios regantes lo que significa, tanto en términos económicos como de operación, el estado en que se encuentra el canal, y segundo contratar personal adicional al que se cuenta durante la temporada de riego.
- **Regulación de sedimentos:** La excesiva sedimentación es el problema más común que afecta a los canales de riego. Esta problemática afecta al canal en que se produce un estancamiento parcial del flujo de agua, provocando así, una disminución en la velocidad de éste. Estos sedimentos (figura 49) provienen de 2 fuentes principales: o son aportados por aguas con gran cantidad de material sólido en suspensión, o bien provienen de los arrastres de material provocados por aguas lluvias o de riego. También es un problema cuando existe escasez de sedimentos, ya que provoca un descubrimiento del manto superficial del canal, provocando un aumento en las filtraciones



Figura 49. Capa de sedimento en el canal.

- **Conservación de Taludes:** Los taludes de los canales suelen deteriorarse debido al arrastre por lluvias, paso de animales y a un fenómeno que todavía no se le ha puesto la atención necesaria, que es la existencia del camarón de río, el cual provoca que cada año el talud del canal se valla alterando. Por lo tanto este debe ser una labor incluida en la mantención periódica del canal, dado la alta posibilidad de llegar a afectar de manera muy desfavorable la eficiencia de conducción.

La erosión de los canales puede repararse con medios mecánicos o rústicos, construyendo los bordes deteriorados del canal. Estas reparaciones pueden ser, dependiendo de los costos, hechas con hormigón, mampostería, gaviones, madera y polietileno.

- **Conservación de estructuras:** Las estructuras requieren de un mantenimiento periódico para una conservación. En hormigones no se realiza mantención. El problema que los afecta es el agrietamiento y levantamiento eventual de losas debido a subpresiones. El primero de los casos se soluciona aplicando un mortero adecuado mientras que el segundo, además de repararse el revestimiento estropeado, deben tomarse medidas correctivas como la instalación de válvulas de

subpresión o una alternativa mas costosa como lo es la instalación de un sistema de drenaje que reduzca el nivel del agua

4.2.1.5. CONSIDERACIONES GENERALES

A. ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN EXTRA E INTRAPREDIAL.

Es necesario realizar una evaluación técnica-económica, al momento de tomar la decisión de si es o no factible implementar una obra de mejoramiento, en una sección del canal.

Este análisis debe separarse en dos componentes: técnica y económica debido a que al estar unidos estos dos puntos, tiende a prevalecer la parte económica por sobre la técnica.

Este estudio se puede realizar para la conducción extra como intrapredial, siendo este último igualmente importante y actualmente el que menos se realiza.

Desde el punto de vista técnico es necesario considerar como parámetros de análisis:

- **Eficiencia de conducción:** este punto es importante al momento de definir si la obra existente es eficiente o no, por consiguiente contribuye a determinar si es necesario mejorar o intervenir.

Esta se estima mediante un análisis integral de la zona de estudio. La medición de los caudales se realiza mediante aforos, identificando los caudales de entrada y salida, la existencia de filtraciones o recargas.

Cuando se pone en práctica en terreno la metodología de aforo, es necesario considerar que las condiciones y lugares no concuerdan en la totalidad con las condiciones ideales, por consiguiente una recomendación

práctica es construir secciones de aforo de modo de lograr mediciones óptimas.

- **Estado de las obras y análisis de riesgo:** En cualquier sistema es fundamental realizar estudios e inspecciones técnicas periódicas para tener en cuenta, por ejemplo, si existe peligro de colapso, fallas estructurales, etc.

Hacer seguimiento y construir registros que posibiliten estimar vida útil residual al momento del análisis en relación a datos históricos.

