



**GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
UNIDAD DE FISCALIZACIÓN**

**DIRECCION GENERAL DE AGUAS
Centro de Información Recursos Hídricos
Área de Documentación**

CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR DE EMBALSES REGIÓN DE COQUIMBO

RESUMEN EJECUTIVO

REALIZADO POR:

AQUATERRA INGENIEROS LTDA.

S.I.T. N° 174

Santiago, Marzo de 2009

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas
Ingeniero Civil Industrial Sr. Sergio Bitar C.

Director General de Aguas
Abogado Sr. Rodrigo Weisner L.

Jefe Unidad de Fiscalización
Biólogo Marino Sr. Francisco Riestra M.

Inspector Fiscal
Ingeniero Agrónomo M. S. Sr. Guillermo Sepúlveda R.

AQUATERRA INGENIEROS LTDA.

Jefe de Proyecto
Ingeniero Civil Jaime Vargas Paysen

Profesionales

Ingeniero Civil Raúl Ugalde Parraguez
Ingeniero Civil Kricor Bzdigian Kazazian
Ingeniero Civil Javier Artal Láscar
Ingeniero Civil Joel Provoste Barrientos
Constructor Civil Benito Pérez Maldonado
Ingeniero Civil Juan Atán Díaz
Topógrafa María José Gutiérrez Auad
Topógrafa Liz Velázquez Rodríguez
Dibujante Cristian Ahrend Labbé

INDICE RESUMEN EJECUTIVO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS | 1 |
| | 1.1 Introducción..... | 1 |
| | 1.2 Objetivos..... | 2 |
| 2 | ÁREA DE ESTUDIO | 2 |
| 3 | FUENTES DE INFORMACIÓN | 4 |
| 4 | TRABAJO EN TERRENO | 5 |
| 5 | FICHAS DE REGISTRO | 5 |
| 6 | ANÁLISIS GEOTÉCNICO | 6 |
| | 6.1 Propiedades Mecánicas..... | 7 |
| | 6.2 Análisis de Estabilidad de Taludes..... | 8 |
| | 6.3 Filtraciones..... | 9 |
| 7 | ESTUDIO DE CRECIDAS | 9 |
| 8 | HAZOP | 12 |
| 9 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 13 |

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción

Una de las principales atribuciones y funciones que el Código de Aguas le confiere a la Dirección General de Aguas es la Fiscalización, facultad matriz de la cual se derivan una serie de potestades de carácter normativo y regulador, respecto de los diferentes campos de acción del ámbito de los recursos hídricos.

El artículo 294 letra a) del Código de Aguas, establece que requerirán aprobación del Director General de Aguas, **los embalses de capacidad superior a cincuenta mil metros cúbicos (50.000 m³) o cuyo muro tenga más de 5 metros de altura.**

Por otra parte, el artículo 307 señala que la Dirección General de Aguas, inspeccionará las obras mayores, cuyo deterioro o eventual destrucción pueda afectar a terceros.

Comprobado el deterioro, la Dirección General de Aguas ordenará su reparación y podrá establecer, mediante resoluciones fundadas, normas transitorias de operación de las obras, las que se mantendrán vigentes mientras no se efectúe su reparación.

Si ello no se efectuase en los plazos que determine, dictará una resolución fundada, ratificando como permanente la norma de operación transitoria y además podrá aplicar a las Organizaciones que administren las obras una multa.

El Ministerio de Obras Públicas y en particular la Dirección General de Aguas, está iniciando un proceso de verificación del estado de las obras que pudieran afectar la vida y la salud de los habitantes de los sectores cercanos a ellas.

Para ello, requiere conocer en que situación se encuentran las obras denominadas en este estudio Embalses Mayores, es decir, aquellas asimilables a lo señalado en la letra a) del artículo 294 del Código de Aguas, pero también incluyendo para estos fines embalses cuya altura o capacidad no cabe en esa definición, pero que podrían generar potencial peligro para asentamientos humanos.

Cabe destacar que el Ministerio de Obras Públicas ha definido como una labor prioritaria el tema de la seguridad de las obras de Infraestructura pública y privada, teniendo especial relevancia el alto grado de riesgo de obras hidráulicas, específicamente las relacionadas con embalses.

La falta de prevención y previsión en el mantenimiento, reparación y operación de obras hidráulicas puede traer consigo graves daños a la propiedad pública y privada y a la vida y salud de los habitantes, una adecuada labor de inspección permitirá evitar

al Estado graves daños de carácter patrimonial consecuencia de múltiples acciones legales emprendidas por particulares perjudicados por la ocurrencia de un evento catastrófico atribuible a negligencia o falta de previsión por parte de la autoridad.

El alcance general que tiene el catastro de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras e hidrografías de los cuerpos de agua artificiales, mediante la visita a terreno de profesionales expertos; la medición de algunas dimensiones típicas de dichas obras, y la obtención de información mediante la entrevista a sus propietarios y/o beneficiarios.

El presente trabajo, además de lo último señalado, se evaluó, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados a cada embalse a través de la aplicación de ciertas metodologías conocidas para estos efectos.

1.2 Objetivos

Realizar un catastro de los embalses orientado a prevenir que el deterioro o eventual destrucción de estas obras pueda afectar la seguridad de terceros (artículo 307 del Código de Aguas).

Dentro de los objetivos específicos, se pueden nombrar:

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes.
- Inspección en terreno del número de embalses ofertados (croquis de ubicación, obras existentes, elaboración de fichas catastrales, etc.)
- Determinación de Caudales de Crecida
- Evaluación del riesgo asociado a cada embalse. (Metodología HAZOP)
- Análisis de daños potenciales de la onda de crecida, si corresponde
- Recomendaciones

2 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio incluye la IV Región de Coquimbo. En el Cuadro 2-1 se incluye el listado de los 49 embalses que fueron visitados, mientras que en el Plano 1 adjunto al informe se incluye la ubicación de cada uno de ellos.

