

CENTRO DE  
ECOLOGIA  
APLICADA



## Informe Resumen

Ingeniería de Detalle: Reparación Ex-Situ Cabecera sur río La Ola y Quebradas Aledañas

Centro de Ecología Aplicada Ltda. • junio 2022



Ambiental y  
Sectorial

## ÍNDICE

Índice .....	1
1 Introducción .....	2
2 Objetivos .....	4
<b>2.1 Objetivos específicos</b> .....	4
3 MATERIAL Y MÉTODO .....	5
4 Resultados .....	7
<b>4.1 Cabecera sur río La Ola</b> .....	7
<b>4.2 Quebradas aledañas</b> .....	7
5 Conclusiones.....	9
<b>5.1 Cabecera sur río La Ola</b> .....	9
<b>5.2 Quebradas aledañas</b> .....	9

## 1 INTRODUCCION

En el contexto de la demanda interpuesta por Daño Ambiental por parte del Consejo de Defensa del Estado (CDE) contra CODELCO, y en el marco del proceso de conciliación que concluyó con un Avenimiento y Transacción entre las partes, CODELCO y el CDE acordaron una serie de medidas, entre las cuales se encuentra un Plan de Reparación Ex - Situ (Medida RC-01), la cual considera diversos sectores. Uno de los sectores incluidos dentro de este Plan es la superficie afectada de la cabecera sur de la vega altoandina ubicada aguas arriba del Tranque La Ola, denominada “Cabecera sur del río La Ola”. Los otros sectores incluidos dentro de este Plan son las Quebradas alledañas: El Colorado, Ciénaga, Tordillo, Tinajas, Río Negro, Pastos Largos y Vertiente 2 (Figura 4-1).

La medida de restauración Ex - Situ propuesta en el proceso de avenimiento se adapta a las definiciones establecidas por organismos internacionales contribuyendo al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenibles ODS 2030 de Naciones Unidas, así como a las orientaciones del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES), referidas al territorio de la Cuenca altoandina del Salar de Pedernales, sus ecosistemas y habitantes como actores relevantes.

El sector objetivo correspondiente a la cabecera sur de la vega altoandina ubicada aguas arriba del Tranque La Ola, es denominada “Cabecera sur del río La Ola” y corresponde a 25,5 ha. En este sector la reparación consistirá en la eliminación de drenes perpendiculares al canal principal, lo que permitirá devolver la dinámica hidrológica natural del sistema y por ende lograr la recuperación de la cabecera sur de este humedal. El indicador de cumplimiento de esta medida corresponde a la eliminación de aproximadamente 2,2 km de drenes.

En cuanto a las quebradas alledañas comprometidas para reparación (El Colorado, Ciénaga, Tordillo, Tinajas, Río Negro, Pastos Largos y Vertiente 2) contienen captaciones de agua, y alimentan al sistema que abastece a El Salvador, el cual data del año 1958. La mayoría de estas captaciones son efectuadas mediante sistemas de drenaje subterráneo del tipo espina de pescado, constituido por cañerías de acero perforado. Dentro de las medidas de reparación se considera la restitución de caudales, de modo de restablecer las fuentes hídricas de las quebradas y así permitir la recuperación de la vegetación en las áreas de estudio en una superficie total de 36,22 ha.

El presente estudio corresponde a una primera etapa para la realización de la medida, correspondiente a la Ingeniería de Detalle de este sector, de modo de poder establecer todo

Código: R108

Versión: 1

Código: CDS005

Ingeniería de Detalle Reparación Ex-Situ río La Ola y Quebradas aladañas



lo necesario para llevar a cabo la reparación. Esta ingeniería de detalle incluyó la realización de la topografía de los polígonos de reparación tanto en la cabecera sur del río La Ola como en las Quebradas aladañas, la realización de observaciones de suelo y la medición de caudales en el caso de aquellos drenes que contaban con caudal superficial, de modo que, con estos antecedentes, realizar una detallada planificación, previo a la ejecución de la medida.

