Ministerio de Obras Públicas
Dirección General de Aguas

INSPECCIÓN DE EMBALSES UBICADOS ENTRE LAS REGIONES DE VALPARAÍSO Y LA ARAUCANÍA

INFORME FINAL

REALIZADO POR:

AQUATERRA INGENIEROS LIMITADA

S.I.T. Nº 231

Santiago, Diciembre 2010

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas
Ingeniero Civil Sr. Hernán de Solminihac Tampier

Director General de Aguas
Abogado Sr. Matías Desmadryl Lira

Jefe División de Fiscalización
Biólogo Marino Francisco Riestra Miranda

Inspector Fiscal
Ingeniera Civil Carolina Herrera Araya

AQUATERRA INGENIEROS LIMITADA

Jefe de Proyecto
Ingeniero Civil Jaime Vargas Paysen

Profesionales

Ingeniero Civil Kricor Bzdigian Kazazian
Ingeniero Civil Camilo Alarcón Cereceda
Ingeniera Civil en Geografía Claudia Hernández Leal
Ingeniero Civil (E) Alberto Cisternas Reyes

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños fueron cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

El alcance general que tiene el presente trabajo es la recolección de las características físicas de las obras 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, ha evaluado además, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados al embalse a través de la apreciación de los profesionales

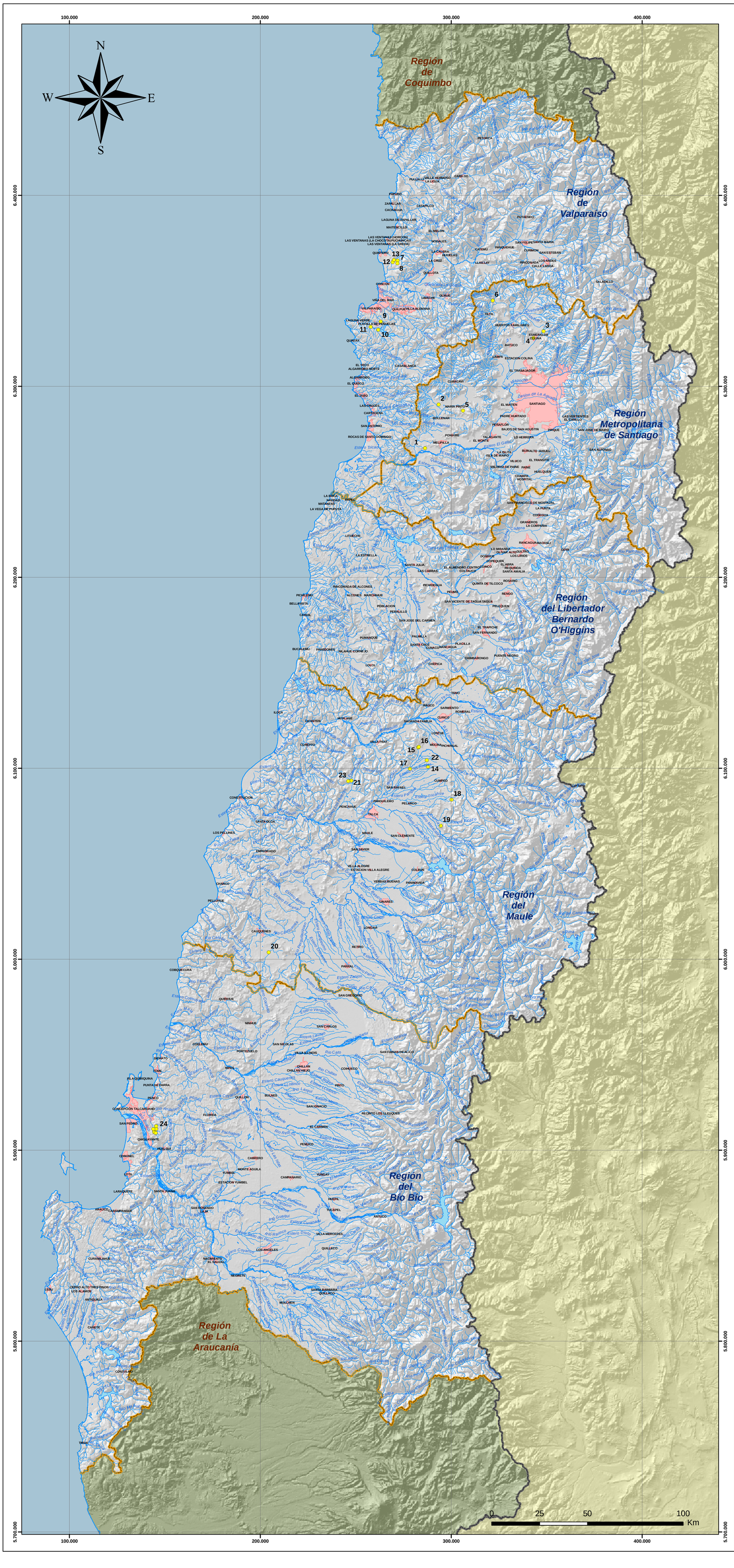
que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del mismo.

De los 28 embalses diagnosticados, en 12 de ellos, que corresponden a los que presentaban mayores problemas, se efectuó una segunda visita, de modo de verificar si las recomendaciones de reparación propuestas en la primera visita se habían llevado a cabo.

Los embalses que ha sido diagnosticados se incluyen en el Cuadro siguiente, mientras que en Plano Nº 1 se muestra la ubicación de éstos.