CUADRO 2-1
LISTADO DE EMBALSES VISITADOS

| N° | Nombre | Provincia | Coordenadas UTM (WGS 84) | | | Cota (Gps) msnm | Tipología |
|----|--|-----------|--------------------------|---------|-----------|--------------------|-----------|
| | | | Uso | Este | Norte | | |
| 1 | Cía. Minera El Indio, Laguna Sedimentación Pastos Largos | ELQUI | 19 | 403.258 | 6.703.403 | 3.527 | Relaves |
| 2 | Cía. Minera El Indio, Tranque Relaves El Indio | ELQUI | 19 | 404.403 | 6.704.764 | 3.641 | Relaves |
| 3 | Cía. Minera San Gerónimo, Socorro 6 | ELQUI | 19 | 317.154 | 6.692.363 | 668 | Relaves |
| 4 | Embalse La Laguna (reemplaza a Cía. Minera del Pacífico S.A.) | ELQUI | 19 | 399.900 | 6.657.986 | 3.156 | Riego |
| 5 | Cía. Minera San Gerónimo, La Higuera | ELQUI | 19 | 317.187 | 6.692.111 | 635 | Relaves |
| 6 | SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA TAMBILLOS | ELQUI | 19 | 284.197 | 6.656.797 | 208 | Relaves |
| 7 | Quebrada Camarones (reemplaza a Cía. Minera Carmen de Andacollo) | ELQUI | 19 | 270.326 | 6.636.169 | 135 | Riego |
| 8 | Minera Talcuna Ltda., Tranque Yeni | CHOAPA | 19 | 319.613 | 6.692.547 | 812 | Relaves |
| 9 | QUILLAYES | CHOAPA | 19 | 348.341 | 6.474.879 | 1.449 | Relaves |
| 10 | EL DURAZNO | CHOAPA | 19 | 322.248 | 6.466.708 | 848 | Relaves |
| 11 | QDA. MANQUEHUA | CHOAPA | 19 | 316.650 | 6.490.601 | 953 | Riego |
| 12 | LLAMUCO | CHOAPA | 19 | 331.495 | 6.492.656 | 1.245 | Relaves |
| 13 | CENTINELA | CHOAPA | 19 | 296.504 | 6.500.042 | 473 | Relaves |
| 14 | TAHUINCO | CHOAPA | 19 | 305.474 | 6.479.143 | 469 | Riego |
| 15 | LIMAHUIDA | CHOAPA | 19 | 297.361 | 6.481.044 | 410 | Riego |
| 16 | LAS CAÑAS N° 2 - El Molle | CHOAPA | 19 | 286.840 | 6.486.428 | 379 | Riego |
| 17 | LAS CAÑAS N° 1 - Las Funas | CHOAPA | 19 | 285.107 | 6.485.920 | 384 | Riego |
| 18 | BATUCO El Piedrino | CHOAPA | 19 | 350.653 | 6.459.156 | 1.264 | Riego |
| 19 | QUELEN ALTO | CHOAPA | 19 | 327.392 | 6.469.201 | 841 | Relaves |
| 20 | PANGUESILLO | CHOAPA | 19 | 323.924 | 6.475.681 | 650 | Riego |
| 21 | Llimpo, Fundo El Lital (reemplaza a Coirón) | CHOAPA | 19 | 328.851 | 6.471.939 | 827 | Riego |
| 22 | LAS CAÑAS N° 3 - Tropezón | CHOAPA | 19 | 285.467 | 6.487.795 | 313 | Riego |
| 23 | PERALILLO - Agrosericios Calle Larga | CHOAPA | 19 | 299.682 | 6.487.303 | 419 | Riego |
| 24 | MILLAHUE Huentelauquen | CHOAPA | 19 | 260.908 | 6.501.564 | 12 | Riego |
| 25 | BATUCO "TRANQUE SALINAS" SAN AGUSTIN | CHOAPA | 19 | 335.294 | 6.490.167 | 1.380 | Riego |
| 26 | LA BRUNINA (ARBOLEDA GRANDE) | CHOAPA | 19 | 316.653 | 6.490.609 | 652 | Riego |
| 27 | CUNLAGUA | CHOAPA | 19 | 321.037 | 6.487.838 | 793 | Riego |
| 28 | SAN AGUSTIN | CHOAPA | 19 | 327.232 | 6.487.367 | 1.136 | Riego |
| 29 | STA. VIRGINIA - SAN GERARDO | CHOAPA | 19 | 325.376 | 6.507.895 | 931 | Riego |
| 30 | HUINTIL | CHOAPA | 19 | 311.548 | 6.505.705 | 607 | Riego |
| 31 | LAS COCINERAS | CHOAPA | 19 | 298.383 | 6.499.615 | 431 | Riego |
| 32 | BELLAVISTA | CHOAPA | 19 | 289.404 | 6.495.049 | 248 | Riego |
| 33 | CUZ-CUZ N° 1 | CHOAPA | 19 | 287.928 | 6.495.465 | 259 | Riego |
| 34 | CUZ-CUZ N° 2 | CHOAPA | 19 | 288.883 | 6.495.704 | 266 | Riego |
| 35 | Planta Portezuelo (Reemplaza a San Jorge) | CHOAPA | 19 | 298.269 | 6.502.215 | 406 | Relaves |
| 36 | SECTOR QUILIMARI - LOS LOROS | CHOAPA | 19 | 268.709 | 6.444.251 | 27 | Riego |
| 37 | LA PALMA Hacienda El Mollar | CHOAPA | 19 | 277.221 | 6.469.035 | 194 | Riego |

| N° | Nombre | Provincia | Coordenadas UTM (WGS 84) | | | Cota (Gps) | Tipología |
|----|---|-----------|--------------------------|---------|-----------|------------|-----------|
| | | | Uso | Este | Norte | msnm | |
| 38 | GUANGUALI | CHOAPA | 19 | 276.791 | 6.442.562 | 102 | Riego |
| 39 | LA PALMA-AJIAL Agrícola Arancibia | CHOAPA | 19 | 271.359 | 6.443.845 | 34 | Riego |
| 40 | PUPIO N° 1 | CHOAPA | 19 | 293.265 | 6.465.828 | 323 | Riego |
| 41 | CONTADOR FRUTOS Fundo Las Totoras | LIMARÍ | 19 | 303.678 | 6.578.399 | 670 | Riego |
| 42 | VERFRUT Valle Hermoso - Río Pama | LIMARÍ | 19 | 312.518 | 6.539.107 | 1.147 | Riego |
| 43 | VERFRUT Fundo El Parral | LIMARÍ | 19 | 304.192 | 6.553.359 | 800 | Riego |
| 44 | AFRUVA Hacienda Ramadillas | LIMARÍ | 19 | 315.231 | 6.542.689 | 1.280 | Riego |
| 45 | BAUZA Río Cogotí | LIMARÍ | 19 | 314.380 | 6.560.383 | 878 | Riego |
| 46 | ANDACOLLO INVERSIONES Fundo Bellavista | LIMARÍ | 19 | 306.558 | 6.547.899 | 882 | Riego |
| 47 | CONTADOR FRUTOS Llanos San Julian | LIMARÍ | 19 | 278.091 | 6.606.385 | 263 | Riego |
| 48 | Fundo Centinela S.A. (Agroindustrial Las Tinajas S.A. en listado original) | LIMARÍ | 19 | 312.027 | 6.547.297 | 974 | Riego |
| 49 | Andacollo Inv. Fundo La Playa (Agrícola Fundo Centinela S.A. en listado original) | LIMARÍ | 19 | 315.448 | 6.545.086 | 1.257 | Riego |

3 FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información utilizada en el desarrollo del presente informe se indican a continuación:

- Sistema de Información Geográfico (SIG) de la DGA del MOP
- Centro de Información de Recursos Hídricos (CIRH), DGA, MOP
- Archivo Técnico de la DOH
- Archivo Técnico de la CNR
- Planos escala 1:10.000 con curvas de nivel cada 2,5 m, Estudio Integral del Elqui y Estudio Integral del Choapa, CNR.
- Estudio Integral de Riego Valle de Elqui, INA Ing. Consultores, CNR, 1987
- Estudio Integral de Riego Valle del Río Choapa, Ingendesa, CNR, 1994.
- Investigación de Eventos Hidrometeorológicos Extremos. Precipitaciones Máximas en 24, 48 y 72 horas", (DGA, BF, 1989).
- Estadísticas de Precipitaciones Máximas en 24 hrs.
- Catastro e Inspección Preliminar de Embalses VIII Región. Aquaterra Ingenieros Ltda., SIT N° 142, DGA, MOP, 2008.
- Propietarios (particulares, asociaciones de regantes, juntas de vigilancia, etc.) de cada uno de los embalses.
- DGA Regional (oficina La Serena, oficinas Provinciales de Ovalle y de Illapel).