## 2 OBJETIVOS

El presente documento corresponde al resumen de los aspectos más relevantes de los informes “Ingeniería de Detalle: Reparación Ex-Situ Cabecera sur río La Ola e Ingeniería de Detalle: Reparación Ex-Situ Quebradas alledañas” elaborados por CEA donde se detalla el desarrollo de la ingeniería de detalle asociada a la medida de reparación del sector Cabecera sur del río La Ola y Quebradas El Colorado, Ciénaga, Tordillo, Tinajas, Río Negro, Pastos Largos y Vertiente 2.

### 2.1 Objetivos específicos

- Generación de topografía de detalle en el área de estudio, y en particular de los drenes presentes en dicha área.
- Medición de caudales superficiales presentes en drenes.
- Realización de observaciones de suelo en el área de estudio, de modo de estimar la profundidad y material que componen los suelos.
- Levantamiento de información respecto a condición de la vegetación.
- Cubicación de movimiento de materiales necesarios para eliminación de drenes (cubicación del sedimento que podría ser retirado de los drenes y cubicación del material para rellenar los drenes).
- Definición de tipo de material de relleno y posibles sitios de dónde extraerlo.

## 4 MATERIAL Y MÉTODO

El área de estudio de Cabecera sur del río La Ola se ubica al sureste del salar de Pedernales, mientras que el sector de quebradas aledañas se ubica al sur del Salar de Pedernales, en particular en las quebradas: Ciénaga, Pastos Largos, Tinajas, Tordillo, Vertiente2, Río Negro y El Colorado ubicadas en la Comuna de Diego de Almagro (Figura 4-1).