EMBALSES DIAGNOSTICADOS

	REGIÓN	NOMBRE EMBALSE	SEGUNDA VISITA	COMUNA
1	METROPOLITANA	Huechún Bajo	**SI**	MELIPILLA
2		El Llano	**SI**	MARÍA PINTO
3		Villa Peldehue	**SI**	COLINA
4		Reina Sur	**NO**	COLINA
5		Ranchillo	**NO**	MARÍA PINTO
6		Rungue	**NO**	TIL TIL
7	V Región	Chamorro	**SI**	QUINTERO
8		Las Cenizas	**SI**	VALPARAÍSO
9		Peñuelas	**NO**	VIÑA DEL MAR
10		La Luz	**NO**	VALPARAÍSO
11		Peralito	**SI**	QUINTERO
12		El Esfuerzo	**NO**	QUINTERO
13		El Peral	**NO**	QUINTERO
14	VII	Viena	**SI**	RÍO CLARO
15		Rinconada de Itahue	**SI**	MOLINA
16		El Cerrillo	**SI**	MOLINA
17		Camarico	**SI**	RÍO CLARO
18		Astillero Alto-Don Adolfo	**SI**	PENCAHUE
19		Las Mercedes	**SI**	RÍO CLARO
20		El Maitén	**NO**	CAUQUENES
21		El Totoral	**NO**	PENCAHUE
22		Sta. Elena	**NO**	RÍO CLARO
23		Sta. Cecilia	**NO**	PENCAHUE
24	VII	Fundo Nonguén *		CONCEPCIÓN
	* 5 EMBALSES - CAPTACIONES			
	Captación San Francisco			
	Captación Manquimávida			
	Embalse Redolmo			
	Embalse Cumpumpuy			
	Captación Rojas			



SIMBOLOGÍA

- Embalses inspeccionados
- Ríos, esteros y quebradas
- Lagos, lagunas, embalses
- Ciudades
- Límite Internacional
- Límite Regional
- Límite Costero

Nº	NOMBRE EMBALSE	REGION	COMUNA	COORDENADAS*	
				NORTE	ESTE
1	HUECHÚN BAJO	METROPOLITANA	MELIPILLA	6.267.652	286.296
2	EL LLANO	METROPOLITANA	MARÍA PINTO	6.290.492	293.399
3	VILLA PELDEHUE	METROPOLITANA	COLINA	6.328.905	348.334
4	REINA SUR	METROPOLITANA	COLINA	6.325.283	343.150
5	RANCHILLO	METROPOLITANA	MARÍA PINTO	6.287.308	306.179
6	RUNGUE	METROPOLITANA	TIL TIL	6.344.954	321.769
7	CHAMORRO	VALPARAÍSO	QUINTERO	6.365.843	271.870
8	PERALITO	VALPARAÍSO	QUINTERO	6.364.416	271.818
9	LAS CENIZAS	VALPARAÍSO	VALPARAÍSO	6.333.975	263.076
10	PEÑUELAS	VALPARAÍSO	VIÑA DEL MAR	6.329.633	261.850
11	LA LUZ	VALPARAÍSO	VALPARAÍSO	6.331.153	257.805
12	EL ESFUERZO	VALPARAÍSO	QUINTERO	6.365.020	269.391
13	EL PERAL	VALPARAÍSO	QUINTERO	6.366.198	270.005
14	VIENA	MAULE	RÍO CLARO	6.100.831	287.795
15	RINCONADA DE ITAHUE	MAULE	MOLINA	6.110.920	282.769
16	EL CERRILLO	MAULE	MOLINA	6.111.238	283.053
17	CAMARICO	MAULE	RÍO CLARO	6.099.739	278.398
18	ASTILLERO ALTO-DON ADOLFO	MAULE	PENCAHUE	6.083.573	300.196
19	LAS MERCEDES	MAULE	RÍO CLARO	6.069.914	294.544
20	EL MAITÉN	MAULE	CAUQUENES	6.003.610	204.413
21	EL TOTORAL	MAULE	PENCAHUE	6.093.522	247.698
22	SANTA ELENA	MAULE	RÍO CLARO	6.104.171	287.190
23	SANTA CECILIA	MAULE	PENCAHUE	6.093.305	246.095
24	CAPTACIÓN SAN FRANCISCO	BÍO BÍO	CONCEPCIÓN	5.912.585	145.448
	CAPTACIÓN MANQUIMÁVIDA	BÍO BÍO	CONCEPCIÓN	5.909.433	144.482
	EMBALSE REDOLMO	BÍO BÍO	CONCEPCIÓN	5.909.045	145.216
	EMBALSE CUMPUMPUY	BÍO BÍO	CONCEPCIÓN	5.911.053	145.498
	CAPTACIÓN ROJAS	BÍO BÍO	CONCEPCIÓN	5.911.079	143.913

*Todas las coordenadas se presentan en Datum WGS-84, Huso 19 Sur

Datos Cartográficos y Geodésicos:
Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM)
Huso 19 Sur

Sistema de Referencia Geodésico WGS-84

Fuente:
- SIG Dirección General de Aguas
-Estudio: "Inspección de Embalses Ubicados entre las Regiones de Valparaíso y La Araucanía", Aquaterra Ingenieros Ltda., 2010 (DGA)

Nota: Trazado de límites aproximado

Dirección General de Aguas
Ministerio de Obras Públicas
Gobierno de Chile

REPÚBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN

CONSULTOR
AQUATERRA INGENIEROS LIMITADA

PROYECTO
INSPECCIÓN DE EMBALSES UBICADOS ENTRE LAS REGIONES DE VALPARAÍSO Y LA ARAUCANÍA

DIRECTOR GENERAL DE AGUAS	JEFE DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN	INSPECCIÓN FISCAL
Matías Desmadryl Lira	Francisco Riestra Miranda	Carolina Herrera Araya