4 TRABAJO DE TERRENO

La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- Se confeccionó un plano de trabajo escala 1:500.000 de toda la IV Región, Datum WGS 84, con la ubicación de cada uno de los 49 embalses que fueron diagnosticado.
- Algunos de los embalses del listado original fueron cambiados por otros, de acuerdo con instrucciones emanadas de la DGA Regional.
- Se prepararon las fichas de catastro para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete.
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:
 - Huinchas de 30 m y de 5 m
 - Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
 - 2 Distanciómetros laser (para mediciones de corta y larga longitud, respectivamente)
 - GPS (3) Magellan, Garmin
 - Cámaras fotográficas digitales
- Debido a que la mayoría de los embalses catastrados no tienen sus respectivos proyectos, la caracterización de los rellenos se realizó ocularmente por un experto en mecánica de suelos. El material del muro ha sido identificado de acuerdo con las siguientes labores:
 - Observación visual directa
 - Observación visual de alguna rotura (si corresponde)
 - Escarpando el talud en forma manual
 - Observación de los materiales de empréstitos
- Se ha dio énfasis a la inclusión de fotos que muestren aspectos relevantes de los muros y/o de las obras anexas que conforman cada embalse.

5 FICHAS DE REGISTRO

Cada Ficha de Registro de Embalses, cuyo formato fue entregado por la DGA, está organizada en tres Grupos de identificación, de acuerdo con los campos que aparecen en el formulario de terreno "Registro de Embalses".

- **Antecedentes Generales:** Nombre, Cuenca, Sub Cuenca, Fuente, Número registro, Código, Fecha, Nombre o Razón Social del Propietario o Responsable Legal.

- **Ubicación del Embalse:** Región, Provincia, Comuna, Coordenadas, Datum, Huso, Altitud y Descripción de Ubicación.

- **Antecedentes Técnicos:** Uso y destino del Embalse, Tipo de Presa, Evaluación de Crecidas (Capacidad), Capacidad Máxima, Altura de Muro, Ancho y Largo Coronamiento, Borde Libre, Taludes Muro, Año de Construcción, Capacidad Obras de Entrega, Área Regada, Evacuador de Fondo, Potencia Generada, Observaciones.

Además de la ficha, se incluyó un plano de ubicación de cada embalse, monografías y fotografías de sus principales obras.

6 ANÁLISIS GEOTÉCNICO

En base a los antecedentes recopilados en visitas efectuadas a los distintos embalses que contempla el proyecto y a la experiencia del consultor, se entregó información relacionada con los siguientes tópicos:

- Propiedades mecánicas de los materiales que componen los embalses
- Parámetros para Norma NCh 433
- Análisis de estabilidad de taludes
- Análisis de filtraciones según método de Lane.

Es importante destacar que hay 4 embalses a los cuales no se les hizo ningún tipo de análisis de estabilidad ni de filtraciones, a saber:

Embalse N° 7, Quebrada de Camarones: Presa de Hormigón. Este embalse tiene una presa de hormigón, anclada en los dos extremos a un macizo rocoso. La presa es triangular, y por el lado de su hipotenusa (talud de aguas abajo) presenta escalones de aproximadamente 0,7 m x 0,7 m cada uno. A la vez existen 8 contrafuertes en el muro que aportan mayor inercia para soportar la componente horizontal de la presión. No existen filtraciones detectadas al momento de la visita. Su recarga se produce sólo por acumulación de aguas lluvias. No es posible inferir que esté siendo usado, toda vez que la tubería de salida está enterrada, solo se observa una válvula.

Embalse N° 11, Quebrada Manquehua: Corresponde a una pequeña presa construida con gaviones estucados por su cara interior sobre un radier de hormigón, acumula 6.240 m³. Su principal uso es abastecer de agua de bebida a un villorrio cercano, lo que hace a través de una tubería de planza de 1" de diámetro. No presenta filtraciones pues los gaviones tienen su cara interior estucada.

Embalse N° 12, Llamuco: Corresponde a un tranque de relaves fuera de uso, abandonado. El estero Llamuco cortó el cuerpo principal de este tranque, provocando arrastre de sus arenas hacia el Río Chalinga y posteriormente al Río Choapa. Su

probabilidad de falla es 1, toda vez que se ve que ya falló y sus arenas se desplazan arrastradas por el agua hacia el río. El acceso al cuerpo principal es dificultoso y peligroso; el borde al que hay que acercarse para verificar ángulos es inestable y pone en riesgo la integridad de quien mide. Este tranque es el más crítico de los visitados, no tiene canales de contornos ni elementos decantadores. El posible daño potencial es del tipo ambiental, pues no tiene comunidades habitadas aguas abajo.

Embalse N° 40, Pupío N° 1: Corresponde a un embalse regulador nocturno con muros de hormigón. Este embalse corresponde a una "piscina" de hormigón en $\frac{3}{4}$ de su muro. El $\frac{1}{4}$ restante corresponde a la zona de entrada del canal que abastece este embalse y no tiene muro, toda vez que llega al cerro. No tiene filtraciones, su probabilidad de falla por efecto sísmico es despreciable.

6.1 Propiedades Mecánicas

Durante las visitas efectuadas fue posible visualizar que los embalses en estudio están compuestos por materiales tipo arcillas, arcillas arenosas y/o gravosas, arena de relave minero, arena gravosa y grava arenosa.

A partir de lo observado en terreno y de la experiencia del consultor, se estimaron las propiedades geotécnicas del material representativo de los embalses catastrados.

➤ Sismo (Norma Nch 433)

La zona sísmica donde se ubican los embalses corresponden a las Zona 3, según Norma Nch 433; el tipo de suelo de fundación fue el Tipo II.

Debido a que en los antecedentes disponibles no existe un estudio de riesgo sísmico, para estimar los coeficientes sísmicos a utilizar en el análisis de estabilidad de taludes de los embalses, se ha considerado lo siguiente:

- Coeficiente sísmico horizontal (k_x): fue estimado en base a la expresión propuesta por Saragoni (1993) para Chile.
- Coeficiente sísmico vertical (k_y): considerando que existen antecedentes de que en embalse de importancia ubicados a lo largo del país (Convento Viejo, Puclaro, Corrales, entre otros) no se ha utilizado dicho coeficiente en su diseño y han tenido un buen comportamiento hasta la fecha, se consideró igual a cero.

