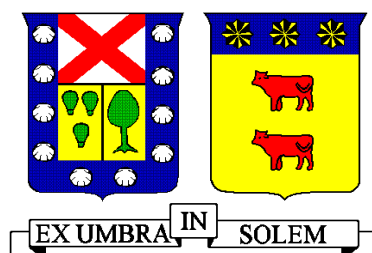


UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA
MARIA

DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAISO – CHILE



Eficiencia de la administración del recurso hídrico en el riego a través de la automatización de compuertas en canales

Memoria de titulación presentado por
Melissa Constanza Ternicien Abarca

Como requisito parcial para optar al título de
Construcción Civil

Profesor Guía
Felipe Chávez Ulloa

Profesor Correferente
Antonio Aguilar Rodríguez

Junio de 2017

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por concederme a mi hermosa familia. En segundo lugar, a mis padres por todo el esfuerzo que hicieron y el apoyo que me dieron para que lograra cumplir mis metas, mi madre por su apoyo emocional, espiritual y sabias palabras, y a mi padre por ser un hombre trabajador y cuidar bien de mi durante todos estos años. También mis más sinceros agradecimientos a mis abuelos y tía por el constante apoyo, cariño y preocupación durante toda la vida.

A mi marido agradezco profundamente su amor, amistad y el que me haya apoyado durante este proceso.

También quisiera agradecer al Sr. Felipe Chávez, quien fue mi profesor guía por todas sus valiosas correcciones y sugerencias, y al profesor Antonio Aguilar por su buena disposición en la tarea de guiarme en la memoria para que esta pudiera ser concretada.

Finalmente agradezco a los señores y señoras de las juntas de vigilancia y de las empresas a quienes entreviste y tuvieron la buena disposición de responder a todas mis preguntas.

RESUMEN

Debido a la sequía vivida en los últimos años en Chile, el sector agrícola se ha visto obligado a mejorar el uso de agua a través de nuevas tecnologías y obras civiles asociadas al riego.

Una de estas nuevas tecnologías es la automatización de las compuertas automatizadas y para conocer sus beneficios, se analiza la eficiencia en la administración de agua producida al implementar esta tecnología, a través de la investigación del sistema de automatización con telemetría y obras civiles asociadas para la administración de canales de regadío localizados en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, y para ello se estudian proyectos postulados a la CNR de la sexta región. También se entrevista a gerentes o administradores de Juntas de vigilancia y asociaciones de canalistas con el fin de contrastar el resultado del uso de compuertas tradicionales con compuertas automatizadas, costos de implementación y mantención, y beneficios y desventajas de los sistemas automatizados que administran.

Con la implementación de compuertas automatizadas en canales de riego se logra una mayor transparencia en la asignación del recurso hídrico, haciendo entrega de este de manera eficaz y eficiente, produciéndose así un ahorro de agua.

Si bien se trata de inversiones grandes para las OUA, en Chile existe la Ley 18.450 que favorece la inversión privada en este tipo de obras, complementando sus esfuerzos con aportes del Estado a través de concursos realizados por la CNR.

ABSTRACT

Due to the drought experienced in recent years in Chile, the agricultural sector has been forced to improve the use of water through new technologies and civil works associated with irrigation.

One of these new technologies is the automation of automated gates and to know their benefits, the efficiency in the water management produced by implementing this technology is analyzed, through the investigation of the automation system with telemetry and associated civil works for the Administration of irrigation canals located in the Region of the Liberator Bernardo O'Higgins, and for this study projects postulated to the CNR of the sixth region. It also interviews managers or administrators of Monitoring Boards and channel associations in order to contrast the results of using traditional floodgates with automated floodgates, implementation and maintenance costs, and benefits and drawbacks of the automated systems they administer.

With the implementation of automated floodgates in irrigation channels, greater transparency in the allocation of the water resource is achieved, effectively and efficiently delivering this, resulting in water savings.

Although large investments are made for OAU, in Chile there is Law 18,450 which favors private investment in this type of work, complementing its efforts with contributions from the State through contests made by the CNR.

GLOSARIO

Asociaciones de Canalistas: Son OUA constituidas en torno de cauces artificiales, normalmente se organizan en los canales matrices de los sistemas de riego extraprediales, cuya fuente es el río. Están normadas en el artículo 257 y siguientes del Código de Aguas.

Celador: Persona que tiene por oficio vigilar el cumplimiento de las normas y el mantenimiento del orden o hacer otras tareas de apoyo en un establecimiento público.

CNR: La Comisión Nacional de Riego (CNR) es la encargada de gestionar los procesos relativos al diseño y ejecución de estudios, programas y proyectos a cargo de la institución, coordinando interinstitucionalmente la aplicación de la Política Nacional de Riego del país, de acuerdo a las directrices del Consejo de Ministros y del Ministerio de Agricultura.

Código de aguas (CAg): Es el código que norma el uso de los recursos hídricos del país.

Compuerta hidráulica: Es un dispositivo hidráulico-mecánico destinado a regular el pasaje de agua u otro fluido en una tubería, en un canal, presas, esclusas, obras de derivación u otra estructura hidráulica.

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

DOH: La Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) tiene por misión proveer de servicios de Infraestructura Hidráulica que permitan el óptimo aprovechamiento del agua y la protección del territorio y de las personas.

GORE: Los Gobiernos Regionales (GORE) son los órganos públicos encargados de la administración superior de cada una de las regiones de Chile, y que tienen por objeto el desarrollo social, cultural y económico de ellas.

Juntas de vigilancia: Son OUA que se constituyen en torno de cauces naturales, con competencia hasta la bocatoma de los canales que extraen las aguas del cauce. Administran y distribuyen las aguas que tienen derecho sus miembros en los cauces naturales; explotan y conservan las obras de aprovechamiento común, y realizan los demás fines que les encomienden la ley y sus estatutos.

Las Comunidades de Aguas: Son OUA que distribuyen el recurso de acuerdo a los derechos de aprovechamiento que poseen los usuarios en cada una de las obras que les son comunes. Se organizan en torno de cauces artificiales y su funcionamiento está normado en el artículo 187 y siguientes del Código de Aguas.

MINAGRI: El Ministerio de Agricultura (MINAGRI) es la secretaría de Estado encargada de fomentar, orientar y coordinar la actividad silvoagropecuaria del país

ODEPA: La Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (Odepa), genera y proporciona información regional, nacional e internacional del sector silvoagropecuario, con la finalidad de apoyar la toma de decisiones de los agentes públicos y privados, contribuyendo al desarrollo sostenible, equitativo y competitivo del sector.

OUA: Las organizaciones de usuarios del agua (OUA) pueden ser definidas como “aquellas entidades reglamentadas en el Código de Aguas, y que tienen por objeto, administrar las fuentes de aguas y las obras a través de las cuales éstas son extraídas, captadas y/o conducidas”.

Privado: Es el encargado de realizar los proyectos, ejecutarlos y postularlos mediante un concurso a concurso realizado por la CNR.

Unidad de la Ley de Fomento al Riego y Drenaje: Apoya a la CNR con la inspección de los proyectos que concursan a través de la ley de riego.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	3
ABSTRACT.....	4
GLOSARIO.....	5
INDICE	7
INDICE IMÁGENES.....	9
INDICE TABLAS	10
INDICE GRAFICOS	10
1. Introducción.....	11
2. Objetivos	13
2.1 Objetivo general.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3. Estados del arte.....	14
3.1 Canales	14
3.2 Obras de arte para distribución de agua	15
3.2.1 Bocatomas.....	15
3.2.2 Marcos partidores.....	16
3.2.3 Compuertas tradicionales	16
3.3 Obras civiles asociadas.....	18
3.3.1 Obra civil telemetría.....	18
3.3.2 Obra civil aforador	21
3.4 Procedimiento actual	27
4. Automatización de compuertas.....	29
4.1 Funcionamiento	29
4.2 Principales componentes del sistema.....	30
4.3 Operación del sistema	32
4.4 Empresas proveedoras.....	34
5. Situación en la VI región	35
6. Metodología.....	38
6.1 Caso de estudio	39
6.1.1 Canales Las Viñas	39

6.1.2 Canales La Población.....	43
7. Resultados.....	46
8. Conclusiones	49
8.1 Beneficios.....	49
8.2 Desventajas.....	49
9. Referencias.....	51
10. Anexos.....	55
A. Legislación Vigente.....	55
B. Creación proyectos	57
C. Importancia implementación.....	59
D. Encuesta a Organizaciones de Usuarios de Agua de Chile.....	61
11. Disco Compacto (CD)	66

INDICE IMÁGENES

3.1 Bocatoma Canal Copequén.....	15
3.2 Vista desde aguas abajo hacia compuertas de admisión. Canal Común.	16
3.3 Muro vertical y compuerta de hoja. Canal El Manzano.	17
3.4 Dibujo esquemático de obras de arte para distribución de agua	18
3.5 Cerco perimetral y caseta de Canal Unidos	18
3.6 Planta obra civil para telemetría de Canal San José de lo Toro (GEOSYS, 2013)	19
3.7 Perfil obra civil para telemetría de Canal San José de lo Toro (GEOSYS, 2013)	20
3.8 Diagrama pozo de estabilización (RiegoSalz, 2013)	22
3.9 Diagrama Aforador de garganta larga (Wahl, 2001)	24
3.10 Planta de aforador tipo	25
3.11 Pozo de estabilización de hormigón armado de Canal Unidos	25
3.12 Organigrama	28
4.1 Esquema general de regulación10.....	29
4.3 Equipo de control mando local	30
4.2 Sistema electrónico de equipo de control de Canal Unidos	30
4.4 Componentes principales	31
4.5 Vista del cliente del nivel de compuerta.....	32
4.6 Esquema de comunicaciones entre los puntos de control y dispositivos	33
6.1 Área de Proyecto (sector admisión y sector aforador)	39
6.2 Superficie máxima regable (información proporcionada por CIREN).....	40
6.3 Área de proyecto.....	43
6.4 Detalle de instalación compuertas en Canal Población.....	44
6.5 Mapa de Chile con JV y AC con compuertas automatizadas (Noviembre, 2016)	46

INDICE TABLAS

Tabla 3.1 Costos y dimensiones de la realización de aforador de distintos canales pertenecientes a la JV del Río Tinguiririca	26
Tabla 5.1 N° organizaciones de regantes según la Federación de JV de ríos y esteros de la VI región (al 1 de septiembre del 2016).....	35
Tabla 6.1 Coordenadas de compuerta de admisión y aforador	40
Tabla 6.2 Junta de Vigilancia del Rio Tinguiririca Estadísticas de caudales (E.F. Briones + Claro)	40
Tabla 6.3 Presupuesto Puesto central del propietario	41
Tabla 6.4 Presupuesto automatización de Compuertas Canal Las Viñas.....	42
Tabla 6.5 Detalle de presupuesto (mayo 2013)	45
Tabla 7.1 Costos motorización compuertas de diferentes proyectos de la VI región (Valor UF octubre 2016)	47
Tabla C.1 Exportaciones silvoagropecuarias a socios comerciales (en miles USD FOB), 2012-2015	59
Tabla C.2 Inserción de la agricultura chilena en los mercados internacionales, año 2015	60

INDICE GRAFICOS

Gráfico 3.1 Gráfico de costos de obras civiles de protección de distintos canales pertenecientes a la JV del Río Tinguiririca	20
Gráfico 3.2 Gráfico de costos de aforadores de distintos canales pertenecientes a la JV del Río Tinguiririca	26
Gráfico C.1 Exportaciones silvoagropecuarias por sectores	60

1. Introducción

Chile ha experimentado un largo periodo de sequía, la cual también ha sido la más extensa de los últimos 100 años (Molina, 2015). Por ende, el agua es un recurso cada vez más escaso.

El Código de Aguas chileno denomina las aguas como “bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de ellas, en conformidad a las disposiciones del presente código” (Código de Aguas, 1981). Frente a la escasez hídrica, el carácter de las medidas identificadas que ha adoptado el Estado cubre un amplio espectro y niveles de acción, siendo las obras de ingeniería e infraestructura las más comunes, seguidas por los subsidios agrícolas. (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR), 2015)

De acuerdo al estudio realizado por la Estrategia Nacional de Recursos Hídricos el principal usuario de agua es “el sector productivo conformado por las actividades agrícolas, ganaderas y forestales que representa un 73% de las extracciones consuntivas de agua, lo que permite el riego de 1,1 millones de hectáreas que se localizan principalmente entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos.” (Ministerio de Obras Publicas, 2013). Puesto a la importancia del desarrollo agrícola en el país, es necesario un mejoramiento en la administración del agua para riego, la cual está en manos de entidades privadas, quienes son las responsables de captar, conducir y distribuir las aguas en cantidad y oportunidad proporcional a los derechos de aprovechamiento de cada uno de los usuarios.

A través de la implementación de nuevas tecnologías y obras civiles asociadas al riego, se ha logrado mejorar el uso del agua. Una de estas implementaciones son las compuertas automatizadas en canales de riego, lo que permite mayor transparencia en la asignación del recurso hídrico, haciendo entrega de éste de manera eficaz y eficiente, produciéndose así un ahorro del agua. El contar con un sistema automatizado, permite mantener el control y administración del agua desde las oficinas, o el propio aparato móvil, por lo tanto, existe una optimización en el tiempo empleado en la regulación de las compuertas.

Esta memoria se centra en la importancia de maximizar la eficiencia del aprovechamiento de agua de *uso consuntivo*¹, dada a la necesidad experimentada en el sector agrícola producto a la escasez de esta y del cambio climático, la cual repercute en la economía a nivel regional y país, puesto que la principal actividad económica de la región de O'Higgins es la agropecuaria-silvícola, siendo la región con mayor PIB silvoagropecuario, el que explica el 11,5% del PIB regional y el 19,2% del PIB silvoagropecuario a nivel nacional, de acuerdo a estudios realizados por la ODEPA. En cuanto al empleo, los ocupados correspondientes al rubro agricultura, estos representan el 22,4% del total de ocupados de la región (93.476 personas). Esta cifra ocupa el segundo lugar, relativamente, en cuanto a la participación de la agricultura en el total de ocupados a nivel regional y nacional (Maule ocupa el primer lugar), en comparación al resto de las regiones del país. (ODEPA, 2015)

¹ Aquel que faculta a su titular para consumir totalmente las aguas en cualquier actividad.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Analizar la eficiencia en la administración del agua producida por la implementación de automatización en compuertas de canales.

2.2 Objetivos específicos

Estudiar el efecto positivo sobre la optimización de los recursos hídricos a través de la unión de los avances en electrónica, informática y telecomunicación, en conjunto de las obras civiles.

Analizar costos de implementación de telemetría para la automatización de compuertas versus los costos de operación tradicional de compuertas.

Contrastar el resultado en el uso del agua para riego en canales donde se ha implementado la automatización de compuertas, con canales de compuertas tradicionales.