ESCALA	Nº PLANO	FECHA	TÍTULO
1:1.000.000	1	Diciembre de 2010	Ubicación de Embalses

EMBALSES
REGIÓN METROPOLITANA

EMBALSE HUECHÚN BAJO
COMUNA DE MELIPILLA

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1 Introducción 1
1.2 Objetivos Generales 2
1.3 Objetivos Específicos 2

2. ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1. Accesos al Embalse Visitado 3

3. FUENTES DE INFORMACIÓN 4

3.1. Antecedentes Geológicos 4
3.2. Antecedentes Geotécnicos 6

4. TRABAJO DE TERRENO 6

4.1. Metodología 6
4.2. Estado Actual del Embalse 7
4.3. Diagnóstico en Terreno 7

4.3.1. Propiedad 7
4.3.2. Descripción General 8
4.3.3. Vertedero 10
4.3.4. Cuenca Aportante 12
4.3.5. Análisis de Daños 12
4.3.6. Zona afectada en caso de falla 15
4.3.7. Operatividad al momento de la visita 16
4.3.8. Operatividad en situación de lluvias 17

4.4. Conclusiones 18
4.5. Recomendaciones 18

4.5.1. Acciones Inmediatas 18
4.5.2. Reparaciones Necesarias 19

4.5.3. Recomendaciones de Carácter General 20

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados al embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del mismo.

1.2. Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3. Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno del embalse asignado; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio en esta visita corresponde a la Región Metropolitana, comuna de Melipilla, donde se visitó el denominado Embalse Huechún Bajo; sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes.

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
	Uso	Norte	Este	msnm
Embalse Huechún Bajo	19	6.267.652	286.296	124

2.1. Accesos al Embalse Visitado

La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSE HUECHÚN BAJO

- **Acceso Específico Embalse Huechún Bajo**

Por la ruta 78 (Autopista del Sol) se debe llegar al by pass Rancagua, cruzar el puente Ingeniero Marambio, y antes de finalizar el puente, tomar camino a Melipilla y Huechún. Pocos metros después del desvío, doblar a la izquierda camino a Huechún (ruta G-770). Desde dicho desvío transitar aproximadamente 8,5 km y se llega al embalse Huechún Bajo que se ubica al costado derecho de la carretera.

3. FUENTES DE INFORMACIÓN

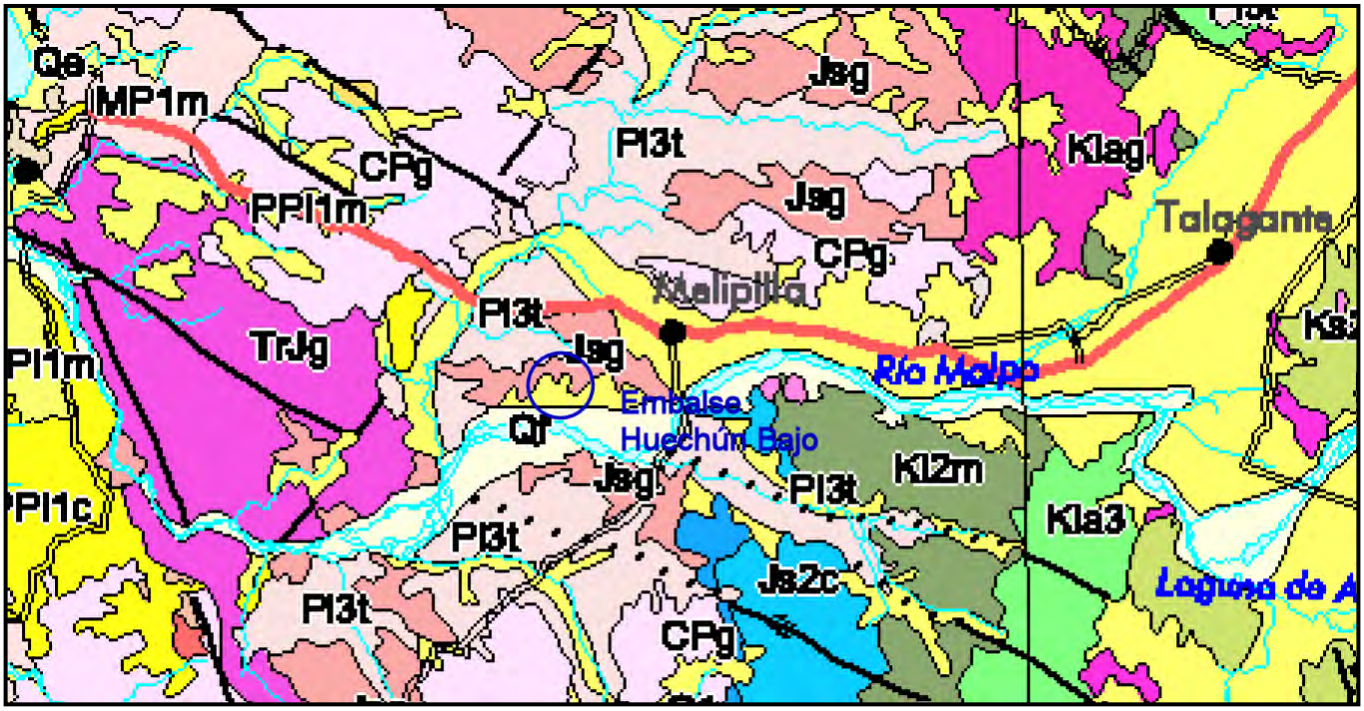
Las fuentes de información utilizada en el desarrollo del presente informe se indican a continuación:

- Sistema de Información Geográfico (SIG) de la DGA del MOP
- Visita a terreno.
- Carta Geológica de Chile
- Hidrogeología de la Cuenca del Maipo

3.1. Antecedentes Geológicos

En la Figura 3.1-1 se incluye la carta geológica (Sernageomín) para el sector donde se emplaza el Embalse Huechún Bajo.

