

MINERA LOS PELAMBRES

SERVICIO ETAPA II ENSAYO 30 HA FITOESTABILIZACIÓN

N° 4357-0000-MA-INF-001_0

INFORME ETAPA 0 - DIAGNÓSTICO

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre	Ramon Leva/ Yasna Tapia	Oscar Parada	Oscar Parada	Coordinación Interna
	Fecha	12-02-15	13.02.15	13.02.15	
B	Nombre Firma	Ramon Leva/ Yasna Tapia/ Victoria Vásquez	Alexandra Belaúnde	Oscar Parada	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	16-02-15	16.02.15	16.02.15	
0	Nombre Firma	Ramon Leva/ Yasna Tapia/ Victoria Vásquez	Alexandra Belaúnde	Oscar Parada	Aprobación cliente
	Fecha	13-04-15	13-04-15	13-04-15	

SERVICIO ETAPA II ENSAYO 30 HA FITOESTABILIZACIÓN

INFORME ETAPA 0 - DIAGNÓSTICO

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	5
2	OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	5
2.1	OBJETIVO GENERAL:	5
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	5
3	METODOLOGÍA	6
3.1	REVISIÓN DE ANTECEDENTES	6
3.2	REVISIÓN DE INSTALACIONES DE TERRENO	6
3.3	SELECCIÓN DE 30 HA ADICIONALES	6
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
4.1	REVISIÓN DE DOCUMENTOS	7
4.1.1	Tranque de Relaves	7
4.1.2	Tratamientos	8
4.1.3	Diseño experimental	8
4.1.4	Principales resultados de las plantas establecidas	8
4.1.5	Muestreos realizados en etapa inicial	9
4.2	REVISIÓN EN TERRENO	12
4.2.1	Especies vegetales	12
4.2.2	Sistema de riego	14
4.2.3	Cerco perimetral	16
4.2.4	Instalaciones anexas	17
4.3	SELECCIÓN DE 30 HA ADICIONALES	19
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	21
5.1	ENSAYO	21
5.1.1	Tratamientos	21
5.1.2	Muestreos	21
5.1.3	Seguimiento de los ensayos	22
5.1.4	Resultados	22
5.1.5	Otros	22
5.2	SISTEMA DE RIEGO	23
5.3	INSTALACIONES ANEXAS	23

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A Listado de documentos entregados por MLP

Anexo B Inventario de herramientas, insumos, materiales, inmobiliario y equipos del proyecto de Fitoestabilización.

LISTADO DE TABLAS

Tabla 4-1. Principales resultados del establecimiento de distintas plantas desde enero 2012 a julio de 2013.	9
Tabla 4-2. Descripción de muestreos realizados en el relave.	10
Tabla 4-3. Número aproximado de muestras de tejido foliar analizadas durante el seguimiento.	11
Tabla 4-4. Mortandad de individuos Bloque 1.	12
Tabla 4-5. Mortandad de individuos Bloque 2.	12
Tabla 4-6. Mortandad de individuos Bloque 3.	13
Tabla 4-7. Resumen de Mortandad de individuos por Bloques.	13

LISTADO DE FIGURAS

Figura 4.1. Distribución de bloques y tratamientos.	8
Figura 4-2 Alternativa N°1, 30 ha adicionales	19
Figura 4-3 Alternativa N° 2, 30 ha adicionales	19
Figura 4-4 Alternativa N°1, modificada.	20
Figura 4-5 Sector definido para fitoestabilizar 30 ha adicionales.	20

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 4-1 : Vista Caseta de riego	15
Fotografía 4-2: Vista Cabezal de riego.	15
Fotografía 4-3 : Manifold de sector de riego.	15
Fotografía 4-4 : Vista de gotero y microtúbulo.	15
Fotografía 4-5 : Gotero desplazado en relación a individuo a regar	16
Fotografía 4-6: Vista de microtúbulo desconectado de gotero.	16
Fotografía 4-7: Vista portón de acceso	16
Fotografía 4-8: Vista cerco perimetral	16

Fotografía 4-9 Vista cerco perimetral dañado	17
Fotografía 4-10: Vista container oficina.....	17
Fotografía 4-11: Vista container bodega	17
Fotografía 4-12: Vista interior container bodega	18
Fotografía 4-13: Vista letrero deteriorado.....	18
Fotografía 4-14: Vista letrero deteriorado.....	18

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo a lo solicitado por Minera Los Pelambres (en adelante MLP) a ARCADIS CHILE S.A. (en adelante ARCADIS) el presente documento corresponde al Informe 0, en el cual se describen las actividades desarrolladas a partir de la recepción del ensayo por parte de ARCADIS (período comprendido entre el 14 de Enero hasta el 16 de Febrero del 2015).

El Servicio “Etapa II Ensayo 30 ha Fitoestabilización”, considera la continuación de un ensayo iniciado el año 2011 por la empresa JACOBS (ex SKM) para una superficie de 30 hectáreas ubicada en el tranque de relaves Quillayes.

Este ensayo se localiza al interior del área industrial de MLP, puntualmente en el tranque de relaves Quillayes. Las instalaciones de MLP se localizan en la cuenca del río Cuncumén y están circunscritas administrativamente a la comuna de Salamanca, Provincia del Choapa, Región de Coquimbo.

El Tranque Quillayes está ubicado aproximadamente a 190 km lineales al Norte de Santiago, en las coordenadas UTM N: 6.475.483; E: 348.030 (Datum WGS 84) y altitud de 1.331 msnm.

De acuerdo con las bases técnicas entregadas por MLP este informe contiene la siguiente información:

- Recepción del ensayo.
- Recepción de la información de los primeros años de ensayo.
- Consolidado de metodologías.

Es importante mencionar que este ensayo se encuentra sin actividades desde septiembre del 2014, fecha en la cual la empresa CDS dejó de prestar los servicios de mantención.