3. Estados del arte

3.1 Canales

Los canales de riego son ductos abiertos o cerrados que tienen la función de conducir el agua desde su captación (ríos, esteros, otros) hasta los predios. De acuerdo al sistema de distribución se clasifican en:

- Canales principales: debe suministrar por gravedad el agua a todos los puntos de la zona de riego, excepto algunas zonas especiales muy difíciles de regar.
- Canales laterales, sublaterales, ramales, subramales y acequias que llevan el agua a los surcos o melgas.
- Cauces naturales o arroyos, que en ocasiones se utilizan como parte del sistema de distribución de agua con fines de riego.

La red de canales que permiten distribuir el agua en una zona de riego se clasifican para su identificación en el proyecto y en el campo de la siguiente forma (Perez & Molina, 2011):

- Canal lateral.- Aquellos que dominan las divisiones principales del área de riego y abastece a los canales sublaterales o a las regaderas si estos no existen.
- Canal sublateral.- Se derivan de los canales laterales y abastecen a los canales ramales y a las regaderas directamente.
- Canal ramal.- Se abastecen a los canales sublaterales y estos a su vez alimenten a los canales subramales o directamente a las regaderas.

En el año 2012, las cerca de 5.000 OUA de hecho o de derecho mantuvieron y mejoraron “un total cercano a los 50.000 km de canales, sin representar ningún costo para el erario nacional. Ello permitió, entre otras cosas, el riego de 1.350.000 ha.” (Confederación de Canalistas de Chile, 2013)

Las dimensiones del canal son definidas por el diseñador, quien se rige por el Manual de Carreteras Volumen III para su diseño. Los revestimientos habituales son: hormigón, albañilería de piedra, losetas de hormigón y asfalto.

3.2 Obras de arte para distribución de agua

3.2.1 Bocatomas

Son estructuras hidráulicas destinadas a desviar una parte del curso del agua de un río, arroyo, canal o lago, hacia un canal de derivación. En nuestro país, la autorización de instalación o construcción de estas depende de la Dirección General de Aguas.

De acuerdo al artículo 38 del Código de Aguas las OUA's o los propietarios exclusivos de un acueducto que extraiga aguas de una corriente natural, están obligados a construir, a su costa, a lo menos una bocatoma con compuertas de cierre y descarga y un canal que permita devolver las aguas o su exceso al cauce de origen, además de los dispositivos que permitan controlar y aforar el agua que se extrae. Sin embargo, son muchos los canales que no tienen bocatomas definitivas, por su elevado costo, y todos los años reparan las provisionales existentes que son alteradas por las crecidas invernales,

por lo que les resultara imposible cumplir con la orden de instalar el dispositivo de medición del caudal instantáneo. (Confederación de canalistas de Chile, 2013)



Imagen 3.1 Bocatoma Canal Copequén

En la imagen 3.1 se observan compuertas tradicionales en buen estado de admisión y de descarga a una cota sobre el nivel del río.

3.2.2 Marcos partidores

Los marcos partidores son estructuras que dividen, parten o fraccionan las aguas de un canal en proporción a las acciones de los regantes, que entran y pasan por la obra. (Cabas & Varas, 1993)

Existen distintos tipos de marcos partidores, estos son:

- Marco partidor de barrera
- Marco partidor de angostamiento
- Marco partidor de resalto
- Marco partidor de ranura lateral

Los primeros dos tipos se denominan partidores de escurrimiento crítico, estos son los más comúnmente usados en el país.

3.2.3 Compuertas tradicionales

Las compuertas son equipos hidromecánicos utilizados para el control del flujo del agua y mantenimiento en los diferentes proyectos de ingeniería, tales como presas, canales y proyectos de riego.

Los tipos de compuerta empleadas en los canales de regadío son las radiales y planas deslizantes (de una o doble hoja).

Las compuertas Radiales o Taintor son compuertas pivotantes que se utilizan, principalmente, en los aliviaderos y tomas de las presas y en canales abiertos. La imagen 3.2 es un ejemplo de compuerta radial.



Las compuertas Taintor empleadas en los aliviaderos permiten elevar la cota del agua

Imagen 3.2 Vista desde aguas abajo hacia compuertas de admisión. Canal Común.

embalsada y realizar grandes evacuaciones o regular dicha cota. En el caso de tomas, las compuertas Taintor son principalmente un elemento regulador. Las compuertas Taintor empleadas en canales abiertos se suelen emplear como elemento regulador para aportar un caudal determinado de agua o para mantener, aguas arriba o aguas abajo, una determinada cota en el canal. La ventaja principal de este tipo de compuertas es que la fuerza para operarlas es pequeña y facilita su operación ya sea manual o automática; lo que las hace muy versátiles (S.L., s.f.).

Las compuertas deslizantes son equipos hidromecánicos que se emplean para regular el nivel de aguas o para cerrar el paso del agua en canales. Al girar el vástago del mecanismo de maniobras la placa de cierre de la compuerta sube o baja, modificando la sección de paso del canal. En la imagen 3.3 se observa una compuerta deslizante.



**Imagen 3.3 Muro vertical y compuerta de hoja.
Canal El Manzano.**

Su empleo está recomendado para cargas de agua que generen esfuerzos hidrostáticos moderados ya que mayores esfuerzos requerirían el empleo de compuertas vagón. (S.L., s.f.)

Para un canal de diseño clásico, el control de la distribución del agua se realiza por medio de obras equipadas con compuertas deslizantes.

El control de los niveles tiene como objetivo el mantener la alimentación de la toma, que asimismo estarán equipadas con compuertas deslizantes.

Las aplicaciones de las compuertas en el riego suelen ser:

- Control de flujo de agua: Mantener el caudal entrante deseado
- Control de inundaciones: Con la abertura de compuertas de descarga y cierre de compuertas de admisión.

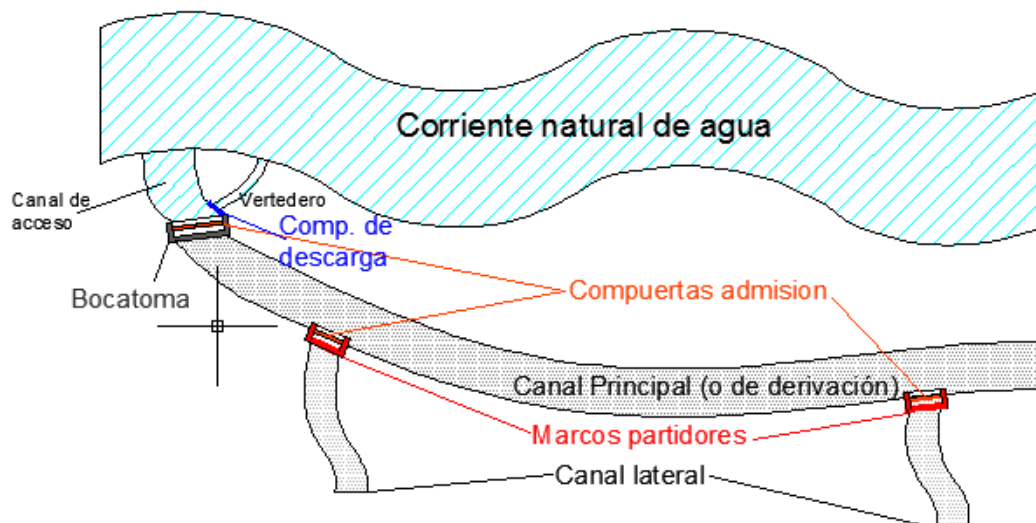


Imagen 3.4 Dibujo esquemático de obras de arte para distribución de agua

El esquema de la imagen 3.4 señala la ubicación de las obras de artes para la distribución de aguas desde la corriente natural de agua (río o estero) hasta los canales laterales (o secundarios).

3.3 Obras civiles asociadas

3.3.1 Obra civil telemetría

Debido a la existencia de equipos electrónicos y baterías, se construye una caseta o gabinete de concreto o albañilería con puerta metálica y cerradura. El gabinete debe estar embebido sobre un radier de concreto para evitar inundaciones, el cual se rodea con cerco perimetral, y para seguridad puntas metálicas dentadas en la parte superior como en la imagen 3.5 y cerrojo con candado, terminación pintado con anticorrosivo y esmalte. En el radier se embeben los tubos de conducción eléctrica para unir este elemento con los demás.



Imagen 3.5 Cerco perimetral y caseta de Canal Unidos

Las dimensiones interiores mínimas para el

gabinete son de 70x40 de base y 70 cm de altura y para el radier es de 50x100x20 cm.

Para fijar el mástil para la placa solar se debe construir un dado de concreto de 100x100x100 cm (ancho x ancho x profundo) mínimo en el que se embeberán las esperas de acero que posteriormente servirán para la sujeción del mástil (RiegoSalz, 2013). También existe la opción de hincar el mástil, manteniendo la altura mínima de 6 metros sobre el suelo.

Las imágenes 3.6 y 3.7 corresponden a la planta y perfil respectivamente del plano del proyecto de automatización de compuertas del Canal San José de lo Toro.

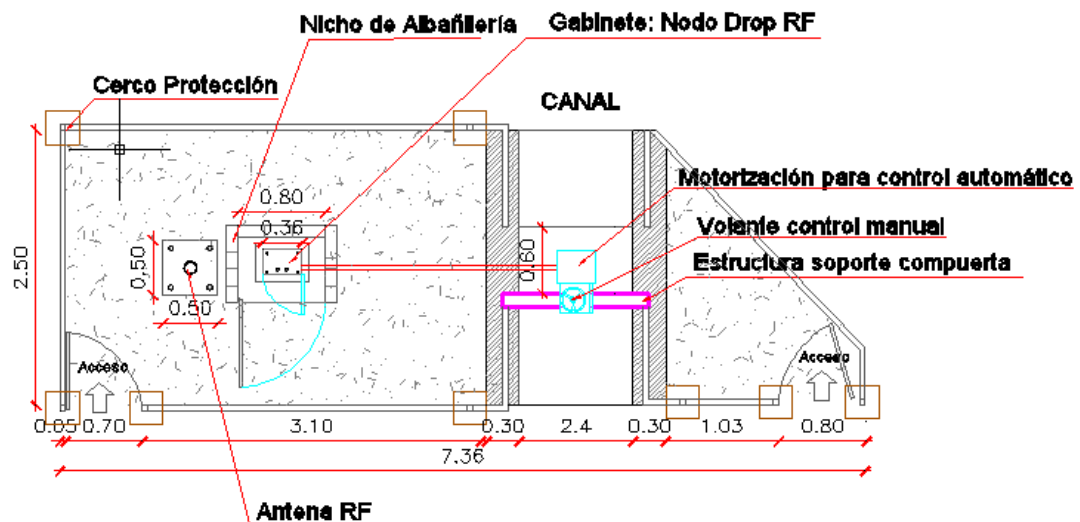


Imagen 3.6 Planta obra civil para telemetría de Canal San José de lo Toro (GEOSYS, 2013)

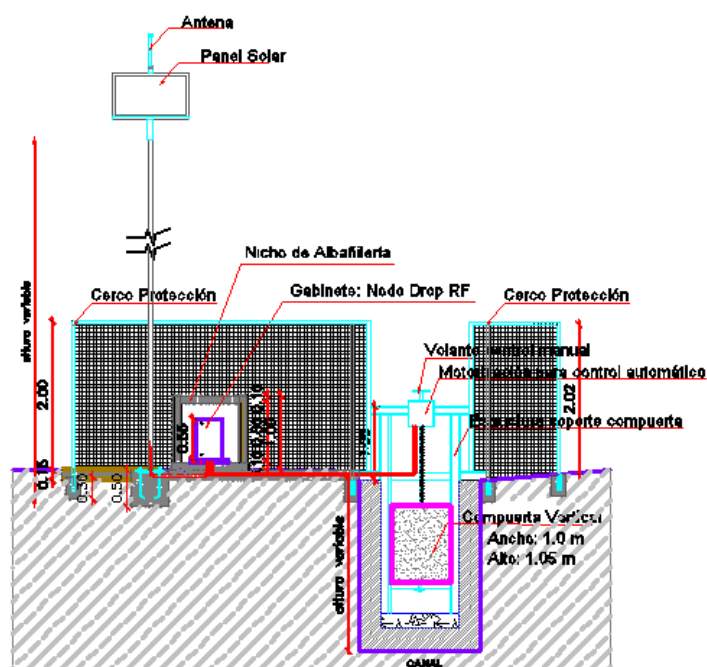
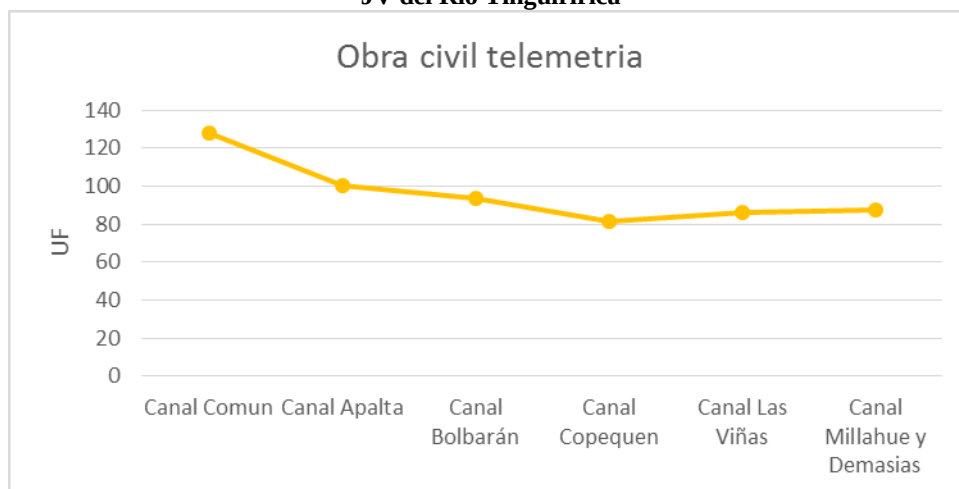


Imagen 3.7 Perfil obra civil para telemetría de Canal San José de lo Toro (GEOSYS, 2013)

Puesto a que se trata de una obra tipo, en la cual no existe mayor variación en las dimensiones y materiales, los costos no tienen una alta desviación frente al promedio de 97 UF como se muestra en el gráfico 3.1.

Gráfico 3.1 Gráfico de costos de obras civiles de protección de distintos canales pertenecientes a la JV del Río Tinguiririca



3.3.2 Obra civil aforador

Para poder implementar la automatización de compuertas, se requiere contar con un aforador, aguas abajo de la compuerta, con el cual se puede conocer el caudal entrante al canal, y tener un registro de caudales durante la temporada de riego, y/o se puede contar con un pozo de calma (o amortiguador), con el cual se puede medir la carga en agua tranquila, ya que en él se reducen los efectos de las ondas o remolinos que pueden estar presentes en el canal. Esta estructura debiese contar con un sistema de medición electrónico asociado a un punto de control telemétrico, el cual está ligado a la automatización de las compuertas de admisión.

Existen diversos tipos de aforadores, pero usualmente se usan los aforadores de garganta larga o de vertedero de cresta ancha, usados en la medida del flujo de agua en los canales abiertos.