Figura 3.1-1
Mapa Geológico del Sector



Pl3t
Pleistoceno
Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso. En la Depresión Central y valles de la Cordillera Principal, regiones V a VII: Ignimbrita Pudahuel y Toba Loma Seca.

Q1
Pleistoceno-Holoceno
Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados. En la Depresión Central, regiones Metropolitana a IX: abanicos mixtos de depósitos aluviales y fluvioglaciales con intercalación de depósitos volcanoclásticos.

Jsg
Jurásico Medio-Superior (180-142 Ma)
Monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y hornblenda. En la Cordillera de la Costa, regiones I a VI; en la Cordillera Principal, regiiones X y XI: Plutón Panguipulli y borde oriental del Batolito Norpatagónico; en la península Antártica.

Como puede observarse, en el sector de emplazamiento del Embalse Huechún Bajo, es posible encontrar 3 unidades geológicas principales. Desde la mas antigua a la mas nueva estas son: la unidad Jsg, correspondiente a rocas basales tipo dioritas y graniodoritas de biotita, piroxeno y hornblenda; la unidad PI3t, correspondiente a depósitos piroclásticos principalmente riolíticos; y finalmente la unidad Q1, correspondiente a Depósitos aluviales y fluviales del río Maipo.

3.2. Antecedentes Geotécnicos

De la visita efectuada, en la cual se observaron cortes en diferentes sectores cercanos al embalse Huechún Bajo, es posible establecer que los suelos donde se encuentra fundado el embalse corresponden a limos arenosos muy cementados en estado seco, pero que pierden dicha cementación al saturarse y remoldearse. Estos suelos corresponden a la expresión superficial meterorizada de las rocas que conforman los cerros, al pie de los cuales se emplaza este embalse.

En cuanto a la presa misma, esta se encuentra formada por rellenos de limos arenosos (correspondiente a los mismos materiales indicados en el párrafo anterior) con trozos del mismo material fuertemente cementado (en estado seco), de color café. La compacidad que tienen los materiales colocados en el muro es alta, su plasticidad es de media a baja y la permeabilidad asociada es baja.

De lo que pudo observarse en la visita, es posible establecer que el muro del embalse Huechún Bajo, tiene 135 m de longitud y su altura máxima es de 7 m.

4. TRABAJO DE TERRENO

4.1. Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso.

La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo y coordenadas de los embalses que serían diagnosticados.
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:
  - Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
  - 2 Distanciómetros laser (para mediciones de corta y larga longitud, respectivamente)
  - GPS (2) Magellan
  - 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

4.2. Estado Actual del Embalse

La visita al embalse Huechún Bajo se hizo el día 27 de Abril del 2010.

La ficha de registro del embalse, cuyo formato fue entregado por la DGA, está organizada en tres Grupos de identificación; Antecedentes Generales, Ubicación del Embalse y Antecedentes Técnicos. En el Anexo 1 se incluye la ficha del embalse Huechún Bajo.

4.3. Diagnóstico en Terreno

El embalse Huechún Bajo corresponde a un embalse de riego, que reparte el agua para el riego de 20 parcelas (parcelas P32 a P51), todas ellas agrupadas en la denominada “Comunidad de Aguas Tranque Huechún T1. Con las aguas del embalse se riegan un total aproximado de 200 has.

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe “verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos”.

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas e infraestructura fundamentalmente.

A continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

4.3.1. Propiedad

El embalse está bajo la tuición de la Comunidad de Aguas Tranque Huechún T1 (rol 2022125), cuyo encargado es don Guillermo Jara (9-9381 583).

4.3.2. Descripción General

Este embalse, construido en 1930, se ubica en la comuna de Melipilla, a 10 km al Oeste de dicha localidad. Es alimentado por un canal matriz que trae las aguas del río Maipo, y su bocatoma se ubica en el sector de El Maitén. La alimentación se hace a través de un marco partidor, el cual entrega las aguas a un canal el que finalmente llega al embalse. Cuando no se desea alimentar el embalse, se colocan tablones y latones en el marco partidor para evitar la entrada de agua al embalse (al momento de la visita se presentaba esa situación).

Este embalse reparte sus aguas a través de 2 entregas independientes (ambas operativas):

- Entrega 1 a canal Los Huachos (ancho 3 m alto 2 m): la entrega se hace a través de una válvula de espejo, la cual descarga al canal. Esta entrega es para regar 14 parcelas (14 acciones).
- Entrega 2: a través de un tubo de 5", el cual cruza la camino y al otro lado existe una válvula que regula la salida; esta entrega es para regar 6 parcelas (6 acciones).