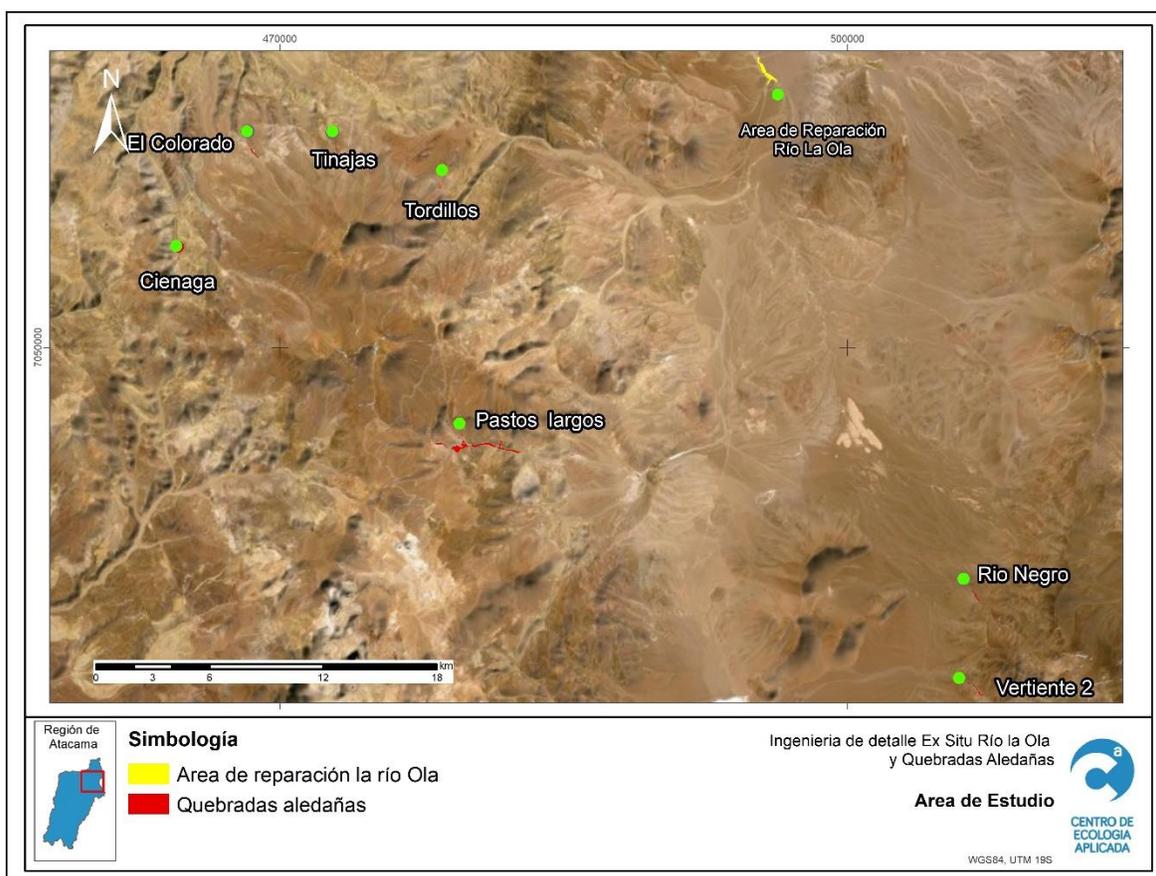


Figura 4-1. Área de estudio de ingeniería de detalle cabecera sur del río La Ola y quebradas aledañas.

El levantamiento de información en terreno se realizó durante el año 2021 en los meses de mayo, septiembre, octubre y diciembre. En todas las áreas en estudio se siguió siguiente método de trabajo:

- Levantamiento Aero fotogramétrico y Topográfico de detalle mediante uso de dron RTK.

Código: R108

Versión: 1

Código: CDS005

Ingeniería de Detalle Reparación Ex-Situ río La Ola y Quebradas aldañas



- Mediciones de caudal mediante flujómetro en sectores con presencia de agua escurriendo, suficiente para poder ser medida por el instrumento.
- Observaciones de suelo mediante calicatas y barrenas en las quebradas y sectores con potencial material de empréstito, para el tapado y cierre de los drenes superficiales.
- Condición de vegetación mediante metodología de Braun-Blanquet.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Cabecera sur río La Ola

La ubicación de los suelos del área de estudio respecto a su posición en el paisaje hace suponer que parte del origen del material parental que da origen a los suelos presentes en la zona del río La Ola proviene de zonas altas con mayor grado de pendiente. Estos aportes de materiales se producen por efecto de acumulación dado por fenómenos de erosión y de remociones en masa. En los suelos presentes en el área predominan las texturas gruesas (arenosas), lo cual es de relevancia para la obtención del empréstito necesario para el llenado de drenes.

En cuanto a las mediciones de caudal se observó presencia de agua en algunos drenes lo cual toma relevancia al momento del diseño del tapado de drenes, donde se priorizan estos drenes activos al momento de realizar el tapado.

Mediante el análisis topográfico se estableció que el área que abarcan los drenes equivale aproximadamente a 0,40 ha con largos que varían entre 13,8 y 347,5 m promediando 125,8 m. Además, se calculó el volumen de material necesario para tapar los drenes, el cual se estimó en 980 m<sup>3</sup>, de los cuales 385 m<sup>3</sup> son posibles de ser conseguidos en el mismo sector de La Ola, a partir de montículos existentes en el área, presumiblemente producto de la construcción de los mismos drenes.

El material de empréstito faltante tendrá que reunir las condiciones similares a las observadas en el suelo, en términos de textura, densidad aparente y conductividad hidráulica, por lo cual se evaluaron suelos ubicados cercano a la quebrada, en términos de sus propiedades físicas, para ser utilizados como empréstito adicional, teniendo el cuidado de no afectar la posible vegetación ya sea zonal o azonal que pueda existir en las inmediaciones del área a remover.