Los aforadores de garganta larga son estructuras de sencilla geometría, de amplio campo de aplicación, de buen funcionamiento hidráulico, que provocan pocas pérdidas de energía y que pueden ser calibradas con gran precisión analíticamente. Se les puede adicionar con facilidad un totalizador electrónico de volumen (MARTINEZ AUSTRIA & CASTILLO GONZALEZ, 1992) .Cuenta con la ventaja de la factibilidad de su calibración analítica, por lo que no requiere de calibración en laboratorio o in situ, lo cual brinda también la posibilidad de hacer correcciones posteriores a la construcción de la estructura, lo que es útil en caso de sufrir alguna modificación al ser instalado.

La estructura cuenta con un sistema de medición de datos electrónico, a través de una sonda ubicada en un pozo de estabilización (imagen 3.8), la cual transmite los datos vía GPRS a un puesto central en la oficina de la asociación de regantes. Este punto de control telemétrico está ligado a la automatización de las compuertas de admisión y se le conoce como el puesto central.

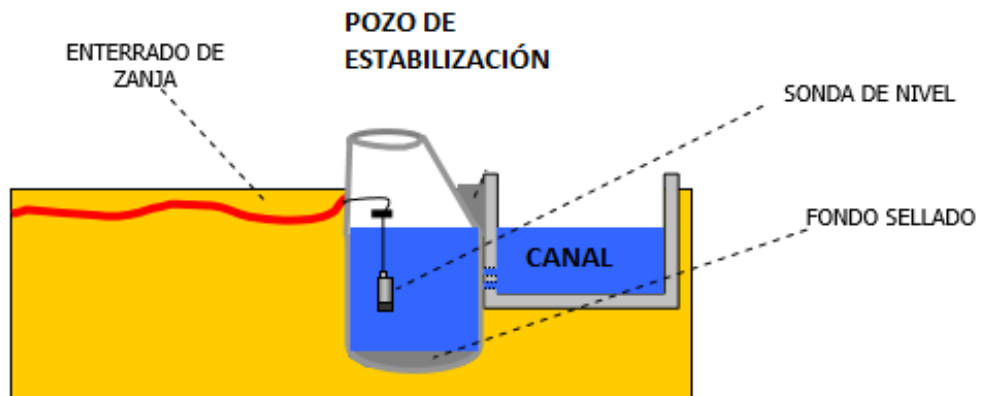


Imagen 3.8 Diagrama pozo de estabilización (RiegoSalz, 2013)

Para el diseño del aforador se utiliza el programa computacional Winflume, el cual es una herramienta para el diseño de aforadores de garganta larga en canales abiertos.

Para ello se requiere el caudal de diseño, el cual se obtiene a través de la cantidad de acciones de agua, la capacidad que tiene el canal aguas arriba y la superficie bajo riego aguas abajo del sector a del canal a revestir. Por otro parte, están los criterios hidráulicos requeridos que son el coeficiente de rugosidad del material empleado para el revestimiento de la sección, el talud que dependerá de la geometría del canal (rectangular o trapezoidal), la revancha (para altura de muro menor a 1,34 metro la revancha mínima es de 20 cm. Y para alturas mayores es de 15 cm multiplicado por la altura de muro), propiedades del terreno y parámetros estructurales (Brard, 2015).

Se suele optar por los aforadores de garganta larga por ser adaptables a una variedad de canales naturales o artificiales, por construir o existentes. El caudal medido en estos dispositivos puede ser analizado y calibrado por computadora, eliminando la necesidad de la calibración en laboratorios para cada aforador diferente según su configuración. Los componentes estructurales básicos de medida del flujo de garganta larga y vertedero de cresta ancha son (Wahl, 2001):

- Canal de acceso: es necesario para el desarrollo de las condiciones del flujo uniforme simétrico y el establecimiento de una superficie de agua estable cuya elevación puede ser determinada con precisión en el canal de acceso a

través de la regla linométrica. Pese a que la medida de esta regla puede hacerse directamente en el canal, se construye un pozo de amortiguación conectado a la estructura para evitar la influencia de las ondas de agua.

- Transición convergente: presenta superficies planas o curvas en cambios de dirección. En ella la entrada del flujo subcrítico² se acerca moderada y suavemente hacia la garganta con ninguna discontinuidad o separación del flujo.
- Sección de control (garganta): en ella el flujo pasa a condiciones de flujo crítico³.
- Transición divergente optativa: en que la velocidad del flujo supercrítico⁴ de la garganta puede ser reducida, originando una disipación de energía. Cuando hay recuperación de energía, no se necesita esta sección debiendo ser necesario construir una abrupta caída.
- Canal de cola (canal agua abajo o después del aforador): después del aforador se comporta de acuerdo a su diseño original. El rango del nivel de agua en esta sección inmediatamente después de la estructura es importante en el diseño porque determina la elevación y el tamaño de la sección de control que se necesita para mantener las condiciones de flujo crítico en la garganta.

Estos componentes son especificados en el diagrama de la imagen 3.9.

² Aquel flujo en el que se tienen velocidades y pendientes bajas, y con profundidades mayores.

³ Es un estado intermedio y cambiante entre los otros dos tipos de flujo. Es inestable.

⁴ Aquel flujo en el que se tienen velocidades y pendientes altas, pero con profundidades de la lámina del agua son mayores que las que se presentan en el flujo subcrítico.

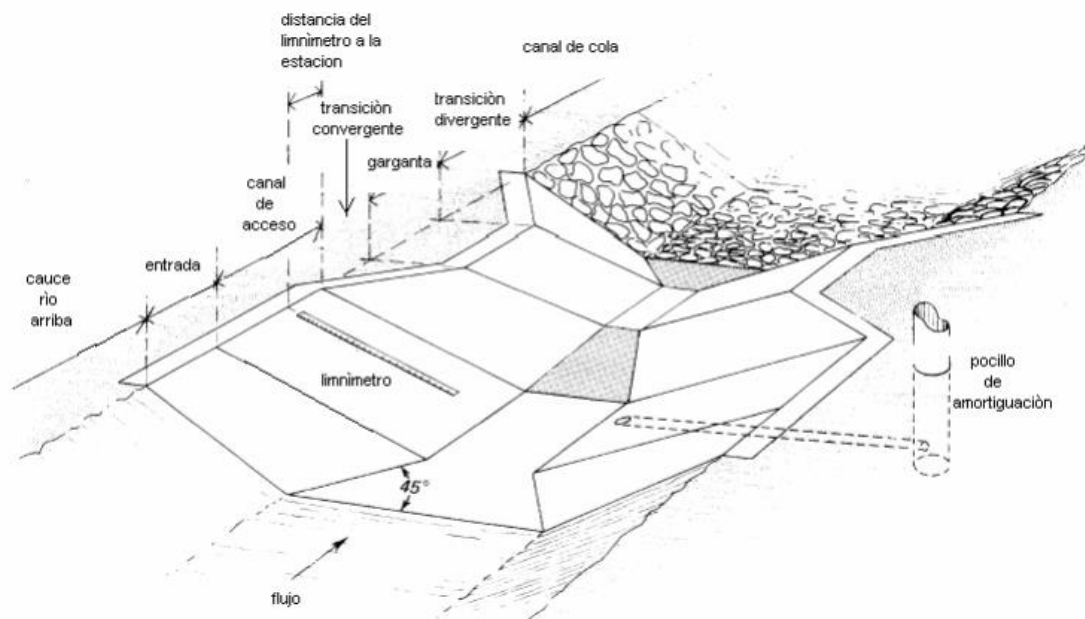


Imagen 3.9 Diagrama Aforador de garganta larga (Wahl, 2001)

El aforador debe estar ubicado lo suficientemente lejos de cualquier estructura que descargue el agua muy turbulenta (por ejemplo las caídas, compuertas, saltos hidráulicos) aguas arriba de él, para permitir la medida exacta del nivel de agua canal arriba del aforador diseñado. Se busca un sector lo más recto posible y lejos de la influencia de otras obras de arte.

La construcción del aforador se realiza de acuerdo a las especificaciones técnicas generales y especiales.

Cuando se requiere de un **pozo de calma(o estabilización)**, se debe descubrir el lateral exterior del canal para el posterior taladrado y realizar un pozo junto a ella donde posteriormente se construirá la cámara de hormigón armado, tubos de HDPE de doble pared o anillos de hormigón del pozo. La profundidad de éste debe de ser de al menos 50cm por debajo de la solera del canal (para que sirva de arenero y no se colmate con mucha frecuencia). El diámetro de la excavación puede variar de 800 a 2000mm dependiendo del tamaño del canal a medir.

Para la medida correcta del nivel de agua es preciso que el pozo se encuentre comunicado hidráulicamente con el canal. El tamaño del pozo y de las conducciones que lo

comunican con el canal debe dimensionarse de acuerdo al tamaño del canal a medir. El diámetro de los pozos suele variar entre 60cm para acequias muy pequeñas hasta más de 1m para canales mayores. Para comunicar el pozo con el canal deben realizarse dos conducciones en vertical de 50 a 200mm de diámetro, acorde con el tamaño del pozo. Las dimensiones y características se indican en las especificaciones técnicas especiales (Muñoz, 2014)

Los pozos de calma también pueden construirse con hormigón prefabricado, los cuales tienen forma redonda como el de la imagen 3.10, y los de hormigón armado suelen ser cuadrados como el de la imagen 3.11.

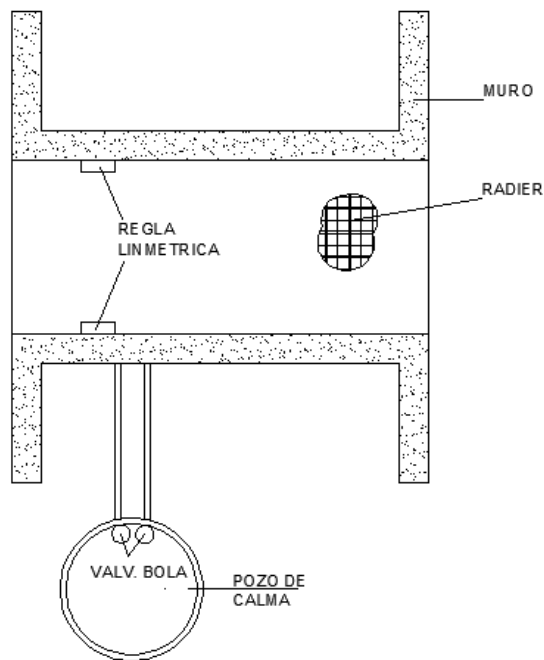


Imagen 3.10 Planta de aforador tipo



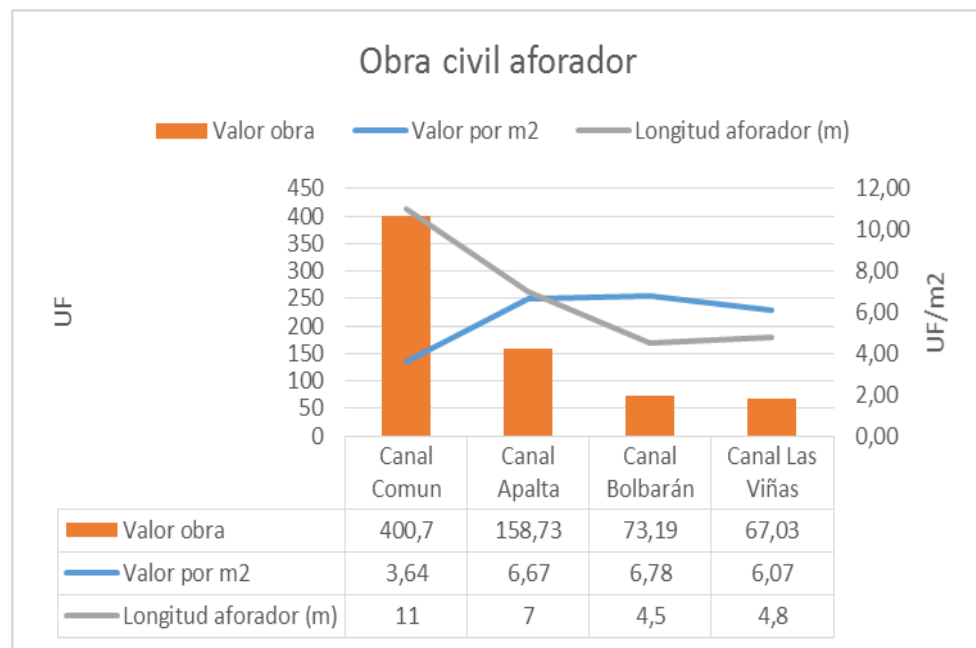
Imagen 3.11 Pozo de estabilización de hormigón armado de Canal Unidos

En cuanto a los costos, estos dependen del tipo de terreno a excavar, habilitación de acceso a la obra, descepcion y roce, y principalmente, en las dimensiones del aforador. Como se muestra en la tabla 1, existe un precio a escala en cuanto a la construcción de los aforadores, puesto a que los gastos generales son proporcionalmente mayores en proyectos más pequeños, lo cual se visibiliza con mayor claridad en el gráfico 3.2.

Tabla 3.1 Costos y dimensiones de la realización de aforador de distintos canales pertenecientes a la JV del Río Tinguiririca

Obra civil aforador \ Canal	Canal Comun	Canal Apalta	Canal Bolbarán	Canal Las Viñas	Promedio por compuerta UF	Promedio por compuerta \$
Costo	400,7	158,73	73,19	67,03	174,9125	\$ 4.596.132
Longitud Aforador [m]	11	7	4,5	4,8		
Ancho revestimiento[m]	10	3,4	2,4	2,3		
Area[m2]	110	23,8	10,8	11,04	38,91	
UF/M2	3,64	6,67	6,78	6,07	5,79	\$ 152.145

Gráfico 3.2 Gráfico de costos de aforadores de distintos canales pertenecientes a la JV del Río Tinguiririca



3.4 Procedimiento actual

La construcción, mantenimiento ,reparación de canales y sus obras de arte asociadas es realizada por privados, tal como señala don Patricio Crespo, presidente de la Sociedad Nacional de Agricultura (SNA) , “es el sector privado quien ha realizado más del 80% de la inversión en infraestructura de regadío del país (bocatoma en los cauces, canales y desagües, miles de marcos partidores, entre otras obras), ejecuta el mantenimiento y limpieza periódica de toda esta infraestructura, y vela por la distribución de los derechos de aprovechamiento de agua” (Cruz, 2014), “ los agricultores han construido y mantenido operativos más de 300 mil kilómetros lineales de canales, cuya administración cuesta anualmente al sector más de US\$ 100 millones, los cuales son pagados a través de contribuciones” (Campo, 2017).

Como bien se mencionó, en cuanto a la administración del recurso quien se encarga de la distribución de los derechos de aprovechamiento de agua de los cauces son las juntas de vigilancia en los cauces naturales, y en los canales derivados las OUA's.

El directorio de las juntas de vigilancias, las asociaciones de canalistas y las comunidades de agua contratan un repartidor de agua, quien debe cumplir los acuerdos del directorio sobre distribución de aguas, turnos y rateos, y velar porque el agua no sea sustraída o usada por quienes carezcan de derechos, entre otras funciones. Este designa a un celador o más, quien está encargado de inspeccionar los caudales, conocer su estado de mantención, cerrar o abrir las compuertas tradicionales cuando se requiera para entregar y controlar el agua de acuerdo a derecho.