Acorde a lo anterior, los coeficientes sísmicos adoptados para el análisis de estabilidad de taludes fueron:

- Coeficiente sísmico horizontal (K_h) igual a 0,20
- Coeficiente sísmico vertical (K_v) igual a 0

6.2 Análisis de Estabilidad de Taludes

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación pseudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: Con Agua
 Sin Agua
 Vaciado Rápido
- Sísmico Con agua
 Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

En el cuadro resumen adjunto al final de este informe se puede consultar aquéllos embalses que teóricamente presentan inestabilidad de taludes. Es importante destacar que para poder validar los resultados de las inestabilidades, habría que hacer ensayos de mecánica de suelos específicos en cada uno de los embalses que presentan factores de seguridad menores de 1.

6.3 Filtraciones

Para determinar la filtración a la que puede estar sometido el tranque o embalse, se utilizó el "Método de Lane". Conforme a los resultados obtenidos, en 17 embalse hay posibilidad de filtraciones (ver cuadro resumen).

7 ESTUDIO DE CRECIDAS

Se determinaron caudales máximos instantáneos afluentes a los embalses en estudio, para períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años. Para períodos de retorno mayores (250, 500 y 1.000 años) se extrapolaron los caudales obtenidos a través de la función que mejor ajusta la curva de caudales hasta 100 años. La extrapolación de caudales se validó con una serie de caudales máximos instantáneos de la estación fluviométrica río Cogotí en Fragüita.

Debido a que las cuencas de los embalses no poseen control fluviométrico, para determinar sus caudales de crecida, se usaron métodos indirectos basados en relaciones precipitación-escorrentía.

Para determinar los caudales de crecidas asociados a los períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años se utilizaron tres métodos:

- i) Método de la fórmula Racional Modificada
- ii) Fórmula de Verni King Modificada
- iii) Método DGA-AC

En todos los casos los caudales de crecida se determinaron a partir de precipitaciones máximas de una cierta duración. Además, para aquellos embalses en que la cuenca aportante tuviera una superficie mayor a 10 km², se contempló el cálculo de los caudales máximos con el método del Hidrograma Unitario Sintético (HUS) y la simulación a través de un modelo computacional desarrollado con el software HEC-HMS.

Por otra parte, debido a la existencia de cuencas predominantemente nivales, para determinar los caudales de crecidas asociados a períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años, se utilizó el método DGA-AC para crecidas de deshielo.

➤ Períodos de Retorno Según Tipo de Obra

De acuerdo con el Reglamento de Obras Mayores, el cual al día de hoy no está aprobado pero que se puede usar como una norma referencial, se definen las siguientes categorías de embalses:

- Categoría A: Embalses Pequeños, de altura de muro máxima mayor a 5 m e inferior a 12_m, o bien de capacidad superior a 50.000 m³ e inferior a 1.500.000 m³.
- Categoría B: Embalses Medianos, de altura de muro máxima mayor o igual a 12 m e inferior a 30 m, o bien de capacidad igual o superior a 1.500.000 m³ e inferior a 60.000.000 m³.
- Categoría C: Embalses Grandes, de altura máxima de muro igual o superior a 30 m, o bien de capacidad igual o superior a 60.000.000 m³.

Las crecidas de diseño para el evacuador de seguridad fueron:

- Categoría A: 250 años
- Categoría B: 500 años
- Categoría C: 1.000 años

Para embalses de altura de muro menor a 5 m, se usó una crecida de diseño para T= 250 años.

Los caudales máximos para los períodos de retorno acorde a las categorías de los mismos, se incluyen en el Cuadro 7-1 siguiente.

**CUADRO 6-1
CAUDALES MÁXIMOS**

| N° | NOMBRE EMBALSE | T (años) | CAUDAL (m3/s) |
|----|--|----------|---------------|
| 1 | Cía. Minera El Indio, Laguna Sedimentación Pastos Largos | 500 | 11,66 |
| 2 | Cía. Minera El Indio, Tranque Relaves El Indio | 1000 | 11,44 |
| 3 | Cía. Minera San Gerónimo, Socorro 6 | 1000 | 8,61 |
| 4 | Embalse La Laguna (reemplaza a Cía. Minera del Pacífico S.A.) | 500 | 166,98 |
| 5 | Cía. Minera San Gerónimo, La Higuera | 500 | 5,91 |
| 6 | Soc. Contractual Minera Tambillos | 500 | sin cuenca |
| 7 | Quebrada Camarones (reemplaza a Cía. Minera Carmen de Andacollo) | 250 | 122,00 |
| 8 | Minera Talcuna Ltda., Tranque Yeni | 1000 | 1,82 |
| 9 | Quillayes | 1000 | |
| 10 | El Durazno | 250 | 31,07 |
| 11 | Quebrada Manquehua | 250 | 19,03 |
| 12 | Llamuco | 1000 | 302,07 |

| N° | NOMBRE EMBALSE | T (años) | CAUDAL (m3/s) |
|----|---|----------|---------------|
| 13 | Centinela | 250 | sin cuenca |
| 14 | Tahuinco | 250 | 13,71 |
| 15 | Limáhuida | 250 | 7,52 |
| 16 | Las Cañas N° 2 - El Molle | 250 | 4,09 |
| 17 | Las Cañas N° 1 - Las Funas | 250 | sin cuenca |
| 18 | Batuco El Piedrino | 250 | 11,90 |
| 19 | Quelén Alto | 250 | sin cuenca |
| 20 | Panguesillo | 250 | 3,92 |
| 21 | Llimpo, Fundo El Lital (reemplaza a Coirón) | 250 | 2,59 |
| 22 | Las Cañas N° 3 - Tropezón | 250 | 14,39 |
| 23 | Peralillo - Agroservicios Calle Larga | 250 | sin cuenca |
| 24 | Millahue Huentelauquén | 250 | 0,88 |
| 25 | Batuco " Tranque Salinas" San Agustín | 250 | sin cuenca |
| 26 | La Brunina (Arboleda Grande) | 250 | sin cuenca |
| 27 | Cunlagua | 250 | sin cuenca |
| 28 | San Agustín | 250 | 5,43 |
| 29 | Sta. Virginia - San Gerardo | 250 | 3,02 |
| 30 | Huintil | 250 | sin cuenca |
| 31 | Las Cocineras | 250 | sin cuenca |
| 32 | Bellavista | 250 | 20,57 |
| 33 | Cuz-Cuz N° 1 | 250 | sin cuenca |
| 34 | Cuz-Cuz N° 2 | 250 | 3,52 |
| 35 | Planta Portezuelo (Reemplaza a San Jorge) | 500 | sin cuenca |
| 36 | Sector Quilimari - Los Loros | 250 | sin cuenca |
| 37 | La Palma Hacienda El Mollar | 500 | 115,00 |
| 38 | Guangualí | 250 | 0,49 |
| 39 | La Palma-Ajial Agrícola Arancibia | 250 | sin cuenca |
| 40 | Pupío N° 1 | 250 | 1,98 |
| 41 | Contador Frutos Fundo Las Totoras | 500 | 10,58 |
| 42 | Varafrut Valle Hermoso - Río Pama | 500 | 23,21 |
| 43 | Verafrut Fundo El Parral (El Manzano) | 500 | 26,06 |
| 44 | Afruva Hazienda Ramadillas | 250 | sin cuenca |
| 45 | Bauzá Río Cogotí | 250 | 2,01 |
| 46 | Andacollo Inversiones Fundo Bellavista | 500 | 16,67 |
| 47 | Contador Frutos Llanos San Julián | 500 | sin cuenca |
| 48 | Fundo Centinela S.A. (Agroindustrial Las Tinajas S.A. en listado original) | 500 | 31,80 |
| 49 | Andacollo Inv. Fundo La Playa (Agrícola Fundo Centinela S.A. en listado original) | 250 | sin cuenca |

8 HAZOP

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada

P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.