2 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

Los objetivos generales y específicos para el Informe 0 son los siguientes:

2.1 OBJETIVO GENERAL:

Entregar un diagnóstico inicial del estado del área de Fitoestabilización realizado por MLP en la etapa anterior, considerando el estado de la infraestructura, equipamiento y especies.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Recepción y revisión de los documentos entregados por MLP a ARCADIS lo cuales fueron generados en la etapa anterior.
- Determinar brechas en relación a la información entregada y/o los resultados generados en la etapa anterior.

- Presentar, de ser estimado por ARCADIS, una propuesta técnica con la finalidad de incluir nuevas especies o técnicas para el establecimiento de las plantas.
- Revisión de las partes que conforman el ensayo (cercos, plantas y sistema de riego).
- Definir una nueva área de 30 ha en la cubeta del tranque de relaves Quillayes para el establecimiento de plantas.

3 METODOLOGÍA

A continuación se presenta la metodología realizada para la elaboración del presente informe.

3.1 REVISIÓN DE ANTECEDENTES

Posterior a la adjudicación del contrato por parte de ARCADIS y a la reunión de inicio realizada el 07 de enero del 2015 según consta el minuta de reunión de inicio N°4357-MIN-001 efectuada en las dependencias de MLP con el Sr Nelson Riquelme, se solicitó formalmente la entrega de todos los documentos generados durante la etapa anterior del ensayo. La información entregada por MLP está conformada por los documentos listados en el Anexo A del presente informe.

Los documentos entregados fueron revisados por los especialistas de ARCADIS y analizados con la finalidad de entregar una apreciación técnica del ensayo en lo que respecta a los resultados por bloques, tratamientos y repeticiones, en especial en lo que tiene relación con la adaptación de las diferentes especies a las condiciones físico-química del sustrato del tranque Quillayes.

3.2 REVISIÓN DE INSTALACIONES DE TERRENO

Durante el mes de enero del 2015 el encargado de terreno Sr. Alvaro Mondaca realizó una revisión de las condiciones en las que se encuentra el ensayo. De acuerdo a la información que tiene Arcadis, SKM finalizó sus labores a fines del 2013 y CDS realizó el último riego en septiembre del 2014. Esta revisión consideró el estado del cerco perimetral del ensayo y la mortalidad de las plantas por bloques, tratamientos y repeticiones.

Posterior a ello, se realizó junto a especialistas de ARCADIS la revisión del sistema de riego y de las instalaciones utilizadas para la primera etapa del ensayo, las cuales fueron adquiridas por ARCADIS.

3.3 SELECCIÓN DE 30 HA ADICIONALES

MLP ha solicitado definir la ubicación de 30 hectáreas adicionales en el Tranque Quillayes para establecer un segundo ensayo de evaluación del sistema de Fitoestabilización con condiciones similares a las del primer ensayo.

La identificación del sector incluye un levantamiento topográfico de modo de establecer con precisión las 30 ha solicitadas y la generación de un plano georreferenciado de hoyaduras.

Para la selección del sector se consideraron los siguientes criterios:

- Acceso y cercanía a los arranques del actual sistema de riesgo.
- Franjas para caminos con más frecuencia de circulación.
- Instalaciones de faenas existentes y plataformas más franjas de acceso a pozos productores y de monitoreo existentes.
- Verificación de obras en el sector que pongan en riesgo a las personas que realizarán los trabajos posteriores.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 REVISIÓN DE DOCUMENTOS

El ensayo considera la sectorización de las 30 ha originales en 3 bloques, cada uno con 3 tratamientos y 2 repeticiones por cada una. En él son evaluadas 11 especies vegetales (arbóreas y arbustivas).

4.1.1 Tranque de Relaves

El tranque de relave fue cubierto con una capa de material granular con el propósito de mitigar la generación de material particulado del relave potencialmente contaminante hacia sectores vecinos. Esta cobertura presenta un espesor de 15 a 30 cm aproximadamente y el material corresponde a suelos de texturas variables obtenidos de los cerros que circundan el tranque. El área del ensayo es heterogénea, tanto en lo relacionado con el viento como con el material granular depositado sobre el relave.

Inicialmente se realizaron análisis químicos al sustrato del tranque, cuyas principales características se muestran a continuación:

- Presenta un pH de 6,1 moderadamente ácido, bajo contenido de materia orgánica (0,35%) y conductividad eléctrica 2,8 dS m⁻¹ (ligeramente salino)
- Niveles de nitrógeno, fósforo y potasio disponibles de 19, 30 y 107 mg kg⁻¹ respectivamente, considerados como niveles medios respecto a fertilización.
- Respecto a los elementos traza metálicos As, Cd, Cr, Hg y Pb, están bajo los niveles que indican la revisión bibliográfica de valores referenciales que causan toxicidad.
- Altos contenidos de Cu, SO₄ y Fe en la fracción disponible del relave.

4.1.2 Tratamientos

En la primera etapa del ensayo se establecieron los siguientes tratamientos:

T0: Testigo, sin plantación ni enmienda.

T1: Plantación sin acondicionamiento o enmienda.