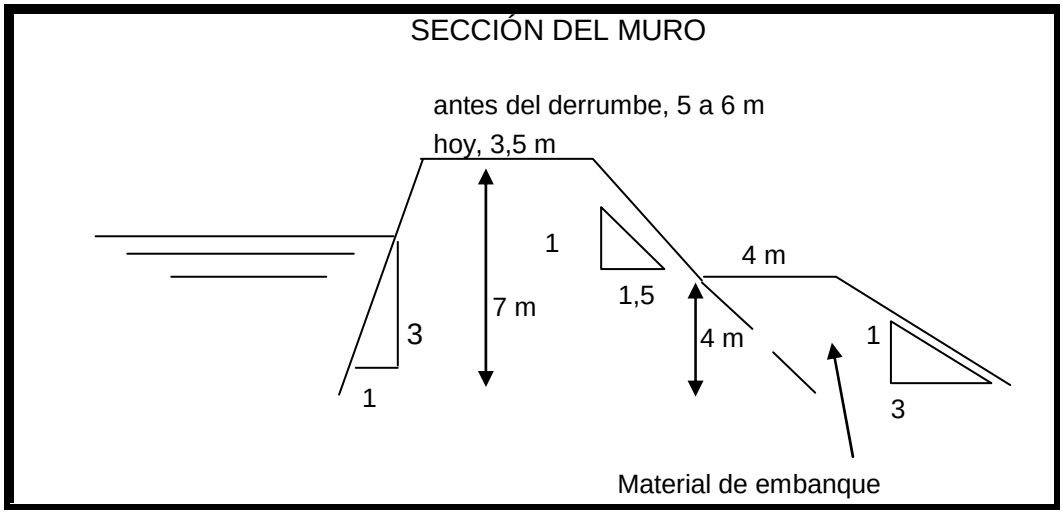
La capacidad original del embalse era de aproximadamente 270 mil m3, mientras que la capacidad actual se reduce a sólo 75 mil m3, debido al importante embancamiento que tiene. La capacidad de regulación actual del embalse es mínima por el problema del embanque. En efecto, cuando el embalse no se encontraba embancado, tenía una capacidad de regulación de 15 días, mientras que hoy sólo es capaz de regular 3 días máximo.

Hace 2 años atrás se efectuaron labores de desembanque, logrando sacar 27 mil m3 de material.

El muro del embalse hace la función de camino predial para llegar a 9 casas ubicadas poco al Norte de la poza.

La geometría actual del muro es la siguiente:

- Altura total máxima= 7 m
- Ancho de coronamiento= 3,5 m (antes de los derrumbes entre 5 y 6 m)
- Longitud del coronamiento= 135 m
- Largo de la poza= 376 m
- Talud aguas arriba: 3:1 (V:H)
- Talud aguas abajo: 1:1,5 (V:H) los primeros 2 m, 1:3 (V:H) los siguientes 4 m, con capa de embanque de 4 m de longitud en la separación de ambos taludes



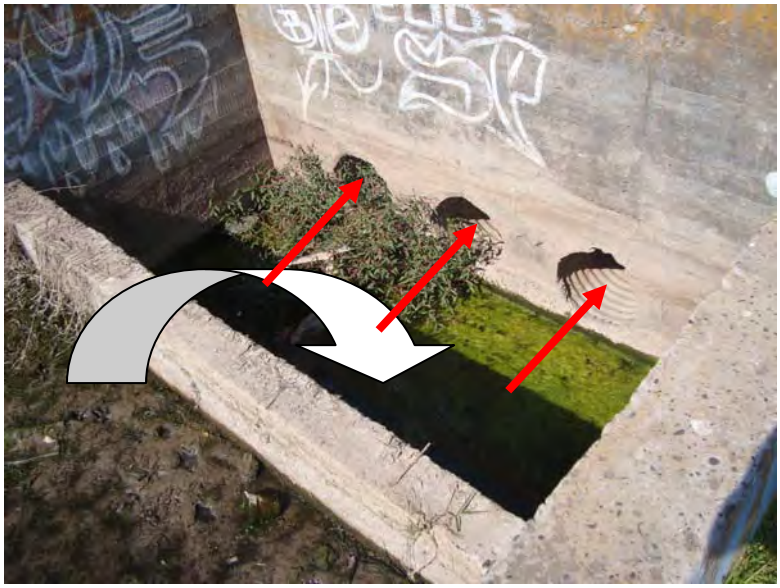
Respecto a las alturas de agua en el embalse en la situación actual (al momento de la visita), se tiene lo siguiente:

- Altura promedio= 1 m
- Altura en el sector del muro= 2 m
- Altura desde coronamiento al agua= 2 m

4.3.3. Vertedero

Dispone de un vertedero (operativo) lateral de hormigón de pared gruesa libre sin control, el cual descarga las aguas a un pozón, aguas que se vuelven a descargar a un potrero a través de 3 tubos de acero corrugado de 800 mm de diámetro.

Vertedero



El problema radica en que cuando vierte las aguas cuando se producen grandes lluvias, esas aguas van a dar a unos potreros que los inundan con las graves consecuencias que ello conlleva.

Como consecuencia de lo anterior, las 2 entregas para riego se utilizan también como desagües para disminuir las inundaciones que se producen en los potreros señalados.

4.3.4. Cuenca Aportante

Todas las aguas lluvias que se producen hacia aguas arriba de la cola del embalse, y los derrames de riego van a dar al embalse. El área aportante aproximada al embalse se muestra en la siguiente figura (área aportante= 1,33 km2).

Área Aportante

4.3.5. Análisis de Daños

Conforme a lo observado el muro del embalse Huechún Bajo corresponde a una presa homogénea de unos 135 m de longitud y su altura máxima es de unos 7 m. El ancho de coronamiento actual es de unos 3,5 m, sin embargo, hasta antes del terremoto este ancho llegaba a los 5,5 m. Es decir, en el talud de aguas arriba se produjo el deslizamiento de los 2 m del coronamiento más cercanos al agua.

Los taludes iniciales de la presa eran 1:1. Sin embargo, según se informó, la erosión del agua en el talud de aguas arriba, ocasionó que antes del terremoto ese talud estuviera prácticamente vertical en una altura de unos 3 m. Por su parte, en el talud

de aguas abajo se colocó, a manera de relleno al pie, el material obtenido del desembanque del embalse. Este material quedó depositado sobre el talud de aguas abajo formando un terraplén de unos 4 m de altura y 4 m de espesor. (ello explica en parte porqué el talud de aguas abajo no sufrió deslizamientos).