V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.

E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

➤ **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El riesgo para este evento, considerando la inestabilidad de la presa para el caso sísmico con y sin agua es:

$p = 10 \%$ → Se estima que el período de retorno para este tipo de sismo es de 1 en 10 años.

$V = 80 \%$ → La vulnerabilidad del tranque esta dada por la posibilidad de que este sismo produzca daños a la estructura.

E= en este caso, debido a que los efectos de la posible falla es diferente en algunos casos, el listado de embalses se han agrupado y asignado un porcentaje de acuerdo con:

Tranque de relaves que si falla afecta esteros: $E = 80 \%$

Resto de los embalses/tranques: $E = 15 \%$

Así, para cada embalse se calculó el riesgo total asociado a este tipo de evento.

➤ **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtopping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Al igual que en el caso anterior, para cada embalse se determinó el riesgo total asociado a este tipo de evento.

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del diagnóstico en terreno efectuado y a partir de los análisis hechos en gabinete, a continuación se presenta un cuadro resumen del estado actual de cada uno de los embalses/tranques analizados.

Es importante destacar las labores que le corresponde a la DGA respecto a qué hacer en caso de que algún embalse se encuentre en mal estado. En efecto, el artículo 307 del Código de Aguas dice textual:

Art. 307: la Dirección General de Aguas inspeccionará las obras mayores, cuyo deterioro o eventual destrucción pueda afectar a terceros. Comprobado el deterioro, la Dirección General de Aguas ordenará su reparación y podrá establecer, mediante resoluciones fundadas, normas transitorias de operación de las obras, las que se mantendrán vigentes mientras no se efectúe su reparación. Si ello no se efectuare en los plazos que determine, dictará una resolución fundada, ratificando como permanente la norma de operación transitoria y además podrá aplicar a las organizaciones que administren las obras una multa que no sea inferior a 50 ni superior a 500 unidades tributarias mensuales.

Esta facultad supone una visita técnica a terreno, en donde el fiscalizador deberá comprobar que efectivamente existe un deterioro de la obra o bien que derechamente existe riesgo de que ésta se destruya, por causa de su propio deterioro, respecto de todo lo cual deberá levantar la correspondiente acta.

En el Cuadro 9-1 se incluye un resumen del estado actual de los 49 embalses diagnosticados.

**CUADRO 9-1
RESUMEN ESTADO ACTUAL DE LOS EMBALASES**

| Tipo de Embalses | Total | Estado | | | | | |
|------------------|-------|--------|----|---------|------|------|------|
| | | Bueno | | Regular | | Malo | |
| | | Nº | % | Nº | % | Nº | % |
| Riego | 37 | 18 | 49 | 12 | 32 | 7 | 19 |
| Relaves | 12 | 8 | 67 | 2 | 16,5 | 2 | 16,5 |