Las OUA's suelen participar en concursos públicos realizados por la Comisión Nacional de Riego, organismo del Estado, que bonifica proyectos de obras de riego y drenaje. La sección del Anexo A. Legislación Vigente trata sobre las leyes y normas que regulan la administración del agua, y la sección B. Creación de Proyectos se mencionan las condiciones para postular a estos concursos.

El proceso para la ejecución de un proyecto de automatización de compuertas requiere de la intervención de distintos actores. La relación de estos se expone en el organigrama de la imagen 3.12.

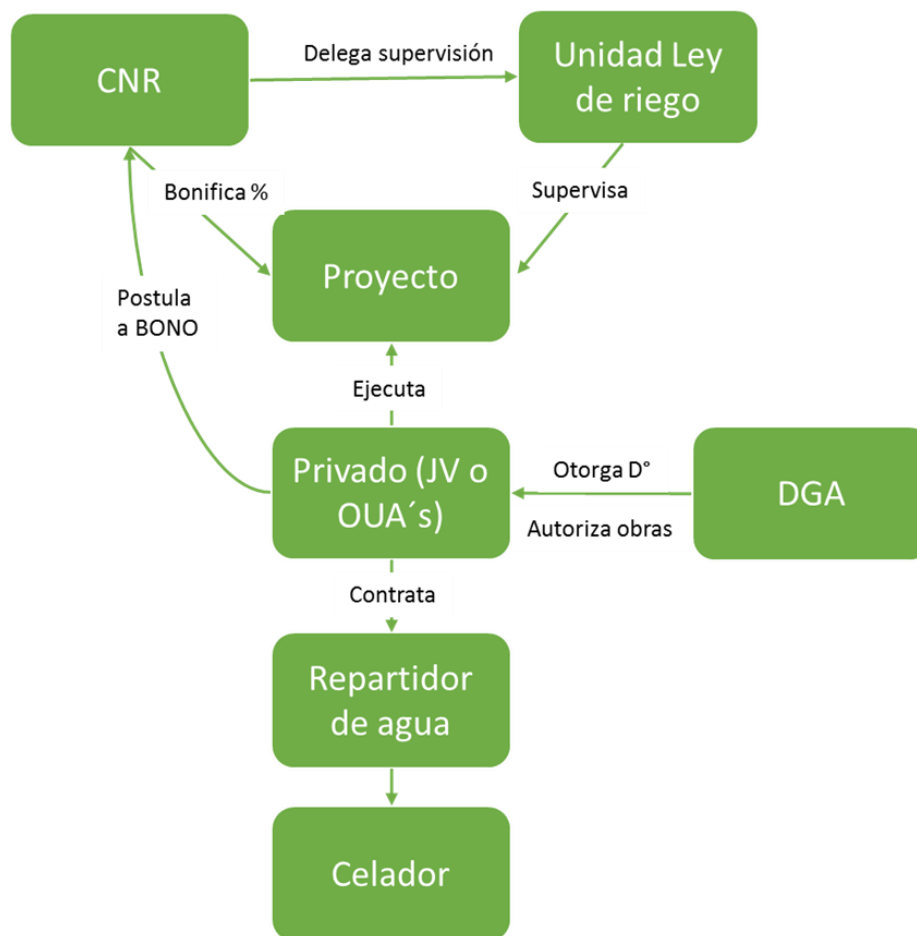


Imagen 3.12 Organigrama de la relación entre los involucrados en el proceso del proyecto de automatización de compuertas

En la sexta región, recientemente se ha comenzado a experimentar la escasez del recurso hídrico, lo que ha obligado a las OUA organizarse para implementar tecnologías con el fin de ahorrar agua. Debido a los costos de inversión inicial, se ha implementado la automatización de compuertas principalmente en bocatomas y también en marcos partidores.

El objetivo de la regulación del agua a través del uso de compuertas motorizadas es el de contribuir al mejoramiento de la eficiencia de la red, es decir, entregar en el transcurso de cada periodo de tiempo, el volumen de agua necesario conforme a los derechos de cada usuario y con el mínimo posible de pérdidas de agua por sobre consumo y/o derrames en los vertedores de seguridad. (Perez & Molina, 2011)

4. Automatización de compuertas

4.1 Funcionamiento⁵

El repartidor de agua determina el nivel a mantener en la sección de aforo, el cual corresponde a un caudal según la curva de aforo proporcionada. Cuando el sistema detecta un nivel inferior al determinado, induce la apertura de la compuerta de manera proporcional al desfase entre el nivel determinado y el valor medido en el aforo. Si el caudal es superior, de la misma manera habrá un cierre de compuerta.

La comunicación entre el punto de control y el usuario se establece a través de dos sistemas:

- Control directo a cada punto mediante telefonía móvil (GSM-Voz y GSM-SMS).
- Comunicación a tiempo real con un Puesto Central de control (ubicado en las oficinas del cliente) a través de GPRS.

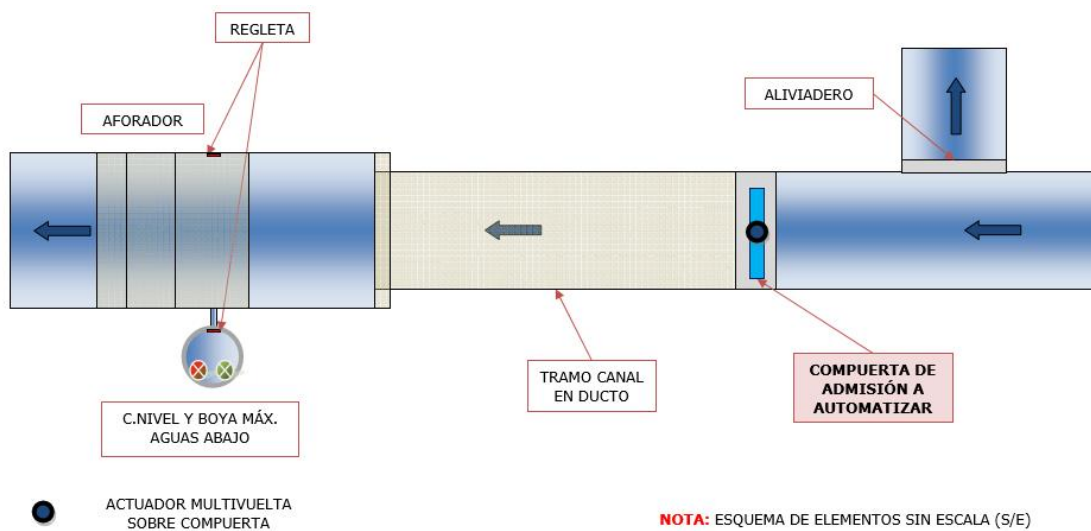


Imagen 4.1 Esquema general de regulación

⁵ El sistema mencionado es el de la empresa Riegosalz, puesto que es el más completo de las empresas consultadas.

4.2 Principales componentes del sistema (Riegosalz, 2014)

El diagrama de la imagen 4.4 contiene los componentes principales del sistema de automatización de compuertas.

- Sistema de alimentación fotovoltaica
 - Placa solar: Dispositivo que capta la energía de la radiación solar.
 - Regulador de carga: equipo que controla el voltaje y la corriente de un panel solar entregado al banco de baterías
 - 2 Baterías: Aparato electromagnético de Plomo Acido capaz de acumular energía eléctrica y suministrarla
 - Mástil: Debe tener al menos 6 metros de altura y en él se instala el panel solar para evitar vandalismo. Se instala sobre radier de concreto
- Equipo de control (imagen 4.2 y 4.3): El sistema de control está formado por un equipo electrónico de control de compuertas y con comunicación GSM-GPRS. El equipo de control se ubica en un armario metálico de mando local con todos los elementos necesarios para el comando de la compuerta de forma manual o automática.

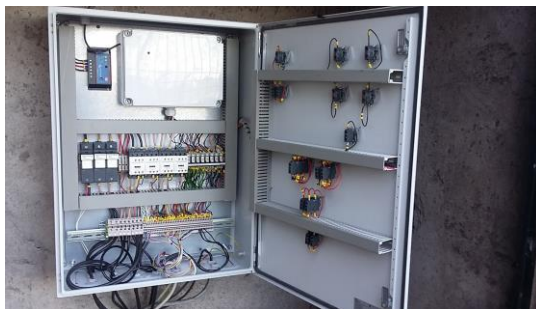


Imagen 4.2 Sistema electrónico de equipo de control de Canal Unidos



Imagen 4.3 Equipo de control mando local

- Motorización y mecanización
 - Actuador eléctrico: se instala en la compuerta y ejecuta el movimiento de esta a través de un motor eléctrico tensión 24V DC.
- Medidor de nivel
 - Sonda de nivel piezorresistiva: Punto de medición de nivel en el pozo de calma
 - Sensor de nivel máximo: Es un sensor digital de forma esférica flotante que controla el nivel máximo del agua. Toma del medio la información y la convierten en señales eléctricas.
 - Reglas linimétricas: Es una regleta con marcas centimétricas ubicada en la pared del canal y dentro del pozo. Con ella se realiza el ajuste de la medición de nivel.

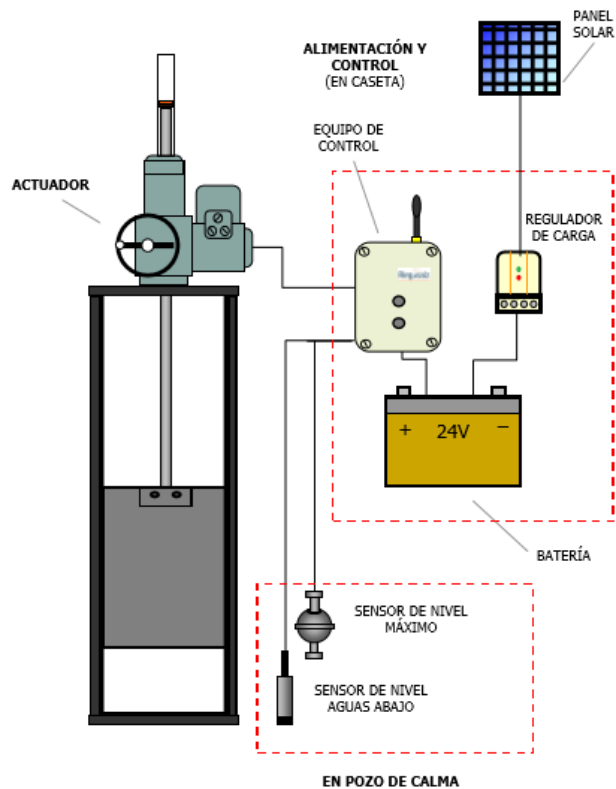


Imagen 4.4 Componentes principales

4.3 Operación del sistema

La automatización se realiza mediante un equipo electrónico que controla cada una de las variables a observar en el punto (nivel de agua, posición de la compuerta, estado de batería, etc.) y ejecuta las órdenes de regulación que el usuario le indique.

La transmisión de órdenes se puede realizar a través de telefonía celular o desde el Puesto Central de control:

- Telefonía celular (GSM-Voz y GSM-SMS) para un control directo entre el punto de control y los encargados de la instalación. El operario transmite las órdenes mediante una serie de mensajes SMS codificados con una contraseña (órdenes directas, consulta de estado, comunicación de alarmas).
- Puesto Central de Control. Comunicación a tiempo real con el Puesto Central de la Junta de Vigilancia. Sistema alternativo que mediante GPRS mantiene comunicación continua con el puesto central (programación de órdenes, configuración, gestión de históricos, etc.). El operario introduce las órdenes a través de un formulario completo de control de la compuerta, como se muestra en la imagen



Imagen 4.5 Vista del cliente del nivel de compuerta

4.5, en una aplicación SCADA⁶ propiedad del cliente e instalada en un computador de su propiedad.

El conjunto de control automático se completa con sistemas electromecánicos y manuales de emergencia para que, en caso de error humano, fallo electrónico o eléctrico, éstos actúen de forma pre-configurada para llevar el canal a una situación de seguridad.

La imagen 4.6 esquematiza la transmisión de órdenes de los usuarios hacia los equipos (Riegosalz, 2014).

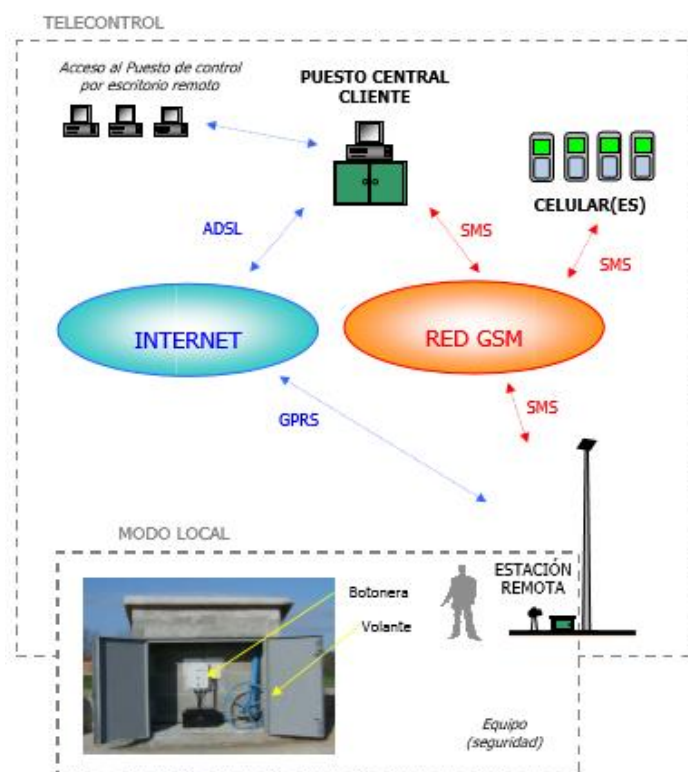


Imagen 4.6 Esquema de comunicaciones entre los puntos de control y dispositivos

La empresa WiseConn cuenta con la página “WiseFlow”, a través de la cual los clientes acceden para ver los caudales instantáneos e históricos. No obstante, para realizar movimiento en las compuertas, se debe llamar a la empresa para que ellos las muevan.

⁶ Acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia.

4.4 Empresas proveedoras

Las empresas dedicadas a la automatización de compuertas en el país son:

- Riegosalz: Actualmente, la empresa cuenta con aproximadamente 60 puntos automatizados distribuidos entre la 4ta región y la 8va región.

Su producto consiste en motorizar la compuerta e integrar en un lazo de control lo que es nivel del canal y compuerta. Por esto, más que definir un tipo de automatización usan un tipo de regulación del tipo PID⁷, que en modo automático hace la regulación sobre el valor de altura del canal. En un modo semiautomático el operador puede darle movimiento a las compuertas para aumentar o disminuir el nivel el canal desde una botonera en el equipo de control y en modo manual se realiza directamente en la compuerta desde un volante que se coloca en el actuador.

Ellos no requieren aforador, pues el cliente es quien decide que aforador usar, ya sea tipo barrera o tipo parshall. Lo que entregan al cliente es precisión en la lectura del nivel del canal ubicando en el lugar adecuado el pozo de calma, el cual debe estar lo más cercano al aforador que entregara una lectura más exacta. En caso de no poder ubicarlo cuentan con una sonda adosada al canal o un sensor por ultrasonidos.