### 5.2 Quebradas aledañas

En general, en el área de estudio se pudo observar que la profundidad de los suelos varían desde profundos (> 90 cm) a delgados (20 a 40 cm), pudiendo observarse suelos con altos contenidos de materia orgánica en los sectores de vega, así como otros suelos con características de fondo de quebrada con abundante pedregosidad superficial y bajas concentraciones de material orgánico.

La vegetación en las quebradas de agua dulce manifiesta una condición fitosanitaria variable, según sea la quebrada en la que se presente SVAHT. La condición regular alcanza 9,19 ha, la pobre un total a 12,19 ha y la Denudada (sin vegetación) se evaluó en 14,84 ha, lo que en total alcanza las 36,22 ha afectas a reparación, de 55,40 ha evaluadas, donde el diferencial, es decir 19,18 ha, corresponde a vegetación en buena condición fitosanitaria.

En terreno se constató que la mayoría de los drenes, están asociados a tuberías perforadas enterradas, por lo cual la eliminación de estas es relevante con el fin de evitar el flujo preferencial existente y en forma adicional permitir descompactar el suelo para su posterior hidratación.

En cuanto a drenes abiertos solo se identificaron en dos quebradas, Río Negro y Ciénaga, donde se determinó un volumen necesario para su eliminación de 40 m<sup>3</sup> en Ciénaga y de 255 m<sup>3</sup> en Río Negro cuyo material de empréstito se obtendrá en sectores cercanos a las mismas quebradas mencionadas.

## 6 CONCLUSIONES

### 6.1 Cabecera sur río La Ola

Se plantea implementar una metodología del tipo “taco-relleno”, en la cual cada dren se vaya relleno de manera paulatina desde aguas arriba hacia aguas abajo, subdividiendo el dren en tramos. Esta metodología consiste en generar una obstrucción al flujo mediante una compuerta, acopio de material u otro tipo de obstáculo al cual se hace referencia como “taco” para posteriormente rellenar el cauce en la zona del flujo estancado con material obtenido de los suelos aledaños. Los trabajos de relleno de drenes se realizarán sin uso de maquinaria, considerando el transporte en forma manual con carretillas y cuidando de no provocar daño a la vegetación existente.

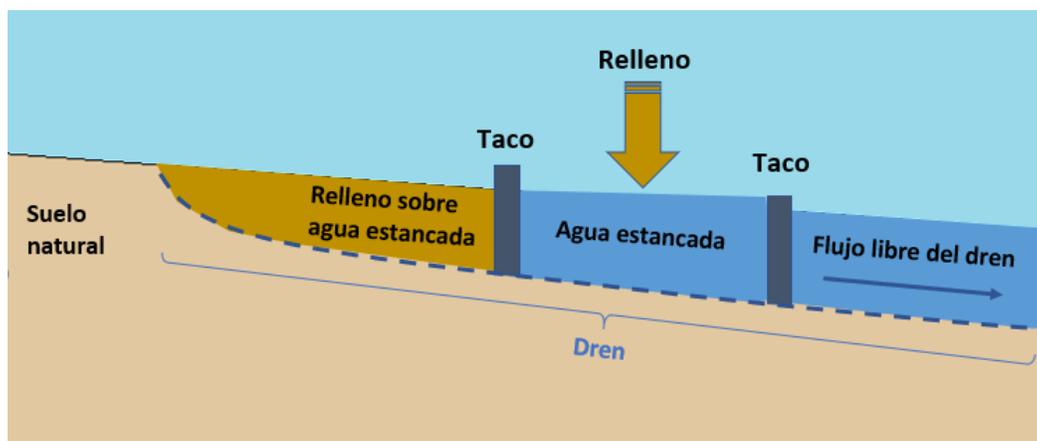


Figura 6-1. Esquema metodología “taco-relleno”.

### 6.2 Quebradas aledañas

En términos generales la reparación de las distintas quebradas se realizará sobre la base del siguiente mapa conceptual.