| N° | NOMBRE EMBALSE | | EN USO | | TIPO | | ESTADO ACTUAL | PROBLEMAS EN CASO DE FALLA DE FALLA | ESTABILIDAD DE TALUDES (Factores de Seguridad) | | | | | | Posibilidad de Filtraciones (criterio de Lane) | Hazop Sismo de Placa % | Hazop Crecidas | T (años) | CAUDAL (m3/s) | CAUDAL (m3/s) EVACUADOR DE CRECIDAS | RECOMENDACIÓN GENERAL | | | |
|----|---|----|--------|----------|--------------------|----------------|-------------------------------------|---|--|----------|---------|----------|---------|-------|--|------------------------|----------------|----------|---------------|-------------------------------------|-----------------------|---|--|---|
| | SI | NO | RIEGO | RELAVES | TALUD AGUAS ARRIBA | | | | TALUD AGUAS ABAJO | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Estático | Sismico | | | Vaciado Rápido | Estático | Sismico | Estático | Sismico | | | | | | | | | | | |
| | | | | Con Agua | Sin Agua | Vaciado Rápido | Con Agua | Sin Agua | Sin Agua | Sin Agua | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Cia. Minera El Indio, Laguna Sedimentación Pastos Largos | X | | | | X | Buen estado | Sin riesgo | 1.36 | 1.40 | 1.36 | 0.92 | 0.91 | 1.40 | 0.91 | SI | 0.98 | 0.0% | 500 | 11.66 | 1 | Monitoreo de su operación cada 2 meses (Sernageomín) | | |
| 2 | Cia. Minera El Indio, Tranque Relaves El Indio | | X | | | X | Buen estado; en abandono | Contaminación río Malo, afluente río Elqui | 1.37 | 1.62 | 0.98 | 0.89 | 1.07 | 1.21 | 0.80 | SI | 1.13 | 0.0% | 1000 | 11.44 | SIN | Monitoreo de su operación cada 2 meses (Sernageomín) | | |
| 3 | Cia. Minera San Gerónimo, Socorro 8 | X | | | | X | Buen estado | Contaminación quebradas menores | 1.62 | 1.68 | 1.01 | 0.92 | 1.01 | 1.68 | 1.01 | SI | 4.80 | 2.9% | 1000 | 8.61 | SIN | Monitoreo de su operación cada 2 meses (Sernageomín) | | |
| 4 | Embalse La Laguna (reemplaza a Cia. Minera del Pacífico S.A.) | X | | X | | | Estado regular; con filtraciones | Complejo aduanero | 1.74 | 2.04 | 1.25 | 1.07 | 1.26 | 2.04 | 1.26 | SI | - | 0.0% | 500 | 166.98 | 70 | Reparar los problemas de filtraciones que presenta actualmente | | |
| 5 | Cia. Minera San Gerónimo, La Higuera | | X | | | X | Buen estado. En plan de forestación | Contaminación quebradas menores | 1.48 | 1.44 | 0.82 | 0.97 | 0.94 | 1.44 | 0.94 | SI | 5.20 | 2.9% | 500 | 5.91 | SIN | Intensificar la forestación | | |
| 6 | Soc. Contractual Minera Tambillos | X | | | | X | Buen estado; cierre a fines de 2008 | Contaminación quebrada Tambillos | 1.72 | 1.84 | 1.16 | 1.07 | 1.16 | 1.84 | 1.16 | SI | - | 0.0% | 500 | sin cuenca | SIN | Verificar plan de cierre (Sernageomín) | | |
| 7 | Quebrada Camarones (reemplaza a Cia. Minera Carmen de Andacollo) | | X | X | | | Regular | Sin riesgo | | | | | | | | | - | 28.9% | 250 | 122.00 | SIN | Monitoreo anual de su operación | | |
| 8 | Minera Taicuna Ltda., Tranque Yeni | X | | | | X | Buen estado | Contaminación quebrada Taicuna, afluente río Elqui | 1.35 | 1.44 | 0.82 | 0.88 | 0.89 | 1.44 | 0.89 | SI | 5.60 | 2.9% | 1000 | 1.82 | SIN | Monitoreo semestral (Sernageomín) | | |
| 9 | Quillayes | X | | | | X | Buen estado; cierre a fines de 2008 | Contaminación río Choapa | 1.50 | 1.82 | 1.00 | 0.85 | 1.03 | 1.82 | 1.03 | SI | 1.13 | 0.0% | 1000 | | SIN | Verificar plan de cierre (Sernageomín) | | |
| 10 | El Durazno | | X | | | X | Mal estado, abandonado | Peligro de contaminar hacia aguas abajo (embalse Corrales) | 2.12 | 2.19 | 1.43 | 1.29 | 1.34 | 2.19 | 1.34 | NO | - | 2.9% | 250 | 31.07 | SIN | Construir un sedimentador para el canal poniente | | |
| 11 | Quebrada Manquehua | X | | X | | | Buen estado | Sin riesgo | | | | | | | | | - | 1.6% | 250 | 19.03 | SIN | Monitoreo anual de su operación | | |
| 12 | Llmuco | X | | | | X | Mal estado | Contaminación río Chalinga, afluente río Choapa | | | | | | | | | - | 2.9% | 1000 | 302.07 | SIN | Dar aviso a Sernageomín para visita inspectiva urgente y monitoreo permanente | | |
| 13 | Centinela | X | | | | X | Regular | Contaminaría el estero Auco, afluente al Illapel | 1.10 | 1.20 | 0.67 | 0.77 | 0.86 | 1.20 | 0.86 | SI | 6.40 | 0.0% | 250 | sin cuenca | SIN | Oficiar a Sernageomín para visita inspectiva y monitoreo permanente | | |
| 14 | Tahuinco | X | | X | | | Buen estado | Inundación de cultivos | 3.30 | 3.82 | 3.41 | 2.20 | 2.32 | 3.82 | 2.32 | NO | - | 2.3% | 250 | | 13.71 | 0.20 | Mantenimiento de los muros | |
| 15 | Limahuida | X | | X | | | Buen estado | Inundación de cultivos | 1.31 | 1.35 | 1.37 | 1.04 | 1.07 | 1.35 | 1.07 | NO | - | 2.3% | 250 | | 7.52 | 1.00 | Mantenimiento anual | |
| 16 | Las Cañas N° 2 - El Molle | X | | X | | | Buen estado | 60 casas (300 habitantes de Las Cañas, a 700 m del embalse) | 1.95 | 1.78 | 1.67 | 1.30 | 1.17 | 1.78 | 1.17 | NO | - | 2.3% | 250 | | 4.09 | 2.00 | Reparar socavación en vertedero, mantenimiento | |
| 17 | Las Cañas N° 1 - Las Funas | | X | X | | | Mal estado, embancado | Inundación de frutales | 3.92 | 4.00 | 3.68 | 2.56 | 2.53 | 3.24 | 3.24 | NO | - | 0.0% | 250 | sin cuenca | | 1.00 | 1.00 | Dragado de fondo |
| 18 | Batuco El Piedrino | | X | X | | | Mal estado | Sin riesgo | 3.54 | 4.08 | 3.82 | 2.31 | 2.52 | 3.01 | 1.90 | NO | - | 2.9% | 250 | 11.90 | SIN | Se recomienda mantenimiento (dragado del fondo y muros) | | |
| 19 | Queién Alto | | X | | | X | Buen estado (tranque nuevo) | Contaminación río Choapa | 2.54 | 2.51 | 2.34 | 1.56 | 1.55 | 2.51 | 1.55 | NO | - | 0.0% | 250 | sin cuenca | SIN | Monitoreo anual en caso de que vuelva a operar | | |
| 20 | Panguesillo | X | | X | | | Regular | Inundación de parronales | 2.92 | 3.25 | 2.96 | 1.96 | 2.02 | 3.25 | 2.02 | NO | - | 2.9% | 250 | | 3.92 | 0.20 | Reparar obra de entrega y limpieza de vegetación | |
| 21 | Llimpo, Fundo El Lital (reemplaza a Coirón) | X | | X | | | Bueno | Inundación de cítricos y paltos | 1.78 | 1.67 | 1.60 | 1.22 | 1.13 | 1.67 | 1.13 | NO | - | 2.3% | 250 | | 2.59 | 0.02 | Mantenimiento anual | |
| 22 | Las Cañas N° 3 - Tropezón | X | | X | | | Regular | Inundación de praderas | 3.36 | 3.58 | 3.34 | 2.23 | 2.27 | 3.58 | 2.27 | NO | - | 18.8% | 250 | | 14.39 | 1.00 | Dragado y mantenimiento de muros | |