- WiseConn (CHILE, 2014) es una empresa chilena enfocada en el desarrollo y venta de sistemas de telemetría para gestionar recursos tan importantes como el agua y la energía.

- Rubicon: Es una empresa australiana que ha implementado en la Provincia de Elqui en la Región de Coquimbo, compuertas radiales automatizadas.

- Xplora (XPLOTA Tecnología Avanzada, s.f.) Es una empresa chilena de telecomunicaciones especialistas en el desarrollo de proyectos de Telemetría, Telecontrol y Agricultura de Precisión, orientada al sector agrícola y de aguas ofreciendo soluciones de monitoreo y control en tiempo real, brindando respuestas personalizadas de acuerdo a las necesidades de cada cliente. Además poseen su propio software.

⁷ Un controlador PID es un mecanismo de control por realimentación ampliamente usado en sistemas de control industrial. Este calcula la desviación o error entre un valor medido y un valor deseado. El algoritmo del control PID consiste de tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo.

5. Situación en la VI región

Actualmente, en la región de O'Higgins existen 10 juntas de vigilancias y 121 organizaciones de usuarios de aguas, las cuales son las encargadas de la administración del recurso hídrico de los canales principales o matrices.

Tabla 5.1 N° organizaciones de regantes según la Federación de JV de ríos y esteros de la VI región (al 1 de septiembre del 2016)

JUNTA DE VIGILANCIA	OUA	CANALES MATRICES	CANTIDAD COMPUERTAS MOTORIZADAS
RÍO CACHAPOAL 1ª SECCIÓN	10	24	0
CACHAPOAL 2ª SECCIÓN	24	25	0
RÍO CACHAPOAL 3ª SECCIÓN	6	13	1° proyecto en estudio
RÍO CLARO DE RENGO 1ª SECCIÓN	20	24	1° proyecto en desarrollo
RÍO TINGUIRIRICA 1ª SECCIÓN	29	63	4
RÍO PEUCO	3	7	1° proyecto en estudio
ESTERO CHIMBARONGO	10	21	14
ESTERO ZAMORANO	8	8	0
ESTERO PUQUILLAY	11	12	0
ESTERO CODEGUA	1	2	0
TOTAL	122	100	18

En cuanto a la implementación de nuevas tecnologías, la Junta de Vigilancia del Estero Chimbarongo administra y distribuye aguas entre 21 canales, agrupados en 15 bocatomas, de las cuales 9 cuentan con motorización. Con ello, cuentan con el 92% de los caudales efectivamente distribuidos sometidos a regulación permanente a través de la operación remota de esas compuertas. Además, la Junta cuenta con “una moderna red de monitoreo de caudales para cada una de las bocatomas del Estero. Esta tecnología permite el monitoreo instantáneo de caudales y la administración remota de sus compuertas, optimizando la gestión de la Junta y asegurando la correcta entrega de caudales a los canales de riego (Junta de Vigilancia Estero Chimbarongo, s.f.).”

Doña Graciela Correa R., Gerente del Estero Chimbarongo comenta la experiencia como Junta de vigilancia *“La experiencia ha sido muy buena debido a que junto con tener motorizadas las compuertas de admisión de los canales, tenemos todos los canales con sistemas de telemetría en línea, lo que nos mantiene constantemente informados de los*

caudales disponibles, las variaciones horarias, las panas que pudiera haber en las compuertas, y un estricto control de la operación de las bocatomas que permiten cumplir eficientemente con la distribución prolija de las aguas de acuerdo a los derechos de aprovechamiento de aguas que deben ser entregados en cada canal, lo que debe efectuarse por medio de prorratar el caudal disponible en el total de acciones que reparte el estero, entregando a cada uno de los caudales que le corresponden.” Sin embargo, la implementación de las compuertas automatizadas ha presentado obstáculos, debido al vandalismo y robo “que se ha vuelto común en todo el país y que obliga a ingeniárselas con medidas de protección y resguardo, haciendo más cara aún la inversión en este tipo de tecnologías. Otro problema, en sectores puntuales, es que las bocatomas y sectores de compuertas se encuentran habitualmente en los lechos de los cauces (facilitando el robo por ser sectores abiertos) y eso dificulta el acceso a señal adecuada de telefonía para la transmisión de datos y la conversación continua de los equipos.”

No obstante, pese a los obstáculos, el balance final realizado por la gerente de la Junta es positivo, puesto que *“en general, los software son adecuados y los proveedores rápidamente responden a las demandas particulares de los clientes en el desarrollo de formas amigables de información.*

Un problema es que todavía esta tecnología es cara, lo que no ha permitido su masificación, siendo una herramienta de gestión muy útil porque permite un adecuado control y transparencia y porque permite destinar horas hombre que antes se dedicaban a recorrer y regular compuertas a actividades complementarias a esa función.”

La Junta de Vigilancia Río Tinguiririca también ha realizado proyectos cofinanciados por la CNR, con lo cual ya *“dispone de aforadores con telemetría en 20 canales matrices, [...]. Complementariamente, y como proyecto piloto, se instalaron compuertas motorizadas en los canales La Orilla y Unidos, a fin de evaluar el funcionamiento, operatividad y soporte de dos empresas proveedoras, con miras a implementar el sistema de telemetría de caudales y automatización de compuertas en el 100% de los canales matrices en breve plazo. (Junta de vigilancia Río Tinguiririca, s.f.)”*

Don Miguel Guzmán es el Gerente de la Junta de Vigilancia del Río Tinguiririca, realiza una evaluación positiva al sistema. *“Aquí hay dos elementos, el hecho que la lectura*

de aforo se mida constantemente y en cualquier momento lo pueda leer yo o los canalistas”- señala- “lo que permite las compuertas es actuar rápidamente ante cambios de caudal donde haya que hacer ajustes. [...] el río cambia minuto a minuto el caudal. Nosotros lo que hacemos acá, es en función de los caudales que nos leen los aforadores que están arriba, determinar cuánto caudal disponemos, y ese caudal lo distribuimos en las 23.305 acciones que tenemos, entonces de acuerdo a las acciones, el caudal total se reparte a los canales.”

A lo largo del río, la Junta cuenta con 41 bocatomas distribuidas en más de 70 kms. a ambos lados del río, donde hay pocos puentes en donde se pueda cruzar. Don Miguel comenta el trabajo que implica mover compuertas tradicionales- *“Todo ese trabajo demoraba antiguamente cuando habían bajas abruptas, 2 a 3 días, porque, una cosa es mover la compuerta, pero después hay que ir a ver al aforador que este bien lo que está ingresando, se te paso la mano, hay que volver a subir. [...] la automatización nos permite comenzar a regularizar, sobre todo en los primeros canales, donde si me demoro mucho en bajarle el caudal, voy a perjudicar a los de abajo. Entonces, este sistema automatizado me permite tener una rápida respuesta de cambio del caudal, tanto por crecida como por bajas de caudal.”*

La Junta de Vigilancia de la 3ª sección del Río Cachapoal ha comenzado el estudio de proyecto para la primera automatización de compuertas debido a los buenos resultados que han tenido las JV que ya lo han implementado, y pese a que no es una inversión rentable de manera monetaria, los beneficios son intangibles, siendo el mayor de ellos el *“repartir de acuerdo a derecho de manera oportuna”*, como lo ve la gerente de esta Junta, doña Loreto Cabrera.

6. Metodología

Se basa en la investigación del sistema de automatización con telemetría para la administración de canales de regadío localizados en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, y de las obras civiles asociadas a dichas automatizaciones en el último tiempo.

Estudiar proyectos postulados a los concursos de la CNR de la sexta región y conocer los métodos constructivos de las obras asociadas, como ejemplos de caso de estudio sobre el funcionamiento de un canal con compuertas tradicionales, que se presentaron a concurso, salieron bonificados y que ahora tiene compuerta(s) automatizada en el canal.

Finalmente se encuesta y/o entrevista a gerentes o administradores de Juntas de vigilancia y asociaciones de canalistas con el fin de conocer beneficios y desventajas de los sistemas automatizados que administran.

6.1 Caso de estudio

6.1.1 Canal Las Viñas

Proyecto: Obra de instalación de un sistema automatizado de compuerta en el canal. El proyecto presentado por la Junta de Vigilancia contempla los derechos o acciones de agua correspondientes al canal Las Viñas, el que cuenta con 50 Acciones.

Ubicación: Canal La Viña, perteneciente a la Junta de Vigilancia de la Primera Sección del Río Tinguiririca, en la comuna de Nancagua, provincia de Colchagua, Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Este: 301.983 / Norte: 6.165.343 (coordenadas UTM WG S84) donde actualmente existe una sección de aforo ahogada, la cual se rediseña para un correcto funcionamiento, aproximadamente a 100 m aguas abajo de la compuerta.



Imagen 6.1 Área de Proyecto (sector admisión y sector aforador) (Brard, Modernización de Obras de Admisión y Control Canales Las Viñas y Millahue y Demasías, 2015)

Tabla 6.1 Coordenadas de compuerta de admisión y aforador

Obra Contemplada	Coordenadas UTM (WGS84)	
	Este m.	Norte m
Admisión	301983	6165343
Aforador	301957	6165272

Caudal: Las acciones que portea al canal en el tramo ascienden a 50. Las que se traducen en un caudal de 0,236 m³/s. El caudal contemplado para el diseño de la obra es de aproximadamente 0,3 m³/s.

**Tabla 6.2 Junta de Vigilancia del Rio Tinguiririca Estadísticas de caudales (E.F. Briones + Claro)
(Junta de vigilancia Rio Tinguiririca, s.f.)**

AÑO	CAUDAL MEDIO (m ³ /seg.)							
	E	F	M	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
2010	90,3	63,1	49,2	33,7	50,4	53,2	46,7	44,3
2011	47,3	37,7	26,4	37,2	43,5	56,5	65,2	34,4
2012	52,5	36,7	25,7	37,9	44,8	69,7	69,0	47,3
2013	77,7	51,4	25,9	26,1	33,6	56,3	64,0	34,1
2014	49,8	29,7	20,5	46,8	59,7	76,2	73,2	41,9
2015	65,9	-						
PROMEDIO 1950-2014	88,3	62,0	39,1	50,6	65,5	88,8	102,9	58,6
Déficit temp	25%	52%		8%	9%	14%	29%	
PROMEDIO X ACCIÓN (26.703,5 ACCIONES)	2,47	-		1,75	2,24	2,85	2,74	1,57



**Imagen 6.2 Superficie máxima regable
(información proporcionada por
CIREN)**

La determinación de la superficie máxima regable para efectos de postulación del proyecto a concurso de la Ley 18.450.- requiere superponer esta superficie (imagen 6.2) sobre la clasificación de uso de suelos de la zona. Para tal efecto, la clasificación de uso de suelos se obtiene a partir de la información proporcionada por la plataforma Web IDE-Minagri, la cual contiene la información proporcionada por CIREN. (Ministerio de Agricultura, s.f.)

Tal como se aprecia, la totalidad del área de riego máxima regable se encuentra categorizada entre la clase de suelos I a la IV, lo que equivale a la superficie de 322,5 hectáreas, lo que entrega una tasa de riego de 0,73 L/s/ha.

Compuerta: Tiene una dimensión de 1 m x 1,20 m, con un mecanismo especial de elevación compuesto por placa de acero de fijación, pieza de bronce y placa con hilo interior cuadrado de 7 mm. El vástago o husillo es simple con 50 mm de diámetro, con hilo cuadrado de 7 mm. El marco de la compuerta es de 5 mm de espesor y la hoja de la compuerta de 8 mm de espesor. Además cuenta con volante de acero, con pintura y tratamiento con anticorrosivo.

Costo: El costo asociado a la automatización de esta compuerta corresponde a la suma de \$28.522.707, en el cual no incluye las obras civiles necesarias para la instalación del equipo, ni las obras civiles asociadas. Aparte, se presenta el presupuesto del puesto central del propietario, el cual se realiza solo la primera vez que se instala algún punto con telemetría, el costo de este es de \$4.427.544._

Tabla 6.3 Presupuesto Puesto central del propietario

Puesto central de control		
Subpartidas	U.Sub.part	T.Sub.part
PC	\$ 2.042.058	\$ 2.042.058
Licencias	\$ 465.970	\$ 465.970
Impresora	\$ 196.755	\$ 196.755
Comunicaciones	\$ 321.042	\$ 321.042
Software Riegosalz	\$ 1.119.662	\$ 1.119.662
SAI (Sistema de Alimentación Ininterrumpida)	\$ 282.059	\$ 282.059
	Total Partida	\$ 4.427.544

Tabla 6.4 Presupuesto automatización de Compuertas Canal Las Viñas

Presupuesto Detallado Automatizacion Compuerta Canal Las viñas				
ITEM	Unidad	Cantida	Precio Lista	Total (\$)
Alimentacion Electrica				
Regulador solar de carga 10/15 A	UN.	1	212.533	212.533
Panel solar 24V 190W con soporte orientable para mastil	UN.	1	1.454.015	1.454.015
Bateria 150 Ah	UN.	2	477.012	954.024
Cableado RVK 4x4	ML	15	6.750	101.250
Mastil tubular de 8m de altura 4mm de pared	UN.	1	964.750	964.750
Recursos para levantamiento de mastil e instalacion de elementos	UN.	1	698.000	698.000
			Sub Total	4.384.572
Motorizacion				
Motorizacion 24VDC + Reductor	UN.	1	8.138.714	8.138.714
Cableado RVK 2x16	ML	10	8.536	85.360
Cableado RVK 16x0,5	ML	10	8.790	87.900
Entubado acero M32	ML	10	17.504	175.040
			Sub Total	8.487.014
Sondas Aguas Abajo				
Suministro e instalacion de escala limnimitrica de 1m	UN.	2	150.615	301.230
Sonda de nivel pozo estabilizacion	UN.	1	1.588.256	1.588.256
Boya de desbordamiento colgante	UN.	1	478.188	478.188
Cableado YCY 5x1,5	ML	85	7.835	665.975
			Sub Total	3.033.649
Intrusismo				
Instalacion sensor de intrusismo magnetico/varilla	UN.	1	136.201	136.201
Cableado RVK 2x1,5	ML	2	3.115	6.230
			Sub Total	142.431
Control				
Suministro y puesta en marcha Cabezal C04 12/24 VDC	UN.	1	5.552.253	5.552.253
Latiguillo de antena H-155	ML	15	20.152	302.280
Antena omnidireccional exterior sobre mastil GSM	ML	1	294.446	294.446
Ajuste de regulacion	ML	1	1.772.016	1.772.016
			Sub Total	7.920.995
Sub Total				23.968.661
IVA	%	19		4.554.046
TOTAL				\$ 28.522.707

6.1.2 Canal La Población

Proyecto: Obra de instalación de un sistema automatizado de compuerta en el canal. El proyecto presentado por la Junta de Vigilancia contempla los derechos o acciones de agua correspondientes al canal La Población, el que cuenta con 325 Acciones.