- **Número de usuarios beneficiados y su impacto:** la obra a realizar debe abarcar un número representativo de usuarios beneficiados, puede ser que este aspecto contribuya a discriminar un mejoramiento de otro.
- **Aumento o disminución de la superficie bajo riego:** la superficie involucrada en cada iniciativa de mejoramiento puede contribuir también a la discriminación de uno u otro.
- **Efecto de las obras en el entorno:** Cualquier modificación pueden ejercer un efecto ambiental positivo o negativo, ejemplo de ello, es la reposición del agua de los pozos aledaños (por medio de filtraciones), que son utilizados por familias de escasos recursos, en sectores rurales donde no existe una red de agua potable.
- **Uso de sistemas de información geográficos (SIG):** desde el punto de vista técnico contribuyen un apoyo fundamental al momento de tomar una decisión, ya que proporcionan diferentes capas de información de puntos o zonas Geográficas.

B. ANÁLISIS ECONÓMICO

- **Costos actuales de mantención:** Si los costos actuales son elevados este parámetro puede tomar mayor connotación al momento de tomar una decisión.
- **Factibilidad económica del mejoramiento a realizar:** este punto se refiere a la viabilidad económica de la obra durante su vida útil, considerando factores tales como los costos operacionales, de implementación, costo de oportunidad, de inversión, etc.
- **Disponer de recursos para implementar el mejoramiento:** es importante estimar el valor de la obra para poder definir si con los recursos disponibles y/o accesibles a través de los instrumentos de fomento (Ley 18.450, etc.) es posible implementarla, independiente de la factibilidad técnica y económica.

4.2.16. BIBLIOGRAFÍA

- Chow Ven Te, 2000. Hidráulica de canales abiertos. Estado de México, México. Editorial McGraw- Hill.
- Lovera Ortiz Mauricio.1998. Situación Actual y Alternativas de Solución del canal Primera Abajo. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Ingeniería Agrícola. Chillan, Chile
- Jara Jorge, Villaroel Edmundo, Valenzuela Alejandro. 1988, Análisis Matemático de la eficiencia de conducción en canales, Revista Agrociencia N°4. Universidad de Concepción.
- Warkentin B.P.1991. Protección de la calidad del Agua Subterránea a través de un riego Eficiente, Corvallis, Oregón, Estados Unidos. Universidad Estatal de Oregón. Disponible en http://www.unesco.org.uy/phi/libros/uso_eficiente/warkentin.html
- Palacios Vélez, Enrique. 1991. La eficiencia en el uso del Agua en los distritos de riego. Montecillo Estado de Mexico. Colegio de Postgraduados. Disponible en http://www.unesco.org.uy/phi/libros/uso_eficiente/palacios.html
- F.A.O. 1976 Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación. Pequeñas Obras Hidráulicas.
- Arias Quintana, Miguel.1980. Análisis de la distribución del agua de riego del río Ñuble. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Agronomía. Chillan, Chile.
- Melo Jara, Ovidio. 2002. Manual para el dirigente de las Comunidades de Agua. Comisión Nacional de Riego y Universidad de Concepción. Chillan, Chile.
- Villón, Max. 2006. Software H-Canales, Versión 3.0. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.

4.2.2. PROYECTOS DE MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO.

Otro componente fundamental del POR lo constituyen, al nivel operativo, los mejoramientos del uso del agua a nivel predial. Esto ha sido posible a través de la elaboración e instalación de proyectos de riego, asesorías específicas, además de la supervisión y seguimiento de los mismos y la implementación de un programa de transferencia tecnológica en riego. En la tabla 19 es posible identificar los principales proyectos realizados en el marco del Programa de Comunas Pobres desde 2004 a 2006.

En la tabla 20, se observan las personas beneficiadas con la instalación de sistemas de microrriego provistos por la CNR, con el propósito, en forma piloto, de usar más eficientemente el agua de riego.

Tabla 19. Antecedentes generales de los beneficiarios de proyectos de riego intrapredial.