| 23 | Peralillo - Agrosericios Calle Larga | X | | X | | | Bueno | Inundación de cítricos | 1.60 | 1.53 | 1.47 | 1.11 | 1.06 | 1.53 | 1.06 | NO | - | 0.0% | 250 | sin cuenca | | 0.6 | 0.6 | Mantenimiento anual |
| 24 | Millahue Huentelequén | X | | X | | | Regular | Inundación de praderas | 4.54 | 5.33 | 4.69 | 3.03 | 3.26 | 5.33 | 3.26 | NO | - | 23.5% | 250 | | 0.88 | 0.50 | Reparar obra de entrega y limpieza de vegetación | |
| 25 | Batuco " Tranque Salinas" San Agustín | | X | X | | | Regular | Inundación camino rural de poco tránsito | 2.35 | 2.36 | 2.24 | 1.57 | 1.54 | 2.36 | 1.54 | NO | - | 0.0% | 250 | sin cuenca | | 1 | 1 | Se recomienda mantenimiento (evitar filtraciones) |
| 26 | La Brunina (Arboleda Grande) | X | | X | | | Buen estado | Inundación de praderas | 1.71 | 1.78 | 1.15 | 1.09 | 1.17 | 1.78 | 1.17 | SI | - | 0.0% | 250 | sin cuenca | | 0.2 | 0.2 | Mantenimiento anual |
| 27 | Cunlagua | X | | X | | | Regular | Estación de bombeo APR Cunlagua | 1.98 | 1.88 | 1.80 | 1.34 | 1.25 | 1.88 | 1.25 | NO | - | 0.0% | 250 | sin cuenca | | 0.2 | 0.2 | Limpieza de vegetación que hay en los muros |
| 28 | San Agustín | X | | X | | | Regular | Inundación de 10 casas y praderas | 1.79 | 1.80 | 1.71 | 1.24 | 1.23 | 1.28 | 1.28 | NO | - | 23.1% | 250 | | 5.43 | 1.00 | Reparar obra de entrega y vertedero | |
| 29 | Sta. Virginia - San Gerardo | | X | X | | | Regular | Sin riesgo | 3.18 | 3.16 | 2.98 | 2.06 | 2.05 | 3.16 | 2.05 | NO | - | 11.6% | 250 | | 3.02 | 0.15 | Mantenimiento anual y que vuelva a operar | |
| 30 | Huimil | X | | X | | | Malo | Inundación de praderas y paltos | 2.81 | 2.95 | 2.74 | 1.87 | 1.88 | 2.95 | 1.88 | NO | - | 0.0% | 250 | sin cuenca | | 0.25 | 0.25 | Mantenimiento anual, limpieza de muros y del fondo, reparar obra de entrega |
| 31 | Las Cocineras | X | | X | | | Regular | Inundación de praderas y cultivos de temporada | 3.60 | 3.97 | 3.66 | 2.27 | 2.35 | 3.97 | 2.35 | NO | - | 0.0% | 250 | sin cuenca | | 0.25 | 0.25 | Reparar su obra de entrega |
| 32 | Bellavista | | X | X | | | Mal estado | Sin riesgo | 1.81 | 1.74 | 1.68 | 1.17 | 1.12 | 1.74 | 1.12 | NO | - | 2.9% | 250 | | 20.57 | 0.50 | Mantenimiento anual y que vuelva a operar | |
| 33 | Cuz-Cuz N° 1 | X | | X | | | Buen estado | Inundación de parronales | 2.85 | 3.22 | 2.92 | 1.90 | 2.04 | 3.22 | 2.04 | NO | - | 0.0% | 250 | sin cuenca | | 0.1 | 0.1 | Mantenimiento anual |
| 34 | Cuz-Cuz N° 2 | X | | X | | | Buen estado | Inundación de parronales | 7.89 | 10.28 | 8.01 | 4.98 | 5.64 | 10.28 | 5.64 | NO | - | 1.8% | 250 | | 3.52 | 0.10 | Mantenimiento anual | |
| 35 | Planta Portezuelo (Reemplaza a San Jorge) | X | | | | X | Regular | Contaminaría el estero Auco, afluente al Illapel | 1.47 | 1.39 | 0.82 | 1.00 | 0.96 | 1.39 | 0.96 | SI | 4.80 | 0.0% | 500 | sin cuenca | SIN | Monitoreo permanente (Sernageomín) | | |
| 36 | Sector Quilmari - Los Loros | | X | X | | | Malo | Sin riesgo | 3.44 | 4.06 | 3.57 | 2.25 | 2.49 | 4.06 | 2.49 | NO | - | 0.0% | 250 | sin cuenca | | SIN | Limpieza de vegetación que hay en los muros | |
| 37 | La Palma Hacienda El Mollar | X | | X | | | Buen estado | Sin riesgo | 1.76 | 1.65 | 1.56 | 1.16 | 1.08 | 1.65 | 1.08 | NO | - | 18.1% | 500 | 115.00 | 10 | 10 | Limpieza de vegetación que hay en los muros | |
| 38 | Guanguall | X | | X | | | Malo | Afectaría a 1 familia | 1.66 | 1.58 | 1.47 | 1.13 | 1.06 | 1.58 | 1.06 | SI | - | 46.2% | 250 | | 0.49 | 0.01 | Reparación y revestimiento con membrana plástica | |
| 39 | La Palma-Ajial Agrícola Arancibia | X | | X | | | Buen estado | Sin riesgo | 2.58 | 2.55 | 2.41 | 1.80 | 1.71 | 3.86 | 2.50 | NO | - | 0.0% | 250 | sin cuenca | | SIN | Monitoreo Anual | |
| 40 | Puplo N° 1 | X | | X | | | Buen estado | Inundación de nogales | | | | | | | | | - | 0.9% | 250 | | 1.98 | SIN | Monitoreo Anual | |
| 41 | Contador Frutos Fundo Las Totoras | X | | X | | | Buen estado | Inundación de parronales | 1.73 | 1.66 | 1.76 | 1.15 | 1.09 | 1.66 | 1.09 | NO | - | 0.0% | 500 | | 10.58 | 5.00 | Monitoreo Anual | |
| 42 | Varafrut Valle Hermoso - Río Pama | X | | X | | | Buen estado | Inundación de parronales | 1.41 | 1.39 | 1.34 | 1.00 | 0.88 | 1.39 | 0.88 | SI | 0.90 | 7.2% | 500 | | 23.21 | 0.50 | Despejar área de válvulas | |
| 43 | Varafrut Fundo El Parral (El Manzano) | X | | X | | | Buen estado | Sin riesgo | 1.54 | 1.44 | 1.39 | 1.04 | 0.97 | 1.44 | 0.97 | SI | 0.90 | 28.2% | 500 | | 26.06 | 1.50 | 1.50 | Mejoramiento vertedero, monitorear las filtraciones |
| 44 | Afrua Hacienda Ramadillas | | X | X | | | Buen estado | Sin riesgo | 2.53 | 2.41 | 2.28 | 1.69 | 1.62 | 2.41 | 1.62 | NO | - | 0.0% | 250 | sin cuenca | | 2 | 2 | Solicitar información a Afrua del destino del embalse |
| 45 | Bauzá Río Cogotí | X | | X | | | Regular | Inundación de parronales | 1.73 | 1.69 | 1.63 | 1.18 | 1.17 | 1.69 | 1.17 | SI | - | 18.8% | 250 | | 2.01 | 0.50 | Mantenimiento anual, limpieza de vegetación de los muros | |
| 46 | Andacollo Inversiones Fundo Bellavista | X | | X | | | Malo | Inundación de bodega | 1.86 | 1.63 | 1.57 | 1.27 | 1.12 | 1.63 | 1.12 | SI | - | 28.2% | 500 | | 16.67 | 0.50 | Controlar Filtraciones y vertido de estéril de la mina en muro del embalse | |
| 47 | Contador Frutos Llanos San Julián | X | | X | | | Buen estado | Afectaría camino adyacente al embalse | 1.46 | 1.37 | 1.32 | 1.02 | 0.95 | 1.37 | 0.95 | NO | 0.98 | 0.0% | 500 | sin cuenca | | 1.5 | 1.5 | Monitoreo Anual |
| 48 | Fundo Centinela S.A. (Agroindustrial Las Tinajas S.A. en listado original) | X | | X | | | Buen estado | Inundación de parronales y frutales | 1.83 | 1.72 | 1.65 | 1.24 | 1.17 | 1.72 | 1.17 | SI | - | 1.6% | 500 | | 31.80 | 2.50 | Monitoreo Anual | |
| 49 | Andacollo Inv. Fundo La Playa (Agrícola Fundo Centinela S.A. en listado original) | X | | X | | | Regular | Inundación de parronales | 1.59 | 1.48 | 1.42 | 1.10 | 1.02 | 1.48 | 1.02 | NO | - | 0.0% | 250 | sin cuenca | | SIN | Reparación de cara exterior del muro | |