Ubicación: Canal La Población, perteneciente a la Junta de Vigilancia del Estero de Chimbarongo, en la comuna de Santa Cruz, provincia de Colchagua, Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Este: 287.5103 / Norte: 6.162.486 (coordenadas UTM WG S84). La bocatoma se encontraba en buenas condiciones, por lo que no se intervino la obra: Se instala la motorización en las compuertas existentes.



Imagen 6.3 Área de proyecto

Caudal: Las acciones que portea al canal en el tramo ascienden a 325. Las que se traducen en un caudal de 2,6325 m³/s. El caudal contemplado para el diseño de la obra es de aproximadamente 2,851 m³/s.

La totalidad del área de riego máxima regable se encuentra categorizada entre la clase de suelos I a la IV, lo que equivale a la superficie de 1580,49 hectáreas, lo que entrega una tasa de riego de 1,80 L/s/ha.

Compuerta: Se utiliza las compuertas verticales existentes, las cuales tienen un ancho de 1,42m y un alto de 1,5m. La bocatoma cuenta con 2 compuertas a motorizar (2 motores). Además cuenta con volante de acero, con pintura y tratamiento con anticorrosivo como se ve en el detalle en la imagen 6.4

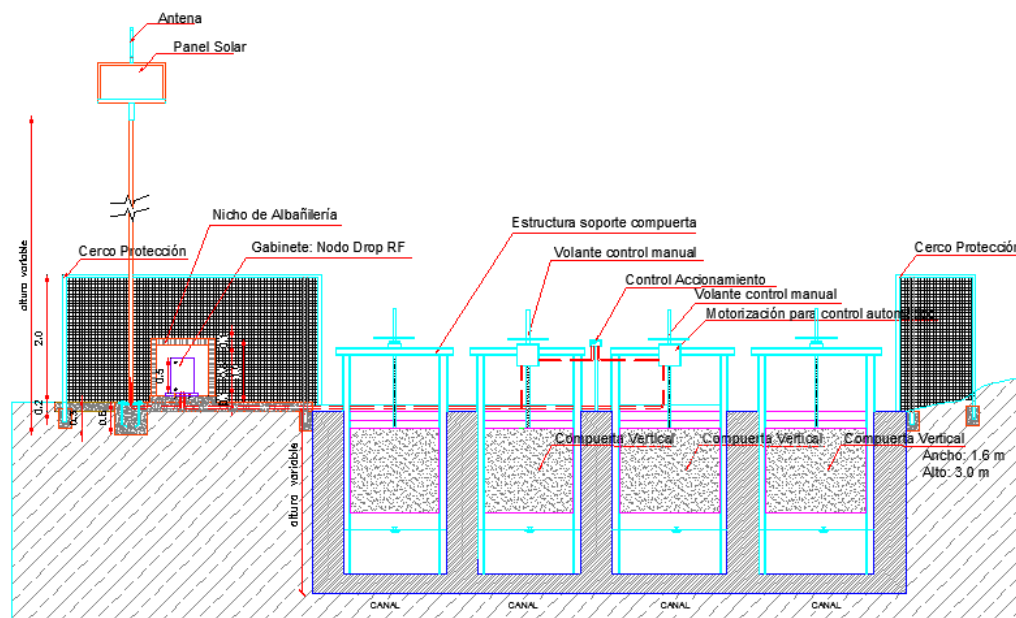


Imagen 6.4 Detalle de instalación compuertas en Canal Población

Costo: El costo asociado a la motorización de ambas compuertas corresponde a la suma de \$18.417.934. El costo total del proyecto es de \$28.258.647._

Tabla 6.5 Detalle de presupuesto (mayo 2013)

CANAL POBLACION	Cantidad	Valor unitario	Valor total \$	Valor total UF
CONSTRUCCION CUBRE MOTOR				
plantas de acero diamantado	1	\$ 73.000	\$ 73.000	3,18
perfil 100x50x3	1	\$ 35.000	\$ 35.000	1,53
perfil 40x40x2	1	\$ 25.000	\$ 25.000	1,09
soldadura (kg)	1	\$ 3.500	\$ 3.500	0,15
pintura anticorrosiva (gl)	0,5	\$ 27.000	\$ 13.500	0,59
Mano de obra	1	\$ 200.000	\$ 200.000	8,72
		SUBTOTAL	\$ 350.000	15,26
EQUIPOS ELECTRONICOS (motor 300WT + nodo)				
nodo dropflow	2	\$ 905.780	\$ 1.811.560	78,99
motorizacion de compuertas 300 WT - en base a restricciones	2	\$ 8.303.187	\$ 16.606.374	724,05
		SUBTOTAL	\$ 18.417.934	803,04
OBRAS CIVILES				
Estructura de montaje sensores- motores	1	\$ 150.638	\$ 150.638	6,57
Estructura de montaje nodo con panel	2	\$ 457.941	\$ 915.882	39,93
		SUBTOTAL	\$ 1.066.520	46,50
INSTALACION				
instalacion y puesta en operación nodo	2	\$ 421.787	\$ 843.574	36,78
instalacion y puesta en operación motorizacion de compuertas	1	\$ 1.024.341	\$ 1.024.341	44,66
otros	0,06	\$ 3.236.681	\$ 190.393	8,30
		SUBTOTAL	\$ 2.058.308	89,74
CERCO PROTECTOR PARA ELEMENTOS DE TELEMETRIA (2X3 M) CON PUERTA				
construccion de losa de h° 2x3x0,15 m	2	\$ 190.000	\$ 380.000	16,57
cerco perimetral 2,2m de alto x 15m de ancho x 3,5m de largo, fabricado con pe	2	\$ 677.000	\$ 1.354.000	59,04
nicho de albañilería para gabinete de nodo de proteccion de elementos electroni	1	\$ 120.000	\$ 120.000	5,23
		SUBTOTAL	\$ 1.854.000	80,84
		NETO	\$ 23.746.762	1035,38127
		IVA	\$ 4.511.885	196,72
		TOTAL	\$ 28.258.647	1.232,10

7. Resultados

En Chile son pocas las organizaciones de aguas que han automatizado alguna o más compuertas en sus canales, siendo las juntas de vigilancias quienes llevan la delantera, mayormente en bocatomas. La construcción de estas se han realizado en el valle central entre la IV y VIII región, como se muestra en la imagen 7.1.



Imagen 7.1 Mapa de Chile con JV y AC con compuertas automatizadas (Noviembre, 2016)

El valor de automatización por compuerta en bocatoma sin contar obras civiles asociadas fluctúa entre los \$20.000.000 y \$30.000.000, el cual varía de acuerdo a las dimensiones de estas.

Tabla 7.1 Costos motorización compuertas de diferentes proyectos de la VI región (Valor UF octubre 2016)

Obra \ Canal	Canal Comun	Canal Apalta	Canal Bolbarán	Canal Copequen	Canal Las Viñas	Canal Millahue y Demasías	Canal Poblacion	Promedio en UF	Promedio en CLP
Automatizacion compuertas	1778,88	1048,82	1076,63	2059,03	945,41	1076,83	908,04	1.270,52	\$33.385.151
Valor por compuerta	889,44	1048,82	1076,63	1029,515	945,41	1076,83	908,04	996,38	\$26.181.736
Obra civil telemetria	128,24	100,59	93,71	81,35	86,22	87,54	127,34	96,28	\$ 2.529.794
Obra civil aforador	400,7	158,73	73,19		67,03			174,91	\$ 4.596.132

De la encuesta realizada a las diversas juntas de vigilancias y asociaciones de canalistas del país, 11 respondieron y el detalle de las encuestas se encuentra en la sección D del Anexo Encuesta a Organizaciones de Usuarios de Agua de Chile.

Un resumen de los resultados obtenidos es el siguiente:

Tipo de Organización de usuarios de agua

Junta de vigilancia 81,82% Asociación de canalistas 18,18%

Región a la que pertenece

Región Metropolitana 18,18% VI O'Higgins 27,27%
 III Atacama 9,09% VII Maule 18,18%
 IV Coquimbo 18,18% VIII Biobío 9,09%

¿Sabía que la CNR bonifica proyectos que incluyen la automatización de compuertas de canales?

Si 100% No 0%

¿Presenta compuertas automatizadas en sus canales ?

Si 64% No 36%

Aunque un 36% de los encuestados presenta compuertas automatizadas, la realidad en el país es que no supera siquiera el 7%, ya que existen más de 70 Juntas de vigilancia y más de 50 asociaciones de canalistas, y solo 8 tienen compuertas motorizadas (AQUATERRA INGENIEROS LTDA., Abril de 2009).

Para aquellos que respondieron que sí a la última pregunta, existe una segunda parte que tiene el fin de conocer su experiencia con esta tecnología. En ella la mayoría señaló que sus compuertas automatizadas se ubican en las bocatoma, y esto se debe a que las juntas de vigilancias son las que realizan mayormente este tipo de inversión, y ellas gestionan las bocatoma.

¿Cuántas compuertas tiene automatizadas?

3,4,14 y 34

Se encuentra(n) instalada(s) en

Bocatomas 75% Marcos partidores 25%

Si es que lleva un registro de reclamos, ¿estos han disminuido?

No llevo ningún registro 60.00% Si han disminuido 40.00%

Cual es el costo de inversión inicial

\$1 - \$2.000.000 \$2.000.001-\$5.000.000 \$5.000.001-\$25.000.000 >\$25.000.000

Puesto central	0.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%
Capacitación trabajadores	75.00%	0.00%	0.00%	25.00%	0.00%
Motorización compuerta	0.00%	0.00%	0.00%	25.00%	75.00%

Costo operativo mensual

Sube 100% Baja 0%

¿Cuál es el costo anual de mantención de canales con compuertas tradicionales?

Se considera bajo

¿Cuál es el costo anual de mantención de canales con compuertas automatizadas?

Aumenta

¿Cuál es su empresa proveedora?

Riegosalz 50.00% WiseConn 50.00% Rubicon 25.00%

¿Recomendaría el uso de esta tecnología?

Si 100% No 0%

¿Seguirá realizando inversiones de este tipo?

Si 100% No 0%

¿Cómo ha sido su experiencia con las compuertas automatizadas?

Positiva

Si bien el costo de inversión es alto, y el de mantención sube aproximadamente 5 veces entre una compuerta tradicional a una automatizada, las OUA's que han incurrido en esta inversión la recomiendan, ya que permite hacer distribución más de una vez al día y tener la total certeza de la distribución al contar con telemetría en línea, lo que vuelve el proceso de repartición más justo y transparente.

Dentro de las ventajas, como destacó el ex ministro Cruzat, "La incorporación de esta innovadora tecnología es realmente útil en la optimización del uso del agua, alcanzando hasta un 15% de ahorro. Por esto y considerando el complejo escenario hídrico actual, el Gobierno está impulsando proyectos de telemetría a través de la Ley de Fomento al Riego. Para este año se han destinado \$1.700 millones para bonificar iniciativas que incorporen el control y medición a distancia" (Ministerio de Agricultura, 2013). En épocas de escasez, un 15% es un volumen esencial.

8. Conclusiones

8.1 Beneficios

La implementación de estas tecnologías, logra satisfacer la necesidad de controlar en tiempo real y a distancia la apertura y cierre de las compuertas de los canales a fin de controlar el caudal que ingresa a ellos, en especial en periodos de restricción hídrica.

Se produce un ahorro de agua cercano al 15%, el cual en tiempo de escasez resulta significativo.

Con la automatización de las compuertas en canales, se puede administrar y controlar el recurso hídrico de manera eficaz y eficiente desde las oficinas, e inclusive desde el propio aparato móvil.

Con las compuertas automatizadas se deja entrar solo el caudal necesario para regar y no un exceso del mismo, lo que podría provocar debilitamiento y rupturas de los muros del canal en distintos puntos.

El bajo consumo de los equipos permite garantizar una gran autonomía con baja inversión en generación y acumulación.

Al repartidor de aguas se le facilita la tarea porque no es necesario que vaya a algunos puntos diariamente o varias veces al día, y por lo tanto dispone de más tiempo para realizar otras tareas al controlar los caudales a través de internet. Además, al disminuir los viajes, se optimiza el uso de los vehículos.

8.2 Desventajas

El sistema requiere de energía para funcionar, y en caso de perder la fuente eléctrica, están quedan deshabilitadas y sin poder funcionar.

Se requiere de conexión a internet, puesto que es mediante sistema GPRS, el cual permite mandar y recibir paquetes de datos usando la red de telefonía por satélite, pero

lamentablemente, existen lugares donde no se cuenta con antenas repetidoras, y por lo tanto, no existe cobertura, o ésta es deficiente.

Principalmente se trata de tecnología importada y no de desarrollos locales, por lo cual se incrementa el costo de implementación, en comparación con la ejecución de obras tradicionales de manejo de compuertas.

El costo de la inversión inicial resulta alto para el nivel de financiamiento de este tipo de organizaciones (sin fines de lucro, se financian con cuotas de sus usuarios) y es por ello que las OUA suelen esperar a ganarse los concursos realizados por el Estado a través de la CNR para implementar estas nuevas tecnologías, lo que significa al menos 1 año y medio de espera, si es que son bonificadas.

Se requiere asumir costos extras asociados a tecnologías adicionales, como lo son costos de comunicaciones, mantenimiento y repuestos, además de los costos de seguridad (rejas, candados, obras civiles, protección de paneles, visitas periódicas). Si hay robos, los costos aumentan, porque no se ha desarrollado algún sistema para contratar seguros pues a las aseguradoras no les apetecería. Por lo tanto, aumentan el costo de la gestión en términos de gastos.

Se requiere que el personal sea capacitado para operar los sistemas: nociones básicas de mecánica, uso de computador, celular, internet, ocupar el software adecuadamente, etc.

9. Referencias

- Centro del Agua para la Agricultura. (20 de enero de 2010). *Legislación*. (U. d. Concepción, Editor) Recuperado el 12 de julio de 2016, de <http://www.centrodelagua.cl/sitio/legislacion.php>
- Agricultura, M. d. (s.f.). *IDE Minagri*. Recuperado el 12 de julio de 2016, de Infraestructura de Datos Espaciales del Ministerio de Agricultura: <http://ide2.minagri.gob.cl/publico>
- AQUATERRA INGENIEROS LTDA. (Abril de 2009). *ACTUALIZACIÓN Y COMPLEMENTACIÓN DE INFORMACIÓN DE ORGANIZACIONES DE USUARIOS*. GOBIERNO DE CHILE , MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS. Santiago: DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS. Obtenido de <http://documentos.dga.cl/ADM5314v2t1.pdf>
- Brard, E. (2015). *Modernización de Obras de Admisión y Control Canales Las Viñas y Millahue y Demasías*. Informe de deficiencias.
- Brard, E. (2015). *Proyecto Aforador Canal Bolbarán*. Junta de Vigilancia 1ª Sección Río Tinguiririca , Nancagua.
- CABAS M, N., & VARAS B, E. (Julio de 1993). Marcos Partidores. (C. I.-D. Riego, Ed.) *Serie Quilamapu*(49).
- Campo. (02 de mayo de 2017). Las cifras que envuelven la reforma al Código de Aguas. *El Mercurio*, pág. 3.
- Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2. (Noviembre de 2015). *La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro*. Recuperado el 11 de Julio de 2016, de <http://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2015/11/informe-megasequia-cr21.pdf>
- CHILE, W. (18 de agosto de 2014). *FayerWayer*. Recuperado el 27 de septiembre de 2016, de WiseConn: Soluciones tecnológicas para la gestión del agua: <https://www.fayerwayer.com/2014/08/wiseconn-soluciones-tecnologicas-para-la-gestion-del-agua/>
- Código de Aguas. (13 de agosto de 1981). DFL 1122 Of. 1981. *Decreto con fuerza de ley, Libro Tercero. Título I(Art. 294°)*. Santiago, Chile: Ministerio de justicia.
- Código de Aguas. (13 de agosto de 1981). DFL 1122 Of. 1981. *Decreto con fuerza de ley, Libro Segundo. Título VIII(Art. 186°)*. Santiago, Chile: Ministerio de Justicia.