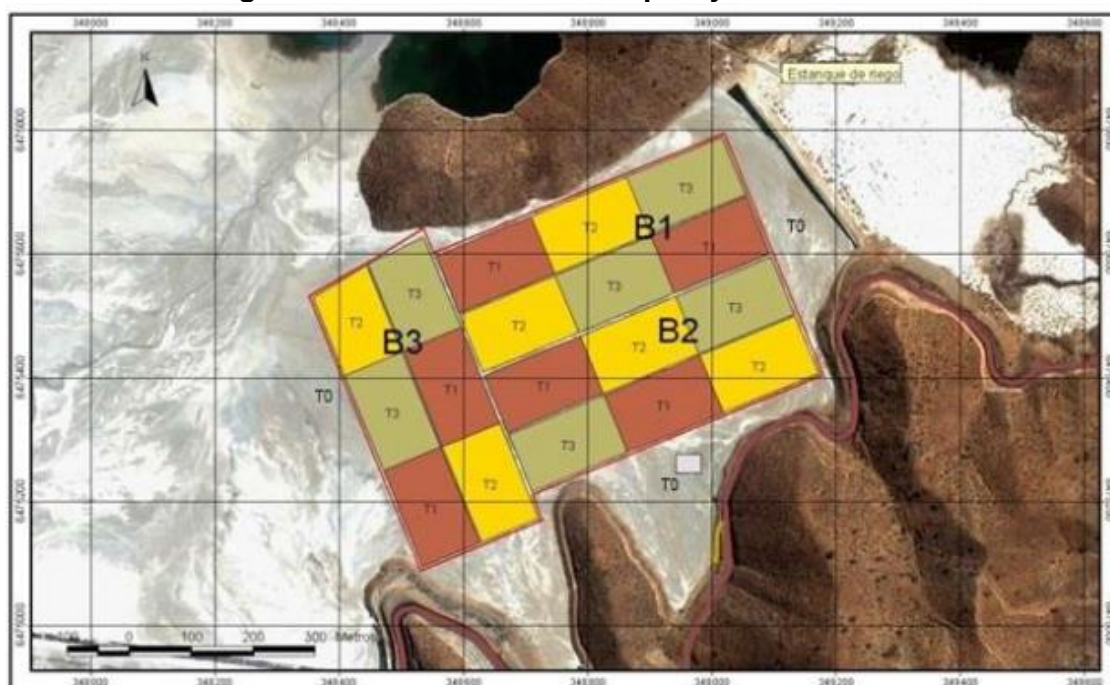
T2: Plantación con compost como enmienda orgánica en la casilla.

T3: Plantación con plantas inoculadas con micorrizas (*Glomus intraradices*).

4.1.3 Diseño experimental

El diseño experimental fue establecido en bloques, contemplando 3 bloques de 10 hectáreas cada uno. Cada bloque tiene dos repeticiones por cada uno de los tratamientos T1, T2 y T3. El tratamiento T0 fue establecido fuera de los tres bloques descritos, según se observa en la Figura 4.1.

Figura 4.1. Distribución de bloques y tratamientos.



Fuente JACOBS, 2014.

4.1.4 Principales resultados de las plantas establecidas

Para este ensayo, en el tranque Quillayes se establecieron 11 especies. Estas correspondieron a:

- Acacia saligna, *Acacia saligna*
- Algarrobo, *Prosopis chilensis*

- Espino, *Acacia caven*
- Huingán, *Schinus polygamus*
- Litre, *Lithrea caustica*
- Maitén, *Maytenus boaria*
- Pimiento, *Schinus molle*
- Quillay, *Quillaja saponaria*
- Quilo, *Muehlenbeckia hastulata*
- Romerillo, *Baccharis linearis*
- Talhuén, *Talguenea quinquinervia*

Los principales resultados de las plantas con respecto a supervivencia, desarrollo y concentración de elementos se presenta en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1. Principales resultados del establecimiento de distintas plantas desde enero 2012 a julio de 2013.

Índice	Resultados
Sobrevivencia y desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> • Supervivencia global de un 99% de las plantas establecidas. • Mayor supervivencia de <i>Acacia saligna</i>, algarrobo, espino, huingán y romerillo. • Menor supervivencia de quilo, litre, tralhuén (aunque sobre 90%) y maitén (87%). • Los tratamientos no influyeron sobre la mortalidad de especies. • Mayor crecimiento en altura de las especies algarrobo, quilo y romerillo, mientras que el mayor desarrollo de copa fue registrado para quilo y huingán. • Ninguna planta presentó síntomas de déficit o toxicidad.
Concentración de elementos en tejido foliar	<ul style="list-style-type: none"> • Estado nutricional de todas las especies fue satisfactorio. • Los tratamientos no incidieron significativamente en la concentración de elementos en hojas de las plantas. • La concentración de elementos en hojas depende principalmente del factor "especie". • Cr, Pb, As, Mo y Hg se encontraron en niveles bajos, siempre por debajo de los umbrales de riesgo. • El factor tiempo de residencia es el que más incidió en la bioacumulación.
Concentración de elementos en tejido radical	<ul style="list-style-type: none"> • Cu se acumuló más en raíces que en hojas en todas las especies, similar para Mo y Mn. • La característica "metalófito excluyente" no fue genérica para todos los metales. • Plantas de vivero retuvieron Cu, Mo y As en raíces.

Fuente: Arcadis 2015

4.1.5 Muestreos realizados en etapa inicial

4.1.5.1 Muestreos de Relaves

Las muestras iniciales, o de línea base de relave, fueron realizadas en febrero 2012 y fuera del polígono del ensayo, analizándose tres muestras compuestas con ocho submuestras, obtenidas a una profundidad entre 30 a 50 cm.

Respecto al seguimiento del relave en la zona de estudio, se monitoreó en dos oportunidades: agosto 2012 y junio 2013. En cada fecha se tomaron muestras de relave fuera del polígono (T0) y en cada bloque dentro del polígono de plantación (T1, T2 y T3). Para cada tratamiento se obtuvieron tres muestras compuestas (una por bloque) a partir de ocho submuestras cada una (Ver Tabla 4-2).

Tabla 4-2. Descripción de muestreos realizados en el relave.

Descripción Muestra	N° de muestras	N° de muestreos	Total
Inicial o Línea base	3	1	3
Seguimiento			
T0	3	2	6
T1	3	2	6
T2	3	2	6
T3	3	2	6
Total de muestras de relaves del estudio			27

Fuente: Arcadis 2015

En estas 27 muestras de relaves se analizaron los siguientes parámetros: pH, Conductividad eléctrica, Materia orgánica, NPK total y disponibles, As total y disponible, B total, Ca total y disponible, Cd total y disponible, Cr total y disponible, Cu total y disponible, Cl, Fe total y disponible, Hg disponible, Mg total y disponible, Mn total y disponible, Mo total y disponible, Na disponible, Ni disponible, S total y disponible, Se disponible, Pb total y disponible, Zn total y disponible.