N°	Apellido Paterno	Apellido Materno	Nombres	Sexo (F/M)	Sistema de Riego
1	Cea	Salazar	Laura	F	Aspersión Móvil
2	Briones	Zambrano	Orlando	M	Aspersión Móvil
3	Cea	Salazar	Luis	M	Aspersión Móvil
4	Chávez	Zambrano	Miguel	M	Aspersión Móvil
5	Aguayo	Arias	Elías	M	Aspersión Móvil
6	Valdebenito	Lara	Violeta	F	Aspersión Semi-Móvil
7	Sanzana	Neira	Juan	M	Aspersión Semi-Móvil
8	Aguayo	Matamala	Israel	M	Aspersión Móvil
9	Ferreira	Pérez	Andrés	M	Aspersión Móvil
10	Moraga	Pérez	Elías	M	Aspersión Móvil
11	Cares	San Martín	Gloria	F	Aspersión Móvil
12	Pinto	Fierro	Daniel	M	Aspersión Móvil
13	Cuevas	Cid	Luis	M	Aspersión Semi-Móvil
14	Vílchez	San Martín	Juan	M	Aspersión Semi-Móvil
15	Arriagada	Aguayo	Myriam	F	Aspersión Semi-Móvil

Tabla 19. Antecedentes generales de los beneficiarios de proyectos de riego intrapredial. Continuación.

N°	Apellido Paterno	Apellido Materno	Nombres	Sexo (F/M)	Sistema de Riego
16	Contreras	Silva	Nelson	M	Aspersión Móvil
17	Martínez	Escobar	Marcelina	F	Aspersión Móvil
18	Carrasco	Torres	Pascuala	F	Aspersión Móvil
19	Luengo	Ramírez	Sergio	M	Aspersión Móvil
20	Olave	Castro	Francisco	M	Drenaje
21	Ormeño	Jara	Ernesto	M	Aspersión Semi-Móvil
22	Díaz	Aqueveque	Suc. Pedro José	-	Goteo
23	Gabrielli	Panizza	Suc. Luciano	-	Aspersión Semi-Móvil
24	Cisternas	Hidalgo	María Gregoria	F	Aspersión Semi-Móvil
25	Pérez	Salazar	Norma de la Cruz	F	Goteo
26	Neira	Sánchez	Víctor Loris	M	Aspersión Móvil
27	López	Vallejos	Julio Cesar	M	Microaspersión y Goteo
28	Medina	Oñate	Esteban	M	Aspersión Móvil
29	Ferreira	Pérez	José Fernando	M	Aspersión Móvil
30	Rojas	Maldonado	Joe Luis	M	Aspersión Móvil
31	Provoste	Fica	José	M	Aspersión Semi-Móvil
32	Arriagada	Cid	Remberto Alfonso	M	Aspersión Móvil
33	Ortiz	Fonseca	José Gregorio	M	Aspersión Semi-Móvil
34	Niclouses	Velásquez	Ramiro Bernabé	M	Aspersión Semi-Móvil
35	Carrasco	Vallejos	Juan Marcelino	M	Aspersión Móvil
36	Medina	Burdiles	Elizabeth	F	Aspersión Semi-Móvil
37	Escobar	Rivera	Juan Nicolás	M	Marco Partidor
38	Carrasco	Carrasco	María	F	Goteo
39	Ortiz	Pezo	Víctor Hugo	M	Aspersión Semi-Móvil
40	Medina	Guzmán	Eduardo Edelberto	M	Cintas

Tabla 20. Beneficiarios con instalación de sistemas de microriego para mejorar el uso del agua en forma demostrativa.

Nº	Nombre	Sexo (F/M)
1	Felidor Vergara	M
2	Fidel Pérez	M
3	Julia Bizama	F
4	Alejandro Bizama	M
5	Laura Cea	F
6	Norma Pérez	F
7	Magdalena Cid	F
8	Silvia Cid	F
9	Estela Estrada	F
10	Karen Zúñiga	F
11	Carlos Cid	M
12	Isabel Cares San Martín	F
13	Margarita Martínez	F
14	Marcelina Martínez	F
15	Horacio Cares San Martín	M
16	Juan Enrique Martínez	M
17	Luis Cea	M
18	José Valdebenito	M
19	Enrique Medina	M
20	Gloria Cares San Martín	F

Este aspecto se considera de importancia capital para mejorar la precisión de las inferencias del POR, en la medida que se logre detallar en forma específica los sistemas de riego que se utilizan en el territorio y definir con ello la eficiencia de aplicación y los consecuentes mejoramientos dentro del contexto de las posibilidades privadas de llevarlos a cabo. Para ello, la ACCBBN permanentemente está apoyando a sus accionistas para que puedan acceder más fácilmente a los instrumentos de fomento al riego.