En cuanto a la situación actual de la presa, durante la visita fue posible constatar serios daños en el muro. Según se informó todos los daños (excepto la erosión del talud de aguas arriba por efecto del oleaje) fueron ocasionados por el terremoto del 27 de febrero de 2010.

Al momento de la visita el embalse se encontraba con el agua unos 2 metros bajo el nivel de coronamiento.

Los daños corresponden a deslizamientos importantes en la totalidad del talud de aguas arriba, en lo que corresponde a una cuña de 2 metros de ancho que deslizó completamente hacia abajo, observándose actualmente restos de vegetación en la superficie del agua que correspondían a la cubierta vegetal en el inicio del talud de aguas abajo.

También es posible observar grietas longitudinales importantes en casi toda la extensión del coronamiento del muro, aunque las mayores y más peligrosas se ubican en el sector de mayor altura (aproximadamente al centro del muro). Estas grietas aparecen en gran cantidad y tamaño en el sector más cercano al talud de aguas arriba. En la zona central del coronamiento también se observaron grietas, aunque de menor espesor que las ya indicadas. En la zona más cercana al talud de aguas abajo la cantidad de grietas es sensiblemente menor.

A continuación se presentan una serie de fotografías de los daños producidos por el terremoto del 27 de febrero en el embalse Huechún Bajo.

Fotografía Talud Aguas Arriba

Fotografía Deslizamiento Talud Aguas Arriba

Fotografía Grietas Longitudinales Centrales

4.3.6. Zona afectada en caso de falla

La zona potencial afectada en caso de una falla del embalse es principalmente plantaciones de maíz y hortalizas, e infraestructura vial ubicada aproximadamente 0,5 km hacia aguas abajo.

Área Afectada en caso de Falla

También existen unas pocas casas que se ubican cerca del Sur del muro, pero la cota en que están, y por la depresión del terreno agrícola que existe más hacia el centro del muro, no se verían afectadas.

La otra zona que sería afectada en forma indirecta por una falla del muro, son las 9 casas que se localizan por el lado Norte de la poza del embalse, ya que el único camino que las conecta corresponde al muro del embalse.

4.3.7. Operatividad al momento de la visita

El embalse está hoy operativo, sin capacidad de regulación y con sólo 1 m de agua, en promedio (medido desde el fondo). La alimentación desde el canal matriz está cortada con tablones de madera y latones colocados en el marco partidor, tal como se observa en la siguiente fotografía.

Marco Partidor con Tableros de Madera y Latones

Hay que destacar además que las 2 entregas para riego estaban operativas y funcionando al momento de la visita.

Las acciones anteriores se deben a lo deteriorado que se encuentra el muro del embalse producto del terremoto, por lo que se tomo la decisión de no aumentar la cota de agua del embalse en más de 1 m, tal como se encuentra actualmente.

4.3.8. Operatividad en situación de lluvias

El vertedero lateral de hormigón está operativo, pero no es capaz de verter todo el caudal necesario cuando se producen las lluvias; debido a ello es que cuando ocurren las lluvias, el desagüe del embalse se apoya en las 2 entregas para riego, tal como fuera antes señalado. No obstante, dicha forma de operar no es suficiente para desaguar todas las aguas que llegan al embalse en épocas de lluvias importantes.

4.4. Conclusiones

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

i) El muro del embalse Huechún Bajo presenta numerosas grietas (en tamaño y cantidad) longitudinales en el coronamiento, tanto hacia aguas arriba como por el centro, pero principalmente en el sector más cercano al talud de aguas arriba.
ii) Las grietas se observan prácticamente en toda la longitud del muro.
iii) Las grietas observadas tienen espesores variables, que van desde los 5 mm hasta los 10 cm, aproximadamente.
iv) Con relación a las profundidades de las grietas, a pesar de que no es posible medirlas, se estiman entre 1 m y 4 m.
v) Se produjo el deslizamiento de todo el talud de aguas arriba en un espesor de unos 2 m en toda la longitud de la presa.
vi) Se observan desniveles entre grietas lo que implica que además del deslizamiento de los 2 m de espesor en el talud de aguas arriba, se activaron otras zonas de falla.
vii) La situación que se produjo en el talud de aguas arriba, en cuanto a que la erosión del agua de la presa dejó el talud casi vertical, colaboró con la inestabilidad de dicho talud.
viii) El relleno con material de embanque colocado en el talud de aguas abajo colaboró con la estabilidad de este talud, de tal modo que no se encuentran grietas importantes por ese costado.
ix) No se observaron filtraciones en el talud de aguas abajo ni al pie de dicho talud.

4.5. Recomendaciones

4.5.1. Acciones Inmediatas

Dada la situación de peligro que reviste actualmente el embalse Huechún Bajo, se considera imperativo seguir las siguientes acciones:

- Bajar el nivel de agua en el embalse hasta llegar a una profundidad máxima de 1 m en la parte más profunda. Es decir, 3 m bajo el coronamiento del muro (los otros 2 m que faltan para completar la altura total de 7 m corresponde a embanque).
- Construir un vertedero de emergencia que permita mantener el agua al nivel indicado en el punto anterior de manera natural. Esto podría requerir excavar el muro en una sección de una longitud de 10 m.