4.1.5.2 Muestreos de Plantas

Los muestreos de plantas contemplaron hojas y raíces. No en todos los muestreos se analizaron las 11 especies de plantas establecidas. Los muestreos realizados a las hojas y raíces corresponden a muestreos de línea base (inicial y sólo realizados una vez) y muestreos de seguimiento (realizados en distintas épocas del año).

a) Muestreos Línea base

Los muestreos de línea base se realizaron sólo una vez con el objetivo de tener datos de referencias respecto a la concentración de elementos en las plantas en dos situaciones:

- Plantas del entorno, cercana a tranque de relaves y no forman parte del ensayo. Se realizaron dos muestreos de hojas en primavera y verano para 10 especies, con tres repeticiones por especie. Se analizaron un total de 66 muestras de hojas. Para las raíces se realizó el muestreo en invierno, para las 11 especies y tres repeticiones. Se analizaron un total de 33 muestras de raíces.
- Plantas de vivero, mantenidas en condiciones controladas en vivero: Se tomaron muestras de hoja y raíz de 10 de las 11 especies que formaron parte del ensayo en mayo de 2012. Se consideraron 3 repeticiones por especie tanto para tejido foliar

como para radical. Se analizaron un total de 30 muestras de hojas y 30 muestras de raíces.

b) Muestreos de seguimiento

Se realizaron 4 muestreos de seguimiento en hojas en las cuatro estaciones climáticas del año. No se muestrearon todas las especies en cada campaña debido a que algunas no presentan hojas al momento del muestreo. Las fechas de muestreo fueron:

- Primera campaña (invierno) : julio de 2012.
- Segunda campaña (primavera) : noviembre de 2012.
- Tercera campaña (verano) : enero de 2013.
- Cuarta campaña (otoño) : abril de 2013.

En caso de las hojas, considerando los tres bloques del ensayo, dos repeticiones por bloque y las especies muestreadas en cada campaña, el número total de muestras foliares analizadas en laboratorio se estimó en un total de 558 muestras de hojas, según se describe en la Tabla 4-3.

En caso de raíz, se realizó 1 muestreo de seguimiento en raíz en mayo de 2013. Se muestrearon tres tratamientos, por 5 plantas, por 3 bloques y 11 especies, lo que equivale a un total aproximado de 495 muestras de raíz.

Tanto en hoja como en raíz se realizaron los análisis para determinar la concentración de elementos indicados en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3. Número aproximado de muestras de tejido foliar analizadas durante el seguimiento.

Campaña	N° especies muestreadas ¹	N° bloques	N° repeticiones	N° tratamientos	Sub-total	Elementos analizados
Invierno	6	3	2	3	108	N, P, K, Cu, Zn, Mn, Mo y As
Primavera	8	3	2	3	144	N, P, K, Cu, Zn, Mn, Mo, As, Cr, Cd, Pb y Hg
Verano	8	3	2	3	144	N, P, K, Cu, Zn, Mn, Mo, As, Cr, Cd, Pb y Hg
Otoño	9	3	2	3	162	N, P, K, Cu, Zn, Mn, Mo, As, Cr, Cd, Pb y Hg
Total estimado para hojas					558	

Fuente: Arcadis 2015

¹: No todas las especies fueron muestreadas en todas las campañas debido a diversas causas como escasez y caducidad de hojas.

4.2 REVISIÓN EN TERRENO

A continuación se entregan los principales resultados de la revisión de los diferentes componentes de este ensayo. Esto considera las especies vegetales, el sistema de riego, el cerco perimetral y las instalaciones de apoyo como containers de oficina y bodega.

4.2.1 Especies vegetales

La revisión de los individuos por especies vegetales que conforman las repeticiones y tratamientos por bloque entregaron como resultado final del diagnóstico, la siguiente cantidad de ejemplares secos o muertos:

Tabla 4-4. Mortandad de individuos Bloque 1.

Bloque 1	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3		Total
Especie Vegetal	Rep-1	Rep-2	Rep-1	Rep-2	Rep-1	Rep-2	
Maitén	7	7	7	5	7	8	41
Litre	0	0	0	0	2	0	2
Quilo	0	0	0	0	0	1	1
Huingán	1	2	2	2	3	5	15
Espino	5	2	5	2	7	3	24
Acacia saligna	0	2	0	0	2	2	6
Tralhuén	7	16	12	12	5	15	67
Algarrobo	0	2	4	1	8	1	16
Pimiento	0	0	1	0	0	0	1
Quillay	3	3	4	2	4	4	20
Romero	1	0	3	0	6	1	11

Fuente: Arcadis 2015

De acuerdo con la Tabla 4-4, en el Bloque 1 las especies con mayor mortandad corresponden a Tralhuén, Maitén y Espino con 67, 41 y 24 individuos respectivamente.

Tabla 4-5. Mortandad de individuos Bloque 2.

Bloque 2	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3		Total
Especie Vegetal	Rep-1	Rep-2	Rep-1	Rep-2	Rep-1	Rep-2	
Maitén	1	10	1	7	2	7	28
Litre	0	0	0	0	0	0	0
Quilo	0	0	0	0	0	0	0
Huingán	1	2	1	1	1	4	10
Espino	0	6	0	10	2	3	21
Acacia saligna	1	1	1	2	2	0	7
Tralhuén	5	14	5	13	5	14	56
Algarrobo	0	1	0	0	0	0	1
Pimiento	0	1	0	0	1	0	2
Quillay	4	1	4	1	1	4	15

Bloque 2	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3		Total
Especie Vegetal	Rep-1	Rep-2	Rep-1	Rep-2	Rep-1	Rep-2	
Romero	0	0	0	1	0	2	3

Fuente: Arcadis 2015

Según la tabla anterior, las especies con mayor mortandad en el Bloque 2 correspondieron a Tralhuén, Maitén y Espino con 56, 28 y 21 individuos respectivamente.

Tabla 4-6. Mortandad de individuos Bloque 3.