Como una medida de optimizar el funcionamiento del sistema de riego se están explorando alternativas de automatización a través de la teledetección de caudales en tiempo real, donde se implementa un Proyecto de titulación próximo a terminar en el primer semestre de 2007. los avances principales de este dicen

relación con la definición de tres puntos de emisión de información, la definición de los transmisores específicos y la implementación del software receptor de la información.

4.2.3. REGULARIZACIÓN DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS PARA MEJORAR EL ACCESO A LOS INSTRUMENTOS DE FOMENTO AL RIEGO Y DRENAJE.

El saneamiento legal de la tenencia del agua es un punto crítico para el aprovechamiento de los instrumentos de fomento, tanto en forma individual como colectiva. Ello, en función de satisfacer los requerimientos impuestos por las últimas modificaciones al código de Aguas.

De este modo, durante 2005 y 2006 se ha apoyado a algunos regantes del territorio de influencia de la ACCBBN para regularizar sus derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en relación a las oportunidades que otorgaron los artículos 2 y 4 transitorios del Código de aguas. Para graficar ésta situación, la tabla 21 muestra las inscripciones realizadas durante 2006 apoyadas por el equipo técnico del Programa de comunas pobres.

Tabla 21. Nómina de agricultores y agricultoras con inscripción de derechos de aprovechamiento subterráneo vía Artículo 2° Transitorio del Código de Aguas.

N°	Apellido Paterno	Apellido Materno	Nombre	Sexo (F/M)	Tipo de pozo
1	Medina	Medina	Víctor	M	Puntera
2	Ferreira	Medina	Eulalio	M	Noria
3	Pérez-Villamil	Sans	Eliana	F	Noria
4	Pérez-Villamil	Sans	Eliana	F	Puntera
5	Robles	Canelo	José	M	Noria

En relación al requerimiento impuesto por el funcionamiento del Catastro Público de Aguas de poseer los derechos de aprovechamiento de aguas inscritos en forma volumétrica en el registro de aguas de los Conservadores de Bienes Raíces

respectivos, la ACCBBN está participando a nivel del territorio de planificación Bío Bío Cordillera en un proyecto que busca financiamiento FNDR para regularizar la inscripción de todos los usuarios del territorio. Se ha optado por esta modalidad por que involucra una voluntad del Estado de apoyar este proceso y por los altos costos que reviste hacerlo en forma enteramente particular. Por cierto, hay que destacar que las modificaciones normativas e institucionales necesarias para que este proceso se lleve a cabo, son más fáciles de aplicar si desde el mismo Estado y el Gobierno de turno se impulsan.

4.2.4. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO.

Para implementar adecuadamente el POR, que contribuye a una mejor gestión de los recursos hídricos y de la infraestructura de riego a través de la implementación de este PGH, la ACCBBN ha realizado importantes esfuerzos en precisar los problemas ambientales existentes asociados a la calidad del agua de riego y a implementar alternativas de mitigación y prevención de los mismos.

Desde 1998, con excepción del 2000, la ACCBBN ha realizado análisis periódicos no estandarizados de la calidad del agua de riego en una cobertura de muestreo de al menos 22 puntos en la red de canales. Esto ha permitido constatar la poca incidencia que han tenido los esfuerzos por disminuir los niveles de contaminación, ya que han involucrado un accionar sectorial del mismo. En tal sentido, la organización se ha vinculado con otros actores territoriales para dar un enfoque más integral del mismo, reconociendo en él aspectos culturales, de gestión territorial y productiva que sólo son capaces de ser abordados desde una perspectiva holística.