- La solución anterior también supone la necesidad de habilitar un nuevo camino (el actual es sobre el coronamiento de la presa) para los vecinos del sector.
- Se recomienda construir un “by pass” entre el canal alimentador del embalse y las dos entregas del mismo, de manera de poder vaciar el embalse, para poder efectuar las futuras reparaciones, sin interrumpir el suministro de aguas hacia las parcelas ubicadas hacia aguas abajo.
- Para evitar la entrada de aguas lluvias en las grietas (lo que puede producir nuevos deslizamientos), se deberán sellar las grietas con arcilla, colocando sobre todo el coronamiento una capa de, al menos, 0,2 m de este tipo de material. Previo a la colocación de dicha capa, se deberá rellenar todas las grietas con arcilla.

4.5.2. Reparaciones Necesarias

Se considera que la reparación del muro del embalse Huechún Bajo requiere de un proyecto de ingeniería que establezca mediante un modelamiento matemático de la presa, que considere además un sismo de diseño adecuado, los taludes tanto de aguas arriba como de aguas abajo que garanticen un funcionamiento seguro tanto para la situación estática como dinámica.

En forma preliminar, y sólo a manera de anteproyecto, se presentan las siguientes medidas de reparación. Se reitera que las acciones siguientes sólo tienen como finalidad la valorización estimada de los trabajos y no son de ninguna manera un proyecto de reparación.

- Se deberá, en primer lugar, vaciar completamente el embalse, asegurando que no llegarán aportes de aguas, ya sean estos de la propia cuenca (aguas lluvias y derrames) y del canal de aducción al embalse.
- Se deberá extraer de la zona del muro (tanto del talud de aguas arriba como desde el fondo en la parte cercana al pie del talud) todo el material suelto y todo el que se vea próximo a caer.
- Se excavarán los 2 m superficiales desde el coronamiento hacia abajo en toda la longitud de la presa.
- Se excavará el talud de aguas arriba, de manera de dejar una superficie escalonada para colocar sobre ella los rellenos de reparación. Cada escalón tendrá una altura de 0,6 m (correspondiente a dos capas) y un espesor de 0,5 m.
- Se efectuarán los rellenos de reparación (en base a materiales similares a los constitutivos de la presa).
- Los rellenos se colocarán en capas compactadas, como mínimo, al 95% de la densidad máxima compactada seca, según ensaye Proctor Modificado.

- La magnitud de los rellenos deberá considerar dejar un coronamiento de 5 m de ancho y un talud de aguas arriba de 1:2,5 (V:H).
- La cota final del coronamiento, deberá ser al menos igual que la actual.
- Sobre el talud de aguas arriba se deberá colocar una capa de material granular (grava comprendida entre 5 y 15 cm de diámetro) de 25 cm de espesor.

4.5.3. Recomendaciones de Carácter General

- La persona encargada del canal matriz, don Matías Schulz (9-1587003) estaba analizando la posibilidad de que las reparaciones del muro del embalse se hagan a través de la postulación de la ley 18.450 de la CNR.
- Además de las reparaciones inmediatas que se deben realizar, se recomienda efectuar las labores tendientes a limpiar el embanque actualmente existente; se estima un volumen aproximado de 30 mil m3 de embanque que hay que sacar. De ese modo, el embalse volvería a ser capaz de regular las aguas por al menos 15 días, tal como funcionaba antes de que se embancara.
- Se recomienda cambiar el marco partidor por una compuerta que regule la entrada de agua al embalse, de modo de que en épocas de lluvias se pueda cortar la alimentación en forma normal. A su vez, incluir un desarenador antes de la compuerta, de modo de que las aguas del canal matriz no vuelvan a embancar el embalse (esa es la razón del embanque que informó el operador del embalse don Guilelrmo Jara).
- Se recomienda instalar reglas limnimétricas para el control de los niveles del embalse.

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	HUECHÚN BAJO	
Propietario	Comunidad de Aguas	
	Tranque Huechún T1	
RUT Propietario		
Año de construcción	1940	
Cuenca / Código DGA	rio maipo/057	
Subcuenca / Código DGA	rio maipo bajo (entre rio mapocho y desembocadura) / 0574	
Fuente del recurso	Canal Matriz	

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	27-04-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	Si
Altura del muro > 5 m	Si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Metropolitana
Provincia	Melipilla
Comuna	Melipilla
Coordenadas UTM Der	
Coordenadas UTM Centro	Norte= 6.267.652 Este= 286.296
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= C= 124 msnm I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	X (papas, maíz)
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	X
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	135 m
Ancho del coronamiento	D= C= 3,5 m I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= 33,7º y 18,4º I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= 72º I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	7 m
Profundidad máxima de agua en sector del muro	2 m
Área estimada o calculada de la poza	5 ha
Ancho máximo de la poza	150 m
Largo de la poza	376 m
Volumen declarado o proyectado	270.000 m3
	75.000 m3 hoy

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Embalse se encuentra con fallas graves
Compacidad del material estructural	alta
Uniformidad de los taludes	aguas abajo sí; aguas arriba poco uniforme (casi vertical en algunos sectores)
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	si, en varios puntos a lo largo de su coronamiento
Grietas visibles y su ubicación	si, en varios puntos; grietas longitudinales
Indicios de deslizamientos y ubicación	casi todo el muro de aguas arriba está deslizado
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	1,5 m bajo el coronamiento está el nivel saturado
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	no se observan
Tipo de revestimiento del muro	sin revestimiento

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	X
Vertederos laterales	
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	X
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	X
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	X

Los datos a consignar son:	Son 3 tubos de acero corrugado de 0,8 m de diámetro
Tipo de vertedero	frontal de pared gruesa
Material constructivo	hormigón armado
Estado de conservación y operatividad	buen estado, operativo
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	4 m x 3 m; 0,4 m