Bloque 3	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3		Total
Especie Vegetal	Rep-1	Rep-2	Rep-1	Rep-2	Rep-1	Rep-2	
Maitén	3	3	5	0	6	0	17
Litre	0	0	0	0	0	0	0
Quilo	0	0	0	0	0	0	0
Huingán	5	2	1	3	4	6	21
Espino	9	3	4	0	4	0	20
Acacia saligna	3	2	2	0	2	0	9
Tralhuén	16	25	48	0	10	0	99
Algarrobo	3	0	0	0	0	5	8
Pimiento	0	0	0	0	1	0	1
Quillay	4	0	4	1	4	8	21
Romero	0	1	0	0	1	0	2

Fuente: Arcadis 2015

La Tabla 4-6 muestra que las especies con mayor mortandad en el Bloque 3 correspondieron a Tralhuén, Huingán y Quillay con 99, 21 y 21 individuos menos respectivamente.

Finalmente, en la Tabla 4-7 se entrega la cantidad total de individuos vivos al final de la etapa anterior y el resumen de individuos muertos por especie vegetal para cada uno de los bloques.

Tabla 4-7. Resumen de Mortandad de individuos por Bloques.

Especie Vegetal	Informe Final SKM	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Total	Porcentaje mortandad respecto a la misma especie en etapa anterior
Maitén	306	41	28	17	86	28,1%
Litre	36	2	0	0	2	5,6%
Quilo	36	1	0	0	1	2,8%
Huingán	7.403	15	10	21	46	0,6%
Espino	1.879	24	21	20	65	3,5%
Acacia saligna	544	6	7	9	22	4,0%
Tralhuén	2.835	67	56	99	222	7,8%
Algarrobo	2.517	16	1	8	25	1,0%

Especie Vegetal	Informe Final SKM	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Total	Porcentaje mortandad respecto a la misma especie en etapa anterior
Pimiento	1.852	1	2	1	4	0,2%
Quillay	2.090	20	15	21	56	2,7%
Romero	6.182	11	3	2	16	0,3%

Fuente: Arcadis 2015

De acuerdo con la tabla anterior, las especies vegetales que sufrieron la mayor pérdida de individuos correspondieron a Tralhuén con 222, Maitén con 86 y Espino con 65. Sin embargo, al analizar el porcentaje de individuos muertos en relación al total de ellos por especie vegetal al final de la etapa anterior, los mayores porcentajes de mortandad correspondieron a Maitén con 28,1%, Tralhuén con 7,8% y Litre con 5,6%.

Por otro lado, las especies con menor porcentaje de mortandad o mayor sobrevivencia de individuos correspondieron a Pimiento con 0,2%, Romero con 0,3% y Huíngán con 0,6%.

4.2.2 Sistema de riego

De acuerdo con los antecedentes entregados y revisados en terreno el sistema de riego está conformado por los siguientes elementos:

- Estanque almacenamiento.
- Cabezal de riego.
- Red de tuberías de HDPE.
- Nudos Sectores de Riego
- Líneas laterales de polietileno.
- Goteros.

En las siguientes fotografías se muestran algunos de los principales componentes del sistema de riego.



Fotografía 4-1 : Vista Caseta de riego



Fotografía 4-2: Vista Cabezal de riego



Fotografía 4-3 : Manifold de sector de riego.



Fotografía 4-4 : Vista de gotero y microtúbulo.

Durante el recorrido se revisó toda la red de tuberías de HDPE que va desde la válvula que entrega el agua del estanque hasta las laterales de polietileno en cada uno de los sectores por bloques, tratamientos y repeticiones. En ella no se detectaron filtraciones ni roturas.

En el caso de la caseta de riego, se observó una filtración en el codo ubicado posterior al filtro de anillas lo que implicará el cambio de dicho elemento. (Ver Fotografía 4-2)

Por otro lado, no se detectaron fallas en ninguna de las válvulas que conforman el sistema de riego (válvulas de aire, de bola o de compuerta) ni de los caudalímetros ubicados en los sectores de riego.

En el caso de los goteros, se observó que algunos de ellos debido a la dilatación y contracción de las tuberías de polietileno posiblemente en el momento de la instalación del sistema de riego quedaron desfasados en relación al individuo que deben regar (Ver Fotografía 4-5). Por otro lado, se observaron goteros que no entregaban agua debido a una

baja de presión por la filtración en el cabezal de riego o por el taponamiento de ellos. También se registraron microtúbulos desconectados de los goteros (Ver Fotografía 4-6).



Fotografía 4-5 : Gotero desplazado en relación a individuo a regar



Fotografía 4-6: Vista de microtúbulo desconectado de gotero.

Debido a que el ensayo se encontraba sin funcionamiento desde septiembre del 2014, no se descarta la aparición de algas en el sistema de tuberías o acumulación de carbonatos que hayan taponeado los goteros.

4.2.3 Cerco perimetral

Durante el recorrido realizado al cerco perimetral que delimita el ensayo, no se observaron daños en los portones (Ver Fotografía 4-7 y Fotografía 4-8). Sin embargo, de acuerdo a la Fotografía 4-9 durante la inspección se constató que existen aproximadamente 12 metros de cerco que se encuentran dañados y que requiere mantención.



Fotografía 4-7: Vista portón de acceso



Fotografía 4-8: Vista cerco perimetral



Fotografía 4-9 Vista cerco perimetral dañado

4.2.4 Instalaciones anexas

Las instalaciones anexas están compuestas por dos containers, uno de oficina y otro de bodega. Estos containers y su contenido fueron comprados por ARCADIS a la empresa a cargo de la primera etapa del ensayo (JACOBS) (Ver Fotografía 4-10 a Fotografía 4-12).



Fotografía 4-10: Vista container oficina



Fotografía 4-11: Vista container bodega



Fotografía 4-12: Vista interior container bodega

En el Anexo B se entrega un listado de los principales elementos que se encuentran en cada uno de los containers.

Durante la recepción y revisión de ellos, el personal de ARCADIS observó que ambos se encuentran en buen estado de conservación, al igual que los elementos que se encuentran en su interior.