- Código de Aguas. (1981). *DFL 1122 Of. 1981* (Vols. Libro PRIMERO. Título II, Art. 5°). (M. d. Justicia, Ed.) Santiago, Chile.
- Comisión Nacional de Riego. (s.f.). CNR. Recuperado el 8 de agosto de 2016, de ¿Cómo Postular?:
<http://www.cnr.gob.cl/Ley18450/Paginas/%C2%BFC%C3%B3mo%20Postular.aspx>
- Comité Editorial de la CNR. (Septiembre de 2010). Seminario organizado por la Comisión Nacional de Riego: Desafíos para las Mesas del Agua en Chile. *Chileriego*(43). Recuperado el 11 de julio de 2016, de
<http://www.cnr.gob.cl/Home/Revista%20Chile%20Riego/42CR201009.pdf>
- Confederación de Canalistas de Chile. (2013). Cuenta sobre Actividades de la Confederación de Canalistas de Chile Período 01.01.2012 al 31.12.2012. *Convención Nacional de Usuarios del Agua*, 6°, pág. 62. Santiago.
- CONFEDERACIÓN DE CANALISTAS DE CHILE. (2013). *Cuenta sobre Actividades de la Confederación de Canalistas de Chile Período 01.01.2012 al 31.12.2012*. Santiago: Convención Nacional de Usuarios del Agua.
- Cruz, J. V. (agosto de 2014). *Falta de Infraestructura Hídrica en Chile: Urge aumentar la capacidad de embalse en 3.000 millones de hm3*. Recuperado el 09 de julio de 2016, de <http://www.redagricola.com/reportajes/riego/falta-de-infraestructura-hidrica-en-chile-urge-aumentar-la-capacidad-de-embalse-en>
- GEOSYS. (Mayo de 2013). Estudio Topográfico Bocatoma S.J.de Lo Toro. *Automatización Bocatoma San José de lo Toro*(1). Nancagua, Chile: AquaSys Ltda.
- GUERRERO L, A., & EDWARDS T, T. (junio de 2016). *Evolución de las exportaciones silvoagropecuarias en acuerdos: periodo 2006-2015*. (C. ODEPA, Editor) Recuperado el 11 de agosto de 2016, de http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1464812013evoluci%C3%B3n_export_20062015.pdf
- GUERRERO L, A., & OPITZ G, R. (enero de 2016). *Inserción de la agricultura chilena en los mercados internacionales, año 2015*. (C. ODEPA, Editor) Recuperado el 11 de agosto de 2016, de http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1451927744151127_inserci%C3%B3n_2015.pdf
- Junta de Vigilancia Estero Chimbarongo. (s.f.). *Federación de juntas de vigilancia de ríos y esteros de la sexta región*. Recuperado el 11 de julio de 2016, de <http://www.federacionjuntas.cl/chimbarongo.html>

- Junta de vigilancia Río Tinguiririca. (s.f.). *Caudal mensual río Tinguiririca y Claro*. Recuperado el 12 de julio de 2016, de <http://www.tinguiririca.cl/secciones/images/informacion/2.pdf>
- Junta de vigilancia Río Tinguiririca. (s.f.). *Proyectos*. Recuperado el 11 de julio de 2016, de <http://tinguiririca.cl/secciones/galeria.php>
- MARTINEZ AUSTRIA, P., & CASTILLO GONZALEZ, J. (1992). *Diseño de aforadores de gargante larga*. Mexico: Colección Proyectos IMTA.
- Ministerio de Agricultura. (01 de Marzo de 2013). *MINAGRI*. (G. d. Chile, Editor) Recuperado el 29 de Noviembre de 2016, de Gobierno y agricultores impulsan innovadora tecnología para monitoreo satelital del agua: <http://www.minagri.gob.cl/gobierno-y-agricultores-impulsan-innovadora-tecnologia-para-monitoreo-satelital-del-agua/>
- Ministerio de Agricultura. (s.f.). *Infraestructura de Datos Espaciales del Ministerio de Agricultura*. Recuperado el 12 de julio de 2016, de <http://ide2.minagri.gob.cl/publico/>
- Ministerio de Obras Publicas. (2013). *Estrategia Nacional de Recursos Hidricos 2012-2025*. DGA. Recuperado el 08 de mayo de 2017, de http://www.mop.cl/Documents/ENRH_2013_OK.pdf
- Molina, I. (10 de noviembre de 2015). Mapa: Los lugares mas afectados con la peor sequia de los ultimos cien años. Santiago, Chile: Las Ultimas Noticias. Recuperado el 09 de julio de 2016, de <http://www.lun.com/Pages/newsDetail.aspx?dt=10-11-2015%200:00:00&Paginald=2&Bodyld=0>
- Muñoz, E. G. (2014). *Automatización de Compuertas Canal Copequen-Junta de Vigilancia 2ª Sección del Río Cachapoal*.
- ODEPA. (Julio de 2015). *Información Regional 2015, Region del Libertador Bernardo O'Higgins*. (O. d. Agricultura, Ed.) Recuperado el 11 de Julio de 2016, de http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1437485384O%C2%B4higginsjulio.pdf
- PEREZ MORALES, G. B., & MOLINA AGUILAR, J. P. (2011). *Obras Hidraulicas*. (D. d. Facultad de Ingeniería Civil, Ed.) Mexico: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- PEREZ MORALES, G. B., & MOLINA AGUILAR, J. P. (2011). *Obras Hidraulicas*. (D. d. Facultad de Ingenieria Civil, Ed.) Mexico: Universidad Mochoacana de San Nicolas de Hidalgo.

RiegoSalz. (2013). *SISTEMA DE TELEMETRÍA Y CONTROL EN CANALES*. Junta de Vigilancia del río Tinguiririca 1ª Sección , San Fernando.

Riegosalz. (2014). *Automatización y telecontrol para regulación de nivel y caudal*.

Riegosalz. (2014). *Automatización y telecontrol para regulación de nivel y caudal*.

ROJAS CALDERON, Christian. Autogestión y Autorregulación regulada de las aguas: Organizaciones de usuario de aguas (OUA) y Juntas de vigilancia de ríos. *Ius et Praxis* [online]. 2014, vol.20, n.1 [citado 2016-10-14], pp.123-162. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071800122014000100006&lng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071800122014000100006&lng=es&nrm=iso) &nrm=iso. ISSN 0718-0012. <http://dx.doi.org/10.4067/S071800122014000100006>

S.L, I. D. (s.f.). *INEGEN*. Recuperado el 11 de julio de 2016, de Equipos electromecánicos: Compuerta deslizante: <http://www.inagen.es/wp-content/uploads/2014/01/Ficha-Compuerta-Deslizante.pdf>

S.L., I. D. (s.f.). *INAGEN*. Recuperado el 11 de julio de 2016, de Equipos electromecánicos: Compuerta Taintor: <http://www.inagen.es/wp-content/uploads/2014/01/Ficha-Compuerta-Taintor.pdf>

SEREMI. (s.f.). *Economía Regional*. Recuperado el 11 de agosto de 2016, de <http://ohiggins.minagri.gob.cl/nuestra-region/economia-regional>

Wahl, T. L. (2001). *SOFTWARE PARA EL DISEÑO Y CALIBRACIÓN DE*. INSTITUTO DE RECURSOS NATURALES, INSTITUTO DE RECURSOS NATURALES. Denver, Colorado: MINISTERIO DE AGRICULTURA. Recuperado el 28 de octubre de 2016, de <https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/computer%20software/software/winflume/WinFlumeManualenEspanol.pdf>

XPLORA Tecnología Avanzada. (s.f.). *XPLORA*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2016, de Empresa: <http://www.xploratecnologia.cl/web/>

10. Anexos

A. Legislación Vigente

En Chile existe el Código de aguas, el cual norma el uso de los recursos hídricos, separando la propiedad del agua del dominio de la tierra y le transfiere la prerrogativa al Estado de que sea éste quien concede los derechos de aprovechamiento de aguas a privados de forma gratuita y a perpetuidad, dando origen al mercado de las aguas.

En cuanto a la administración del agua, el Código de aguas establece normas en relación a las Comunidades de Agua, Asociaciones de Canalistas, Juntas de Vigilancia, a la Dirección General de Aguas (DGA) y principalmente, a los derechos de aprovechamiento de aguas. (Código de Aguas, 1981)

De acuerdo al Artículo 114 del Código de Aguas, deben inscribirse en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces los títulos constitutivos de una organización de usuarios y los derechos de aguas. Por otra parte, la Dirección General de Aguas cuenta con un Catastro Público de Aguas en el que existe un Registro Público de Derechos de Aprovechamiento de Aguas, de acuerdo al Artículo 122 del mismo Código.

La DGA es una dirección desconcentrada sectorialmente del Ministerio de Obras Públicas (MOP) que tiene la función de asignación, autorización e información relativas a las aguas, tales como otorgar concesiones, autorizaciones, derechos para el uso de las aguas superficiales y subterráneas o fijar límites o permitir obras, lo que recae en la administración pública sectorial, en cambio, las juntas de vigilancia tienen la función de administrar y gestionar los recursos hídricos a nivel de cauces naturales.

Referente a la construcción de obras hidráulicas, el código señala en su artículo 294° que pese a que la construcción de los canales debe ser realizada por privados, cuando se trata de acueductos que conducen más de 2 m³/s ;o aquellos que conduzcan más de 0,5 m³/s, que cuya distancia al extremo más cercano del límite urbano sea inferior a un kilómetro y la cota de fondo sea superior a 10 metros sobre la cota de dicho límite, el proyecto deberá contar con la aprobación del Director Nacional de Aguas ,quien supervisará la construcción de dichas obra, y para los demás proyectos entre 0,5 y 2 m³/s requerirán de la aprobación del Director Regional de Aguas . (Código de Aguas, 1981)

El país cuenta con una legislación que favorece la inversión privada en obras de riego y drenaje, esta es la Ley 18.450 sobre Fomento de la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje y su Reglamento, que complementa los esfuerzos de los privados y el Estado. Bajo esta ley se postula a los concursos realizados por la CNR para la construcción de compuertas automatizadas como obras civiles, entre otras opciones. (Centro del Agua para la Agricultura, 2010)

B. Creación proyectos

En el país, a través de la Ley de Fomento a la Inversión Privada en Obras Menores de Riego y Drenaje N°18.450, el Estado mediante un sistema de Concursos Públicos bonifica un porcentaje del costo de la construcción de proyectos que tengan por finalidad aumentar la superficie de riego y/o mejorar la eficiencia de la utilización de las aguas de riego. La Comisión Nacional de Riego es la encargada de aplicar, administrar y difundir los beneficios de esta Ley.

Los costos de los proyectos presentados por las organizaciones de aguas no deben sobrepasar las UF 250.000. Para proyectos con costos totales de hasta UF 30.000 el porcentaje de bonificación máximo será de un 80%, y para aquellos proyectos con costos totales superiores a UF 30.000, a las primeras 30.000 Unidades de Fomento, se les aplicará el porcentaje máximo de bonificación. Para el resto del costo del proyecto, se le aplicará la bonificación del tramo que aparece en las tablas B.1

Tabla B.1 Porcentaje de Bonificación para proyectos con costo total mayor a 30.000 UF en OUA

Tabla N°2: ORGANIZACIONES			
Tramos		Bonificación Tramo	Bonificación efectiva al costo máximo del tramo
30.000	60.000	60%	70%
60.000	90.000	45%	62%
90.000	120.000	34%	55%
120.000	150.000	25%	49%
150.000	180.000	19%	44%
180.000	210.000	14%	40%
210.000	240.000	11%	36%
240.000	250.000	8%	35%

El porcentaje final de bonificación del proyecto, se calculará sumando la bonificación en pesos de las primeras 30.000 unidades de fomento, con la bonificación del resto de costo del proyecto y luego se llevará al porcentaje del total del Proyecto.

La CNR realiza los Concursos mediante dos fuentes de financiamiento. Unos a través de la Ley 18.450, y otros con aportes de los Gobiernos Regionales (GORE).

Los gobiernos regionales cuentan con el Programa de Fomento al Riego Regional con el propósito de complementar los presupuestos que entregan a su región. El programa consiste en un subsidio regional directo a la inversión privada en proyectos de riego tanto para obras comunitarias, como para obras individuales.

Para participar en los Concursos que se encuentran en la página <http://www.cnr.cl/> , el agricultor u OUA, debe contratar a un consultor inscrito en el Registro Público Nacional de Consultores de la CNR para que elabore y presente el proyecto. (Comisión Nacional de Riego, s.f.)

Por lo tanto, las OUA encomiendan a las empresas Consultoras, la tarea de realizar un proyecto de mejoramiento de obras de captación, motorización y telemetría con el objetivo de mejorar y modernizar su sistema de control actual, en particular para asegurar caudales constantes y mitigar problemas asociados a la distribución del recurso hídrico. Este proyecto ingresa a concurso a través de la tipología de Mejoramiento de la eficiencia de gestión.

Para la realización de proyectos se deben llevar a cabo estudios topográficos que permitirán definir la geometría de la zona en donde se deben proyectar las obras de mejoramiento de aforadores, de telemetría y motorización para regular los caudales admitidos. Los proyectos suelen contemplar el diseño de obras de admisión y control, sistema de telemetría y motorización en los canales.

La CNR es quien realiza una revisión de los requerimientos legales y técnicos, estableciéndose la condición de proyecto: admitido o no admitido a concurso.

A los proyectos admitidos se les otorga un Certificado de Bonificación, según los recursos disponibles en el concurso.

El beneficiario debe tener en consideración que la construcción del proyecto debe ser financiada por él, ya que el bono puede ser entregado solo después de ser recepcionado el proyecto.