Han sido numerosos los estudios y proyectos implementados a través del tiempo, donde paulatinamente se abordan esas causas estructurales, sin estar insertos en una política o estrategia territorial específica.

Hoy, la ACCBBN busca financiamiento y propone en esta línea la realización de un estudio de la contaminación en el Sistema de Riego Bío Bío Negrete, precisando su análisis sobre las causas, consecuencias y soluciones desde una perspectiva territorial. Así las principales líneas de acción para este estudio son:

- Caracterización y especialización del problema de contaminación del canal Bío Bío Negrete en su área de influencia.
- Análisis de las consecuencias sociales y económicas originadas por la contaminación.
- Análisis del rol y las consecuencias de la gestión de la ACCBBN en la calidad de agua del canal.
- Establecimiento de espacios de participación de distintos actores con incidencia en el tema para la discusión, diseño y evaluación de alternativas de solución.
- Elaboración de instrumentos para el mejoramiento de la calidad del agua del canal que sean compatibles con las distintas realidades existentes en el área de influencia.

Esta es una visión y un desafío puesto en el tapete de la discusión territorial que detonará un efectivo desarrollo económico, ambiental y social del mismo.

En síntesis la construcción del POR, atiende a promover un uso eficiente del recurso hídrico en sus distintas dimensiones, al enfatizar también el mejoramiento de la calidad del mismo.

V. CONCLUSIONES

5.1. PLAN DE GESTIÓN HÍDRICA

Como proceso e instrumento, este PGH contribuye certeramente al sistema de soporte de decisiones que permite a la ACCBBN apuntar su gestión hacia la gestión integral de los recursos hídricos y de los elementos del entorno que condicionan y facilitan su aprovechamiento múltiple.

Particularmente, algunos aspectos operativos como de equipamiento, acceso y disponibilidad de recursos humanos, han determinado los avances logrados. A su vez, la legitimación del PGH, conforme el avance de las actividades realizadas, fue con un alto nivel de participación de algunos usuarios, los representantes sectoriales, el directorio, la administración y los celadores definidos como informantes clave. Esto ha permitido que las actividades realizadas tengan como producto distintivo la calidad de la información recogida y su comprensión en los distintos estamentos mencionados que la hacen tema obligado en las reuniones sectoriales y de directorio, contribuyendo a una real valoración del estado del sistema como de la importancia de mejoramientos y emprendimientos coherentes. Todo ello en estrecha vinculación con la estrategia organizacional desarrollada por el Programa de Desarrollo del Riego en Comunas con Problemas de Cesantía y Pobreza.

Asimismo conviene precisar algunas conclusiones respecto los productos del citado programa que dan lugar a este PGH.

5.1.1. PLAN DE MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA.

En relación a la pertinencia de las medidas que propone este plan de mejoramiento de la infraestructura (PMI), es fundamental contar con un levantamiento detallado de toda la infraestructura a partir de una inspección técnica que de cuenta del estado actual de los distintos componentes del sistema

de riego extrapredial, en los canales indicados precedentemente. Asimismo, para dar legitimidad a este levantamiento fue necesario el apoyo de los directores, el presidente, el administrador, representantes sectoriales, los celadores e informantes clave, quienes en general poseen un conocimiento más acabado de las problemáticas que se presentan en cada tramo del canal y requieren cierto apoyo técnico para lograr una mayor precisión en la definición de la problemática y su nivel de impacto en el sistema y en los usuarios mismos.

El negocio de la generación hidroeléctrica condiciona una buena parte del PMI, toda vez que para asegurar los caudales de funcionamiento impone ciertos requerimientos a los mejoramientos aguas arriba y ciertas restricciones aguas abajo y, a la vez, posibilita otros mejoramientos.