Dentro del sector donde se ubican estas instalaciones se observó que los letreros se encuentran deteriorados por el paso del tiempo y deberán ser pintados y acondicionados nuevamente (Ver Fotografía 4-13 y Fotografía 4-14).



Fotografía 4-13: Vista letrero deteriorado



Fotografía 4-14: Vista letrero deteriorado.

4.3 SELECCIÓN DE 30 HA ADICIONALES

En forma preliminar se propusieron las siguientes dos alternativas (identificadas en color verde y amarillo respectivamente):

Figura 4-2 Alternativa N°1, 30 ha adicionales



Fuente: ©2010 Google, Image © 2012 Digital Globe, ©2012Cnes/Spot Image.

Figura 4-3 Alternativa N° 2, 30 ha adicionales



Fuente: ©2010 Google, Image © 2012 Digital Globe, ©2012Cnes/Spot Image.

De las alternativas propuestas por Arcadis, MLP seleccionó la alternativa N°1 con la eliminación del último bloque e incorporación de dos bloques de menor tamaño en el sector colindante al poniente del ensayo de la primera etapa.

Se realizó un análisis de las interferencias que presentaba la alternativa N°1, basado en una inspección visual al terreno y se concluyó que actualmente la empresa maquinarias Olmué

se encuentra realizado movimientos de tierra en el sector, lo que significa un riesgo para las personas que realizarán las hoyaduras. (Derrumbes, polvo en suspensión, etc.). Por otro lado uno de los bloques se encontraría ubicado sobre la actual instalación de faena de la Fitoestabilización, tal cual se muestra en la Figura 4-4.

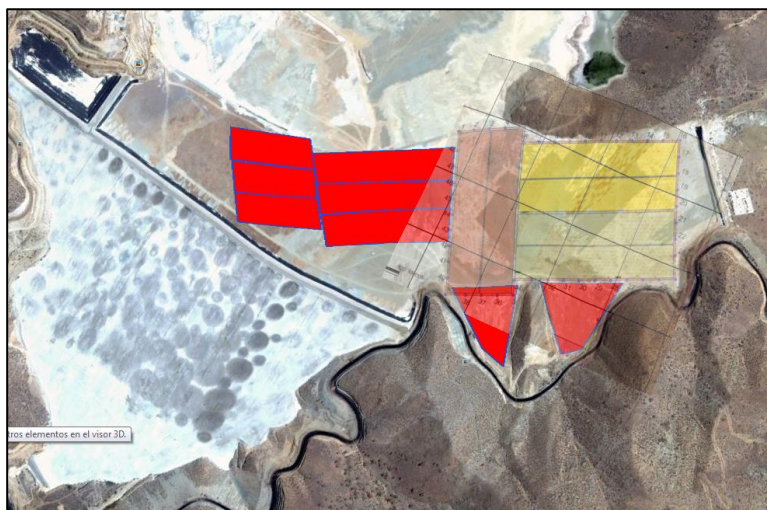
Figura 4-4 Alternativa N°1, modificada



Fuente: ©2010 Google, Image © 2012 Digital Globe, ©2012Cnes/Spot Image.

Finalmente, frente al análisis realizado se definió la siguiente propuesta de ubicación de las 30 ha adicionales para la segunda etapa de la Fitoestabilización, asegurando no bloquear las franjas de caminos perimetrales e instalación de faenas. Este sector quedará completamente definido una vez realizado el levantamiento topográfico solicitado, el cual está programado para ser realizado entre la tercera y cuarta semana de febrero.

Figura 4-5 Sector definido para fitoestabilizar 30 ha adicionales.



Fuente: ©2010 Google, Image © 2012 Digital Globe, ©2012Cnes/Spot Image.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De la revisión de los antecedentes de la etapa anterior y la inspección y análisis desarrollado en este primer periodo al ensayo, se proponen las siguientes tareas que llevará a acabo Arcadis.

5.1 ENSAYO

5.1.1 Tratamientos

Se propone no continuar con el tratamiento de uso de micorrizas (T3) debido a que en la mayoría de las especies estudiadas no se observaron efectos positivos sobre el desarrollo de las plantas, así como tampoco en la concentración de elementos traza metálicos. Además, dado que el objetivo del ensayo es fitoestabilizar de relave, se considera que profundizar el estudio con micorrizas (verificar que haya ocurrido la inoculación o buscar otras cepas de hongos), no garantiza obtener los resultados esperados.

Continuar con el tratamiento de compost, debido a que éste promovió una mayor acumulación en raíces de Cr, Pb y Zn en la mayoría de las especies, siendo interesante probar dosis mayores de compost y volver a verificar el desarrollo de las plantas, así como también las concentraciones de elementos traza metálicos en tejidos.

Reemplazar aquellos ejemplares secos o muertos de la especie con mayor mortandad con otra especie que pueda tener un potencial para sobrevivir y adaptarse a las condiciones físico-químico del sustrato del tranque Quillayes. Estas especies podrían ser:

- *Huigán, algarrobo y quilo*
- *Además, se debe analizar la posibilidad de incorporar nuevas especies como *Carpobrotus aequilaterus* (Doca)*

5.1.2 Muestreos

Continuar con el muestreo anual de relaves. Debido a los valores de pH, podría incluirse el aluminio en reemplazo de otro elemento como el carbonato total.

No es necesario, en relación al muestreo de línea base, tomar nuevamente muestras de las plantas de la vegetación aledaña o cercana al ensayo, ya que según se observó en los resultados obtenidos, el tiempo de residencia incide en la concentración de elementos en los tejidos y sería un valor referencial.

Se recomienda no muestrear material vegetal durante el mes de invierno, debido a las especies están en el período de menor actividad y menor crecimiento. Esto contribuiría a no disminuir la biomasa al final del ensayo.

Muestrear en la misma fecha hojas y raíces en la campaña final (otoño), ya que no se realizó de esta forma en el ensayo.