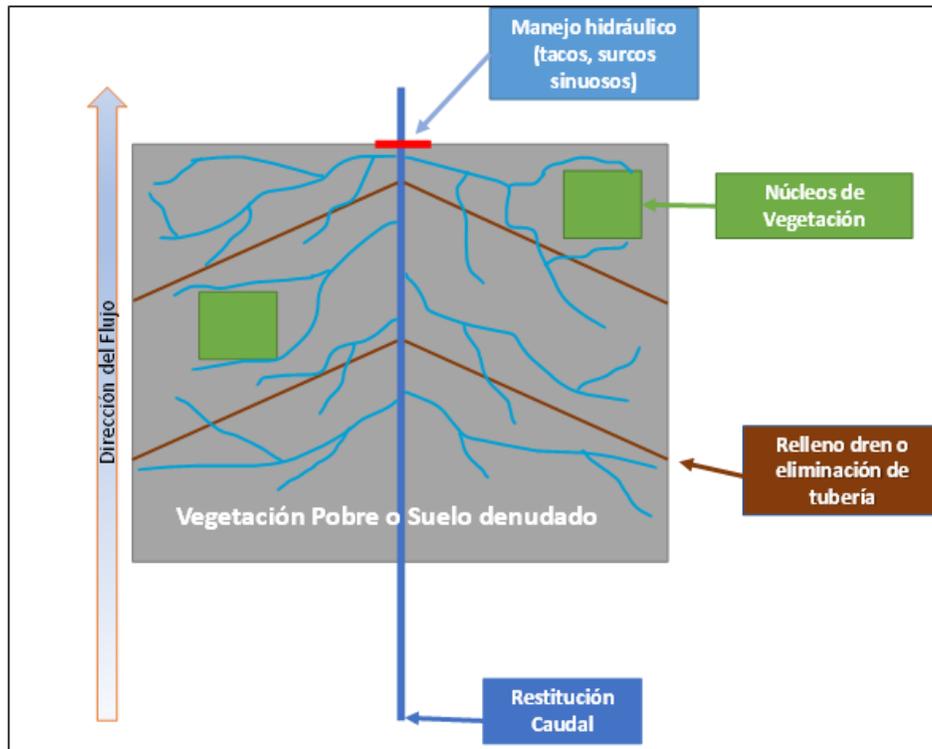


Figura 6-2. Mapa conceptual de reparación en Quebradas.

Como primera etapa de reparación de las quebradas, se considera la restitución de flujos superficiales y la remoción de tuberías perforadas (enterradas o superficiales) o tapado de drenes abiertos con el fin de restablecer la condición hidráulica de las zonas a reparar.

La segunda etapa considera, una vez que se tiene flujo superficial, la hidratación de las zonas a reparar mediante la utilización de tacos y surcos sinuosos que permitan aumentar las áreas de humedecimiento del suelo. Esta práctica será llevada a cabo en forma constante con presencia de personal supervisor permanente en el área, que asegure la adecuada realización de la actividad.

La última etapa tendrá como objetivo la realización de núcleos de vegetación enriquecidos a través de propágulos, plantación directa o champeo que permitan el restablecimiento de la vegetación en las zonas a reparar.

El objetivo de este plan de reparación es propiciar las condiciones tanto de suelos como hidráulicas para que la vega o pajonal hídrico se establezca o recuperen su condición en forma natural, sin considerar las condiciones previas a la construcción de los drenes, así como el enriquecimiento de la vegetación existente en la actualidad de las mismas quebradas.

Tabla 6-1. Resumen de actividades en quebradas.

Quebrada	Actividad				
	Restitución de caudal	Relleno dren	Eliminaciones tuberías	Construcción de surcos sinuosos	Champeo y replante
Ciénega	x	x		x	x
El Colorado	x		x	x	x
Pastos Largos	x		x		x
Río Negro	x	x	x		
Tordillo	x		x	x	x
Tinajas	x		x	x	x
Vertiente 2	x		x	x	