5.1.2. PLAN DE OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO.

Se define la eficiencia económica de un sistema riego, asociado a una organización de regantes o usuarios del recurso, como el logro de los objetivos con la mayor rentabilidad posible. Para mejores resultados, los costos usados en la evaluación del funcionamiento de estos sistemas se deben relacionar con las características físicas y de operación del sistema. Tradicionalmente, la evaluación del funcionamiento de los sistemas de conducción se ha visto seriamente restringida por la escasez de datos y la complejidad de obtener las mismas.

Respecto de la eficiencia de conducción, es importante señalar al momento de definir si la obra existente es eficiente o no, por consiguiente, contribuye a determinar si es necesario mejorar o intervenir. Esta se estima mediante un análisis integral de la zona de estudio. La medición de los caudales se realiza mediante aforos, identificando los caudales de entrada y salida, la existencia de filtraciones o recargas. Cuando se pone en práctica en terreno la metodología de aforo, es necesario considerar que las condiciones y lugares no concuerdan en la totalidad con las condiciones ideales, por consiguiente una recomendación práctica es construir secciones de aforo de modo de lograr mediciones óptimas.

Finalmente, respecto del estado de las obras y análisis de riesgo, en cualquier sistema es fundamental realizar estudios e inspecciones técnicas periódicas para tener en cuenta, por ejemplo, si existe peligro de colapso, fallas estructurales, etc. Lo cual exige hacer seguimiento y construir registros que posibiliten estimar vida útil residual al momento del análisis en relación a datos históricos.

Para determinar la cartera priorizada de proyectos se deben considerar como criterios sensibles a definir, el número de usuarios beneficiados y su impacto, el aumento o disminución de la superficie bajo riego, el efecto de las obras en el entorno y el riesgo de colapso entre los más relevantes. Asimismo el uso de sistemas de información geográficos (SIG), desde el punto de vista técnico contribuye a dar un apoyo fundamental al momento de tomar una decisión.

Para precisar el análisis económico de la eficiencia de conducción se deben considerar los costos actuales de mantención, la factibilidad económica del mejoramiento a realizar y la disponibilidad y disposición de recursos para implementar los mejoramientos, entre los que más destacan.

Desde el punto de vista ambiental finalmente, la consideración fundamental dice relación con la implementación de buenas prácticas agrícolas y ganaderas, así como buenas prácticas en canales de riego, un buen manejo de los residuos sólidos domiciliarios, campañas de sensibilización e implementación de proyectos de remediación ambiental y prevención de la contaminación.

5.2. Requerimientos organizacionales, presupuestarios y de gestión.

La ACCBBN tiene el alto desafío de adecuarse a los nuevos escenarios y a materializar sus aspiraciones de modernización par consolidarse como un actor protagónico en el desarrollo del territorio y de cada uno de sus accionistas.

Por cierto, este desafío se instala a partir de la estrategia de desarrollo de la organización, sus avances conseguidos en el tiempo con el importante apoyo de la

Comisión Nacional de Riego y el Estado en general y, por la impronta de país de convertirse en potencia agroalimentaria en el marco de la globalización de los mercados. Sin duda, desde la perspectiva de la gestión de los recursos hídricos hacia la gestión integral de los recursos del territorio, se impacta positivamente en la competitividad agropecuaria del mismo, en su estatus sanitario y en definitiva en la calidad de vida de sus habitantes.

ELABORACIÓN:

- **Miguel Sanhueza Herrera.** Coordinador Programa Comunas Pobres.
- **Cristian Cid Rivera.** Asesor en riego Programa Comunas Pobres.
- **Rodrigo Jelvez Echeverría.** Alumno memorista, Estudio de eficiencia
- **Jacob Arévalo Rifo.** Alumno memorista, Levantamiento de infraestructura.
- **Rubén Ruiz.** Alumno memorista, Teledetección de caudales.
- **Tulio Vega.** Alumno en práctica.
- **Benjamín Martínez.** Alumno en práctica.
- **Wilson Ureta.** Alumno memorista, *Gestión del Riesgo en Inundaciones.*