5.1.3 Seguimiento de los ensayos

Continuar el muestreo de plantas para cada estación del año, excepto campaña de invierno. Se considera importante realizar un seguimiento del pH del relave *in situ* ya que de continuar los procesos de acidificación debiese ser aplicada una corrección con alguna enmienda calcárea, con el fin de evitar que aumente la disponibilidad de elementos traza metálicos.

Es necesario contar con análisis químico de agua de riego en forma periódica, que en el ensayo no se especifica. Según lo comentado en la reunión de inicio, esta actividad podría ser desarrollada por MLP.

Registro de parámetros climáticos de la zona durante el ensayo. En el informe no aparecen las condiciones climáticas (temperatura, humedad relativa, precipitaciones, dirección de vientos).

5.1.4 Resultados

Calcular el índice de fitoextracción. La determinación de este índice es de utilidad para la selección de especies, ya que permite asignar un valor numérico a la capacidad de fitoestabilización. Mientras menor sea este índice, mayor es la capacidad de fitoestabilización de la especie. Este cálculo no significa aumentar el número de mediciones y/o seguimiento. Este índice se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T_i = \frac{\text{Concentración del metal en hojas (mg kg}^{-1}\text{)}}{\text{Concentración del metal en raíces (mg kg}^{-1}\text{)}}$$

Incluir la caracterización química de compost.

Establecer relaciones alométricas entre diámetro cuello, altura y diámetro de copa para algunas especies.

5.1.5 Otros

- Se sugiere cambiar el término “sustratos de relaves” por relaves.
- Distinguir en el texto metales de metaloides.
- No emplear el término radicular (se refiere a radícula proveniente de la raíz primaria de la semilla), es correcto el término radical.
- Usar el término análisis de hojas o análisis foliar en vez del término genérico follaje.
- Presentar el informe final en formato más resumido y de mayor carácter científico.

5.2 SISTEMA DE RIEGO

La revisión de todos los elementos que conforman el sistema de riego permite concluir que solo se debe reparar del cabezal de riego, el resto de los elementos no presentan daños ni filtraciones.

Debido al taponamiento de algunos goteros, se requiere la aplicación de hipoclorito y ácido fosfórico ($H_1 PO_4$) 45N o ácido sulfúrico ($H_2 SO_4$) 36N de acuerdo a lo indicado en el *Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema de Riego* realizado por la empresa TEKNAR con la finalidad de realizar el lavado del sistema de tuberías y limpieza de goteros.

Realizar en cada una de los individuos (plantas) una pequeña taza con la finalidad de mejorar la eficiencia de aplicación del agua aplicada en cada riego. De esta manera se concentrara en la planta y no se desviará hacia otros puntos alejados de ella.

Se estima que debido a que este ensayo considera en un mediano plazo dejar que las especies vegetales seleccionadas sobrevivan de forma autónoma sin riego, dejar una de las repeticiones de cada tratamiento por bloque sin riego. Con esta medida se podrá evaluar cuál de las especies del ensayo puede mantener una sobrevivencia sin aplicación de agua de riego.

5.3 INSTALACIONES ANEXAS

En el caso de las instalaciones anexas como containers de oficina y bodega se observaron en buen estado de conservación por lo tanto no requieren labores de reparación solo mantención.

En el caso de los letreros que se ubican en el mismo sector se requiere que sean acondicionados nuevamente para que cumplan la función para la que fueron fabricados.

ANEXOS

ANEXO A

LISTADO DE DOCUMENTOS ENTREGADOS POR MLP

TIPO DE DOCUMENTO	CÓDIGO	TÍTULO	AUTOR	FECHA
INFORMACIÓN DE TERRENO				
Certificados Caudalímetros	S/I	CERTIFICADOS CAUDALÍMETROS	SKM	01-09-2012
Control de Supervivencia	S/I	CONTROL DE SOBREVIVENCIA	SKM	06-2012 AL 06-2013
Control Plantación	S/I	CONTROL PLANTACIÓN	SKM	02-2012 AL 03-2012
Entrega Estanque	S/I	ENTREGA ESTANQUE	SKM	01-03-2012
Ingreso de Fertilizante	YE01430-0000-HS-EM-PE-008_0	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO PARA LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES	SKM	01-10-2011
Medición de Goteros	S/I	MEDICIÓN DE GOTEROS	SKM	S/I
Precipitaciones	S/I	PRECIPITACIONES	SKM	2011 AL 2013
Pruebas Hidráulicas Sistema Riego	S/I	PRUEBAS HIDRÁULICAS SISTEMA RIEGO	SKM	01-03-2013
Registro de Hoyadura	S/I	REGISTRO DE HOYADURA	SKM	S/I
Registros de riego	S/I	REGISTROS DE RIEGO	SKM	03-2012 AL 05-2013
Replantes	S/I	REPLANTES	SKM	S/I
Resumen Especies	S/I	RESUMEN ESPECIES	SKM	S/I
Temperaturas	S/I	TEMPERATURAS	SKM	2012 AL 2013
INFORMES CDS ETAPA PRE ARCADIS Y POST SKM				
PM-30Hás. 001-semana (02-06-2014)	S/I	TAREAS MANTENCION FITO ESTABILIZADO	CDS	02-06-2014
PM-30Hás. 001-semana (02-06-2014)	S/I	TAREAS MANTENCION FITO ESTABILIZADO	CDS	02-06-2014
PM-30Hás. 003-semana (09-06-2014)	S/I	TAREAS MANTENCION FITO ESTABILIZADO	CDS	09-06-2014
PM-30Hás. 004-semana (02-07-2014)	S/I	TAREAS MANTENCION FITO ESTABILIZADO	CDS	02-07-2014
PM-30Hás. 005-semana (02-07-2014)	S/I	TAREAS MANTENCION FITO ESTABILIZADO	CDS	02-07-2014
PM-30Hás. 006-semana (16-07-2014)	S/I	TAREAS MANTENCION FITO ESTABILIZADO	CDS	16-07-2014
PM-30Hás. 007-semana (23-07-2014)	S/I	TAREAS MANTENCION FITO ESTABILIZADO	CDS	23-07-2014
PM-30Hás. 008-semana (30-07-2014)	S/I	TAREAS MANTENCION FITO ESTABILIZADO	CDS	30-07-2014
PM-30Hás. 009-semana (06-08-2014)	S/I	TAREAS MANTENCION FITO ESTABILIZADO	CDS	06-08-2014
PM-30Hás. 010-semana (13-08-2014)	S/I	TAREAS MANTENCION FITO ESTABILIZADO	CDS	13-08-2014
PM-30Hás. 011-semana (20-08-2014)	S/I	TAREAS MANTENCION FITO ESTABILIZADO	CDS	20-08-2014
PM-30Hás. 012-semana (27-08-2014)	S/I	TAREAS MANTENCION FITO ESTABILIZADO	CDS	27-08-2014
PM-30Hás. 013-semana (03-09-2014)	S/I	TAREAS MANTENCION FITO ESTABILIZADO	CDS	03-09-2014
PM-30Hás. 014-Informe final (04-09-2014)	S/I	TAREAS MANTENCION FITO ESTABILIZADO	CDS	04-09-2014
OTROS				
Trabajo de Titulación	S/I	DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN ESPECIES DE IMPORTANCIA, DE COLONIZACIÓN NATURAL DEL TRANQUE DE RELAVES EL CHINCHE DE MINERA LOS PELAMBRES	Nicole Funes	2011