C. Importancia implementación

Las exportaciones silvoagropecuarias chilenas han casi duplicado su valor en los últimos diez años, alcanzando los USD 14.691 millones en 2015, con una tasa de crecimiento anual promedio de 5,7% y un total de USD 14.020 millones exportado a países con acuerdo, equivalente al 95,4% del total enviado en 2015, teniendo como principales destinos Estados Unidos, la Unión Europea y China, economías que en conjunto representan el 57,2% del valor total exportado (GUERRERO L & EDWARDS T, 2016)

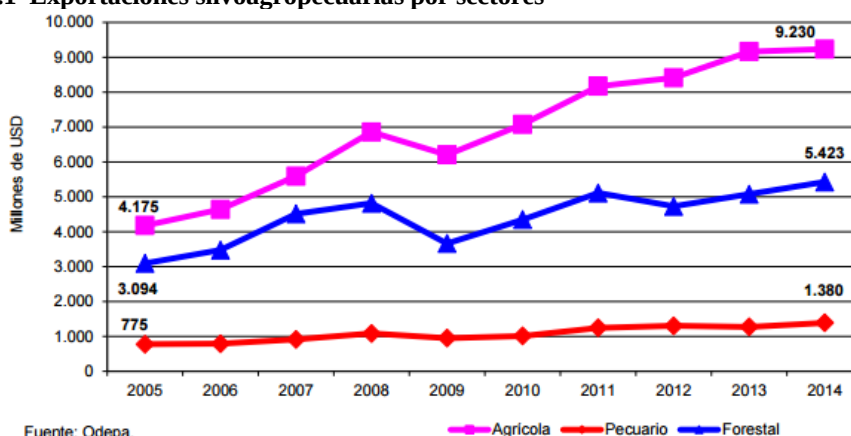
Tabla C.1 Exportaciones silvoagropecuarias a socios comerciales (en miles USD FOB), 2012-2015

Pais	2012	2013	2014	2015	Variación % 2015/2014	Participación % 2015
Australia	142.577	145.980	167.486	143.320	-14,4	1,0
Bolivia	29.183	30.880	33.208	35.124	5,8	0,2
Canadá	334.299	350.151	336.714	315.497	-6,3	2,1
China	1.653.829	2.085.971	2.463.603	2.399.273	-2,6	16,3
Colombia	423.882	394.135	404.881	307.846	-24,0	2,1
Corea del Sur	648.988	719.833	732.730	753.116	2,8	5,1
Cuba	12.740	18.683	19.357	28.068	45,0	0,2
Ecuador	175.518	182.430	184.749	143.682	-22,2	1,0
Estados Unidos	3.048.825	3.371.912	3.405.808	3.214.406	-5,6	21,9
Hong Kong	175.549	119.917	132.345	67.334	-49,1	0,5
India	61.734	80.796	109.631	87.598	-20,1	0,6
Japón	1.052.186	1.003.741	989.315	865.896	-12,5	5,9
Malasia	17.524	18.966	18.566	17.850	-3,9	0,1
México	649.815	654.516	648.832	682.213	5,1	4,6
Panamá	35.602	38.753	50.185	43.566	-13,2	0,3
Perú	377.612	402.855	378.912	332.110	-12,4	2,3
Tailandia	66.489	73.753	76.962	74.151	-3,7	0,5
Turquía	42.764	58.301	86.669	117.958	36,1	0,8
Venezuela	324.915	249.124	264.258	196.373	-25,7	1,3
Vietnam	48.370	56.829	77.957	77.822	-0,2	0,5
Centroamérica	174.577	202.628	214.529	222.185	3,6	1,5
Efta	53.930	56.059	56.450	55.529	-1,6	0,4
Mercosur	659.013	675.914	701.557	620.328	-11,6	4,2
P4	57.907	59.038	95.349	96.132	0,8	0,7
Unión Europea (28)	3.082.961	3.289.279	3.153.628	2.791.532	-11,5	19,0
Total Acuerdos	11.210.583	13.111.695	13.109.707	14.019.727	6,9	95,4
Total Mundo	14.435.516	15.505.421	16.041.828	14.690.686	-8,4	100,0

Fuente: elaborado por Odepa, con información del Servicio Nacional de Aduanas.

Y dentro del sector silvoagropecuario, el sector con mayor cantidad de exportaciones es el agrícola. (GUERRERO L & OPITZ G, Inserción de la agricultura chilena en los mercados internacionales, año 2015, 2016)

Gráfico C.1 Exportaciones silvoagropecuarias por sectores



Para el año 2015, en las regiones del Maule, Antofagasta y O'Higgins, el crecimiento de las exportaciones fue superior a la tasa nacional (60%, 56% y 33%, respectivamente), como se muestra en la tabla.

Tabla C.2 Inserción de la agricultura chilena en los mercados internacionales, año 2015

Cuadro 14: exportaciones silvoagropecuarias por región, 2010 – 2014
(Valores en miles de dólares)

Regiones	2010	2011	2012	2013	2014	Tasa de crecimiento	
						2014/2010	Interanual
Región de Arica y Parinacota	7.914	4.820	29.692	40.481	8.451	7%	1,7%
Región de Tarapacá	6.436	6.081	8.477	15.084	4.073	-37%	-10,8%
Región de Antofagasta	3.413	4.020	4.454	3.753	5.338	56%	11,8%
Región de Atacama	225.410	229.655	193.504	219.383	224.485	0%	-0,1%
Región de Coquimbo	574.125	685.629	475.754	528.393	667.045	16%	3,8%
Región de Valparaíso	1.218.049	1.177.704	1.151.609	1.245.730	1.322.629	9%	2,1%
Región Metropolitana	2.032.904	2.296.213	2.478.183	2.670.359	2.522.880	24%	5,5%
Región de O'Higgins	2.145.017	2.646.507	2.834.828	2.895.158	2.846.604	33%	7,3%
Región del Maule	1.397.885	1.762.406	1.906.092	2.059.079	2.243.035	60%	12,5%
Región del BíoBío	3.965.214	4.346.445	4.111.378	4.444.660	4.580.725	16%	3,7%
Región de La Araucanía	460.316	524.010	477.047	508.758	591.453	28%	6,5%
Región de Los Ríos	18.826	376.847	396.957	432.266	541.146	2774%	131,5%
Región de Los Lagos	296.090	341.880	269.178	342.888	371.967	26%	5,9%
Región de Aysén	2.306	7.988	13.028	1.044	1.602	-31%	-8,7%
Región de Magallanes y Antártica	63.817	84.558	68.542	71.596	76.707	20%	4,7%
Otras operaciones	12.877	24.694	16.794	26.790	32.606	153%	26,1%
Total	12.430.599	14.519.457	14.435.516	15.505.422	16.040.746	29%	6,6%

Fuente: elaborado por Odepa, con información del Servicio Nacional de Aduanas.

De acuerdo al censo agropecuario de 2007, la región de O'Higgins abarca 11,4% de la superficie nacional dedicada a cultivos. (SEREMI, s.f.) En la VI región, existe un gran sistema hidrográfico comprendido por la cuenca del río Rapel, con sus afluentes Cachapoal y Tinguiririca, que en su conjunto con otros esteros menores son las principales fuentes de agua de riego para el desarrollo de la actividad agrícola. Para que esta región siga siendo una de las principales regiones agro-exportadoras del país, se requiere de un adecuado abastecimiento de riego en cantidad y momento adecuados.

D. Encuesta a Organizaciones de Usuarios de Agua de Chile

1 - Tipo de Organización de usuarios de agua

Respuesta	Total	Porcentaje
Junta de vigilancia	9	81,82%
Asociación de canalistas	2	18,18%
Total	11	

2 - Región a la que pertenece

Respuesta	Total	Porcentaje
Región Metropolitana	2	18,18%
XV Arica y Parinacota	0	0%
I Tarapacá	0	0%
II Antofagasta	0	0%
III Atacama	1	9,09%
IV Coquimbo	2	18,18%
V Valparaíso	0	0%
VI O'Higgins	3	27,27%
VII Maule	2	18,18%
VIII Biobío	1	9,09%
IX La Araucanía	0	0%
XIV Los Ríos	0	0%
X Los Lagos	0	0%
XI Aysén	0	0%
XII Magallanes y Antártica	0	0%
Total	11	

3 - Nombre de la OUA

Respuesta
Junta de Vigilancia de la Primera Sección del Río Tinguiririca
Junta de Vigilancia Estero Codegua
Junta de vigilancia rio Chalinga
Junta de Vigilancia de la Cuenca del río Huasco y sus Afluentes
Junta de vigilancia del rio Longavi y sus afluentes
JUNTA DE VIGILANCIA DE LA PRIMERA SECCION DEL RIO PUANGUE
Junta de Vigilancia del río Ancoa y sus Afluentes
ASOCIACIÓN DE CANALISTAS DEL LAJA
Junta de Vigilancia del Estero Chimbarongo
CANAL DE PIRQUE
Junta de Vigilancia del Río Choapa y Sus Afluentes

4 - ¿Sabía que la CNR bonifica proyectos que incluyen la automatización de compuertas de canales?

Respuesta	Total	Porcentaje
Si	11	100%
No	0	0%
Total	11	

5 - ¿Presenta compuertas automatizadas en sus canales?

Respuesta	Total	Porcentaje
No	7	63,64%
No, pero existe un proyecto en estudio	0	0%
No, pero existe un proyecto siendo presentado a la CNR o en ejecución	0	0%
Si	4	36,36%
Total	11	

6 - Si su respuesta anterior fue Si, ¿Cuántas compuertas tiene automatizadas?

Respuesta	Total
Junta de Vigilancia del Estero Chimbarongo	14
Junta de Vigilancia de la Primera Sección del Río Tinguiririca	4
ASOCIACIÓN DE CANALISTAS DEL LAJA	TRES
Junta de Vigilancia del Río Choapa y Sus Afluentes	34 compuertas
Total	4

7 - Se encuentra(n) instalada(s) en:

Respuesta	Total	Porcentaje
Bocatomas	3	75%
Marcos partidores	1	25%
Total	4	

8 - Si es que lleva un registro de reclamos, ¿estos han disminuido?

Respuesta	Total	Porcentaje
No llevo ningún registro	3	60%
Si han disminuido	2	40%
No han disminuido	0	0%
Total	5	

9 - Cual es el costo de inversión inicial (puesto central, capacitación trabajadores , automatizaciones)

Respuesta	Puesto central		Capacitación trabajadores		Motorización compuerta	
	Total	Porcentaje	Total	Porcentaje	Total	Porcentaje
\$1 - \$2.000.000	0	0%	2	75%	0	0%
\$2.000.001-\$5.000.000	0	25%	0	0%	0	0%
\$5.000.001-\$8.000.000	0	0%	0	0%	0	0%
\$8.000.001-\$10.000.000	1	25%	0	0%	0	0%
\$10.000.001-\$15.000.000	0	0%	0	0%	0	0%
\$15.000.001-\$20.000.000	0	0%	0	0%	0	0%
\$20.000.001-\$25.000.000	0	0%	0	0%	0	0%
\$25.000.001-\$30.000.000	1	25%	1	25%	0	25%
>\$30.000.000	1	25%	0	0%	3	75%

10 - El costo operativo mensual (kilometraje en camionetas, agua, luz, internet)

Respuesta	Total	Porcentaje
Sube	2	100%
Baja	0	0%

Total

2

11 - ¿Cuál es el costo anual de mantención de canales con compuertas tradicionales?

Respuesta	Total
CANAL DE PIRQUE	\$200.000.-
Junta de Vigilancia del Estero Chimbarongo	El costo anual de mantención de compuertas antes de motorizarlas era de unos \$200.000 por cada una.
Junta de Vigilancia del Rio Choapa y Sus Afluentes	\$ 500.000 por compuerta
Junta de vigilancia rio Chalinga	\$ 3.000.000
Junta de Vigilancia de la Cuenca del río Huasco y sus Afluentes	\$ 50.000
ASOCIACIÓN DE CANALISTAS DEL LAJA	\$ 5.000.000
junta de vigilancia del rio Longavi y sus afluentes	bajo, considerando pinturas engrase, y eventual reposición

Junta de Vigilancia de la Primera Sección del Río Tinguiririca	Depende de las dimensiones y ubicación de la compuerta
--	--

Total 8

12 - ¿Cuál es el costo anual de mantención de canales con compuertas automatizadas?

Respuesta	
ASOCIACIÓN DE CANALISTAS DEL LAJA	5000000
Junta de Vigilancia del Río Choapa y Sus Afluentes	No lo hemos definido aún, estamos en proceso
Junta de Vigilancia del Estero Chimbarongo	El costo anual de mantención, operación, repuestos de los equipos, sistema comunicaciones y cambio en el tipo de mantención que requieren las compuertas es de al menos 1 millón de pesos. Se considerar que los equipos no son antiguos, por lo que su costos debiera aumentar. Tampoco considero el daño por vandalismo, que es importante.
Junta de Vigilancia de la Primera Sección del Río Tinguiririca	Como se trata de proyectos pilotos que llevan poco tiempo funcionando aun no podriar indicar cual es el costo de mantención.

Total 4

13 - ¿Cuál es su empresa proveedora?

Respuesta	Total	Porcentaje
Riegosalz	2	40%
WiseConn	2	40%
Rubicon	1	20%
Xplora	0	0%
Otra	0	0%

Total 5

14 - ¿Recomendaría el uso de esta tecnología?

Respuesta	Total	Porcentaje
Si	6	100%
No	0	0%

Total 6

15 - ¿Seguirá realizando inversiones de este tipo?

Respuesta	Total	Porcentaje
Si	5	100%
No	0	0%
Total	5	

16 - ¿Cómo ha sido su experiencia con las compuertas automatizadas?

Respuesta	
Junta de Vigilancia del Rio Choapa y Sus Afluentes	Nosotros nos encontramos en un proceso de marcha blanca con nuestras 34 compuertas por lo tanto estamos en proceso de aprendizaje y de análisis del sistema instalado. Principalmente atendiendo temas propios de la cueca y que escapan a la regla general de canales de riego saludos
Junta de Vigilancia de la Primera Sección del Rio Tinguiririca	Positiva, ya que la automatización nos permite comenzar a regularizar, sobre todo en los primeros canales, donde si me demoro mucho en bajarle el caudal, voy a perjudicar a los de abajo. Entonces, este sistema automatizado me permite tener una rápida respuesta de cambio del caudal, tanto por crecida como por bajas de caudal
Junta de Vigilancia del Estero Chimbarongo	No hay ahorro en la distribución, pues no logra reemplazar a los operadores/celadores (hay que ir a terreno, operar los equipos constantemente para mantenerlos operativos, despejar de malezas, verificar que no haya daños, efectuar mantenimiento). Exige personal más capacitado para manipular a distancia y para conocer la plataforma de internet, deben contar con buen teléfono y computador. Acá tenemos el 100% motorizado, es una ayuda para cuando hacemos distribución más de una vez al día y para tener la total certeza de la distribución al contar con telemetría en línea. El uso de la tecnología es recomendable, pero hay que considerar para qué se quiere. Es interesante si se trata de entrega volumétrica para un control exacto, no tanto si se trata de distribuir caudales naturales, pues hay variaciones a lo largo del día que no marcan tendencia y por lo tanto no se requiere mover compuertas a cada rato. La tecnología aún es cara para el servicio que presta. No se justifican al interior de los canales en reemplazo de los marcos de distribución variable, basta con que estas obras se encuentren en buen estado. Sí podrían servir si se trata de mover volúmenes de terceros o de establecer turnos por volúmenes, pero es caro para canales pequeños y no reemplazan la mano de obra.
Asociación de canalistas del Laja	BUENA
Total	4

11.Disco Compacto (CD)