Factores de seguridad < 1, en el cálculo de estabilidad de taludes, habría que hacer ensayos de mecánica de suelos más específicos para validar los resultados de inestabilidad

225000 250000 275000 300000 325000 350000 375000 400000 425000 450000 475000

6775000
6750000
6725000
6700000
6675000
6650000
6625000
6600000
6575000
6550000
6525000
6500000
6475000
6450000
6425000

6775000
6750000
6725000
6700000
6675000
6650000
6625000
6600000
6575000
6550000
6525000
6500000
6475000
6450000
6425000



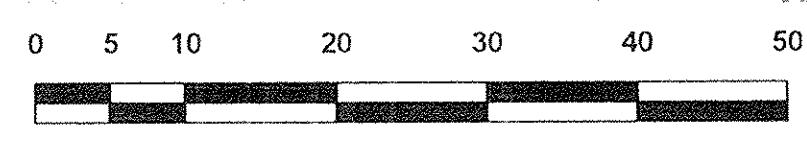
| N° | Nombre | Coordenadas UTM (WGS 84) | | Cota (Gps) msnm |
|----|--|--------------------------|-----------|--------------------|
| | | Este | Norte | |
| 1 | Cia. Minera El Indio, Laguna Sedimentación Pastos Largos | 19 403258 | 6703403 | 3.527 |
| 2 | Cia. Minera El Indio, Tranque Relaves El Indio | 19 404403 | 6704764 | 3,641 |
| 3 | Cia. Minera San Gerónimo, Socorro 6 | 19 317,154 | 6,692,363 | 668 |
| 4 | Embalse La Laguna (reemplaza a Cia. Minera de Páctico S.A.) | 19 399,900 | 6,657,986 | 3,156 |
| 5 | Cia. Minera San Gerónimo, La Higuera | 19 317,167 | 6,692,111 | 635 |
| 6 | SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA TAMBILLOS | 19 284,197 | 6,656,797 | 268 |
| 7 | Quebrada Casamones (reemplaza a Cia. Minera Carmo de Andacollo) | 19 270,326 | 6,636,169 | 135 |
| 8 | Minera Talcuna Ltda., Tranque Yeri | 19 319,613 | 6,692,547 | 812 |
| 9 | QUILLAYES | 19 348,341 | 6,474,879 | 1,449 |
| 10 | EL DURAZNO | 19 322,248 | 6,466,708 | 848 |
| 11 | QDA MANQUEHUA | 19 316,650 | 6,490,601 | 953 |
| 12 | LAMICO | 19 331,495 | 6,492,656 | 1,245 |
| 13 | CENTINELA | 19 296,504 | 6,500,042 | 473 |
| 14 | TAHUINCO | 19 305,474 | 6,479,143 | 469 |
| 15 | LIMAHUIDA | 19 297,361 | 6,481,044 | 410 |
| 16 | LAS CANAS N° 2 El Molle | 19 286,840 | 6,486,428 | 379 |
| 17 | LAS CANAS N° 1 Las Fumas | 19 285,107 | 6,485,920 | 384 |
| 18 | BATUCO El Piedino | 19 350,653 | 6,459,156 | 1,264 |
| 19 | QUELEN ALTO | 19 327,392 | 6,469,201 | 841 |
| 20 | PANGUESILLO | 19 323,924 | 6,475,681 | 650 |
| 21 | Lirio, Fundo El Lital (reemplaza a Colón) | 19 328,851 | 6,471,939 | 827 |
| 22 | LAS CANAS N° 3 Tropezón | 19 285,467 | 6,487,795 | 313 |
| 23 | PERALILLO - Agroindustria Calle Larga | 19 299,682 | 6,487,303 | 419 |
| 24 | MILLAHUE Huenteleuquen | 19 260,908 | 6,501,564 | 12 |
| 25 | BATUCO "TRANQUE SALINAS" SAN AGUSTIN | 19 335,294 | 6,490,167 | 1,380 |
| 26 | LA BRUNINA (ARBOLEDA GRANDE) | 19 316,653 | 6,490,609 | 652 |
| 27 | CUNLAGUA | 19 321,037 | 6,487,838 | 793 |
| 28 | SAN AGUSTIN | 19 327,232 | 6,487,367 | 1,136 |
| 29 | STA. VIRGINIA - SAN GERARDO | 19 325,376 | 6,507,895 | 931 |
| 30 | HUINTIL | 19 311,548 | 6,505,705 | 607 |
| 31 | LAS COCINERAS | 19 298,383 | 6,499,615 | 431 |
| 32 | BELLAVISTA | 19 289,404 | 6,495,049 | 248 |
| 33 | CUZ-CUZ N° 1 | 19 287,928 | 6,495,465 | 259 |
| 34 | CUZ-CUZ N° 2 | 19 288,893 | 6,495,704 | 266 |
| 35 | Planta Portezuelo (reemplaza a San Jorge) | 19 298,269 | 6,502,215 | 406 |
| 36 | SECTOR QUILMARI - LOS LOROS | 19 268,709 | 6,444,251 | 27 |
| 37 | LA PALMA Hacienda El Molle | 19 277,221 | 6,469,035 | 194 |
| 38 | GUANGUALI | 19 276,791 | 6,442,562 | 102 |
| 39 | LA PAI MA-AJAI Agrícola Arancaba | 19 271,359 | 6,443,845 | 34 |
| 40 | PUPUN N° 1 | 19 293,265 | 6,465,828 | 323 |
| 41 | CONTADOR FRUTOS Fundo Las Totoras | 19 303,678 | 6,578,399 | 670 |
| 42 | FRUTIL Valle Hermoso - Rio Puma | 19 312,518 | 6,539,107 | 1,147 |
| 43 | FRUTIL Fundo El Parícut | 19 304,192 | 6,553,359 | 800 |
| 44 | AFRUYA Hacienda Ramaditas | 19 315,231 | 6,542,689 | 1,200 |
| 45 | BAUZA Rio Copot | 19 314,380 | 6,560,383 | 878 |
| 46 | ANDACOLLO INVERSIONES Fundo Bellavista | 19 306,558 | 6,547,899 | 882 |
| 47 | CONTADOR FRUTOS Llanos San Julian | 19 278,091 | 6,608,385 | 283 |
| 48 | Fundo Centinela S.A. (Agrindustria Las Tmajas S.A. en estado original) | 19 312,027 | 6,547,297 | 974 |
| 49 | Centinela S.A. (Agrícola Fundo Centinela S.A. en estado original) | 19 315,448 | 6,545,086 | 1,257 |

SIMBOLOGIA

- ◉ EMBALSES
- RIOS
- CAPITAL REGIONAL
- CUENCA
- COMUNA

DIRECCION GENERAL DE ASISTENCIA TECNICA
Centro de Información Recursos
Área de Documentación

Datos Cartográficos y Geodésicos:
Proyección UTM (Universal Transversal de Mercator)
Huso 19 Sur
Datum WGS de 1984.
Fuente:
SIG DGA



| | | |
|---|---|----------------------|
| ESTUDIO: CATASRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR DE EMBALSES REGION DE COQUIMBO | PLANO: UBICACIÓN DE EMBALSES DIAGNOSTICADOS | FECHA: MARZO 2009 |
| DESCRIPCIÓN: IV REGIÓN | | LAMINA: 1 |