ANEXO B
INVENTARIO DE HERRAMIENTAS, INSUMOS, MATERIALES,
INMOBILIARIO Y EQUIPOS DEL PROYECTO DE
FITOESTABILIZACION.

INVENTARIO DE HERRAMIENTAS, INSUMOS, MATERIALES, INMOBILIARIO Y EQUIPOS DEL PROYECTO DE FITOESTABILIZACION.

Herramientas	Cantidad	Unidad de medida	Lugar	Observaciones
Tecle 2 Ton.	1	un	Bodega	
Pala Punta huevo	15	un	Bodega	
Pala Excavacion	6	un	Bodega	
Chuzos	9	un	Bodega	
Carretillas	2	un	Bodega	Hay una con el neumático pinchado.
Carretillas	2			
Martillos	4	un	Bodega	2 de 1 pieza, 1 de fibra y 1 madera malo.
Serrucho	3	un	Bodega	2 grandes y 1 chico
Mazos	4	un	Bodega	1 de 5lb y 1 de 3 lb, 2 de mango madera fuera de estandar.
Huinchas	2	un	Bodega	1 de 50 mt, 1 de 5 mt.
Picota	1	un	Bodega	
Rastrillos	2	un	Bodega	Tramontina
Pala jardinera	5	un	Bodega	
Rastrillo jardinero	1	un	Bodega	
Juego de llaves 14 piezas	1	un	Bodega	Desde 10 mm a 32 mm
Llave Stylson	1	un	Bodega	De 14"
Llave francesa Stanley	1	un	Bodega	De 12"
Llave de cadena Stanley	1	un	Bodega	De 12"
Destornilladores	2	un	Bodega	1 de paleta y 1 de cruz
Alicates	2	un	Bodega	1 naranja y 1 negro
Escuadra carpintera Stanley	1	un	Bodega	
Saca bocado	3	un	Bodega	
Marco de Sierra	1	un	Bodega	2 hojas
Brocas	4	un	Bodega	1/4 "
Cuchillo retráctil	4	un	Bodega	Stanley
Pistola de silicona	1	un	Bodega	
Insumos y Materiales	Cantidad	Unidad de medida	Lugar	Observaciones
Cinta peligro	20	mts	Bodega	

Caja herramientas	1	un	Bodega	
Baldes de 20 lt	3	un	Bodega	
Bidones de 60 lt con llave	2	un	Bodega	
Bidones agua potable	9	un	Bodega	
Rodillo	1	un	Bodega	
Jarros milimetrados	4	un	Bodega	
Buching 2 1/2 "	7	un	Bodega	
Baldes concreteros	2	un	Bodega	
Cajas cosecheras	6	un	Bodega	En vivero CDS hay 194 bandejas.
Cable 2.5	20	mts	Instalación	Panel solar
Inmobiliario	Cantidad	Unidad de medida	Lugar	Observaciones
Bancas	2	un	Terreno	
Dispensadores Agua	4	un	Terreno	
Perchero	1	un	Instalación	
Colilleros	2	un	Instalación	
Tablero Emergencia	1	un	Instalación	
Porta Extintor	2	un	Instalación	
Porta bocina	1	un	Instalacion	
Rejilla limpia pies	2	un	Faena	
Durmientes Container	8	un	Faena	
Escritorios	2	un	Faena	
Escritorios	1			
Sillas ejecutivas	2	un	Instalación	
Sillas visitas	6	un	Instalación	Las 6 están picadas en el asiento.
Papelero	2	un	Instalación	
Pala de basura	1	un	Instalación	
Escobillon	1	un	Instalación	
Botiquin	1	un	Faena	Completo con sus materiales.
Corchetera	1	un	Faena	
Perforador	1	un	Faena	
Porta Scotch	1	un	Faena	
Porta clips	1	un	Faena	
Camilla inmovilizadora	1	un	Faena	
Basureros de residuos	3	un	Faena	Verde, rojo, azul
Sombreadero	5	un	Faena	
Pizarra	1	un	Faena	

Equipos	Cantidad	Unidad de medida	Lugar	Observaciones
Containers bodega	1	un	Faena	
Containers oficina	1			
Bomba de espalda	1	un	Faena	
Extintores	2	un	Faena	
Termómetro máxima y mínima	1	un	Sombreadero	
Bocina de emergencia	1	un	Faena	
Bomba de aire	1	un	Faena	
Panel solar	1	un	Instalación	Instalado con su plataforma.
Batería RA 12 V -100 ah	1	un	Instalación	Entre controlador e inversor
Inversor (panel)	1	un	Instalación	Inversor + 2 cables a batería
Controlador	1	un	Instalación	Entre panel y batería