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

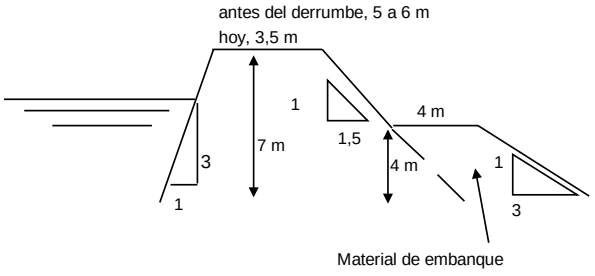
Tipo de estructura	son 2 obras de entrega que operan con válvulas y descargan a canal
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	operativos 100 %

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	no hay
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	no hay
Densidad de población en las cercanías del tranque	
Distancia hacia zonas agrícolas	inmediatamente aguas abajo del tranque plantación de maíz
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	500 m hacia aguas abajo camino público de tierra
Área de riego servida por el tranque analizado	200 ha

11. MONOGRAFÍA Y FOTOGRAFÍAS

SECCIÓN DEL MURO



Entrega desde Canal Matriz; Marco Partidor Tapado con Tablones

Entrega a Canal Los Huachos (entrega 1)

Daños ocasionados por el terremoto

12. OBSERVACIONES

SEGUNDA VISITA
EMBALSE HUECHÚN BAJO

INDICE

1. Introducción 1

2. Conclusiones y Recomendaciones efectuadas en base a la Primera Visita 2

2.1. Conclusiones 2

2.2. Acciones Inmediatas 3

2.3. Reparaciones Necesarias 4

2.4. Recomendaciones de Carácter General 5

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita 5

EMBALSE HUECHÚN BAJO
SEGUNDA VISITA TÉCNICA

1. Introducción

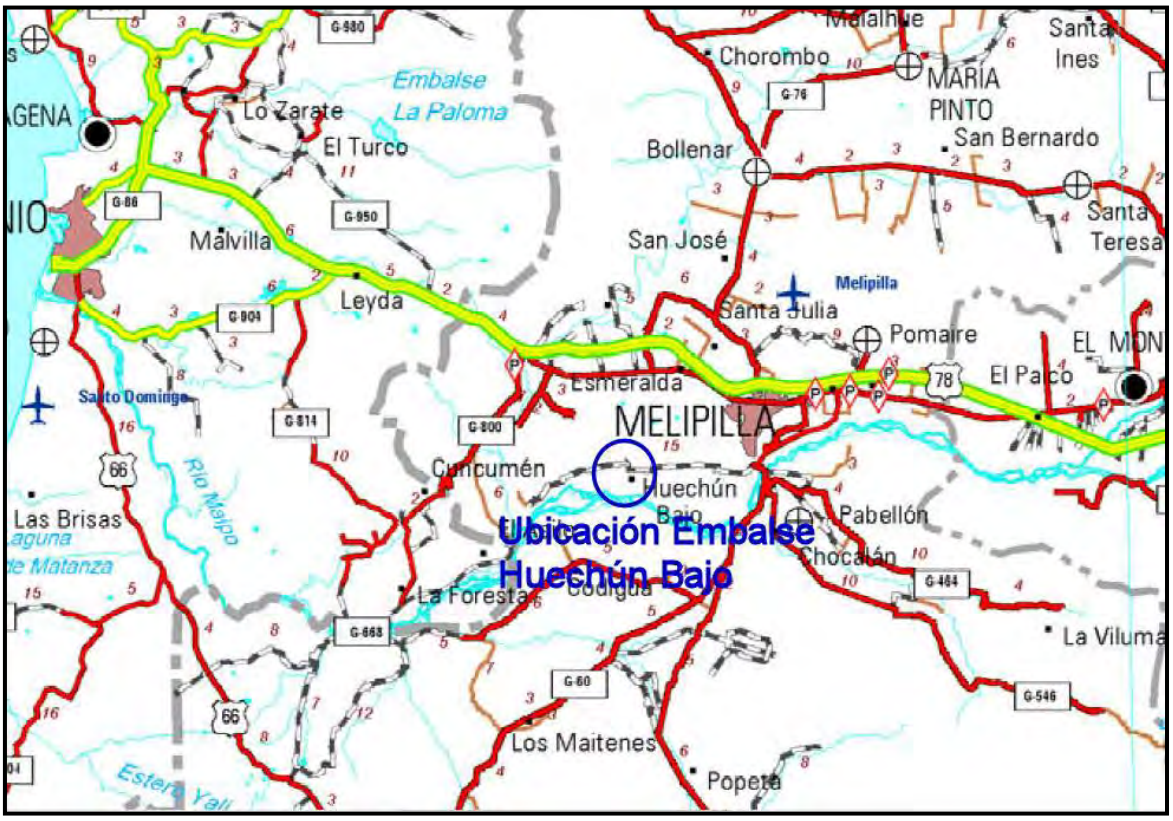
Debido al terremoto ocurrido en la zona central sur del país el 27 de febrero del año en curso, muchas represas sufrieron considerables daños en su estructura y obras anexas. Por este motivo, la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas efectuó un proceso de fiscalización de la situación que presentan varios embalses en el área afectada por dicho terremoto. Dicha fiscalización entregó para cada uno de los embalses visitados recomendaciones para las reparaciones, en caso que estas fueran necesarias.

Como una segunda etapa al proceso de fiscalización, se efectuó una segunda visita a los embalses ya visitados, para examinar la situación que presentaban estos embalses a varios meses de entregado el primer informe.

Como parte de estas segundas visitas, se encargó a la Consultora Aquaterra Ingenieros Ltda. la inspección del Embalse Huechún Bajo, ubicado al Sur Poniente de la ciudad de Melipilla, en la Región Metropolitana del país. Las coordenadas UTM, Datum WGS 84, del embalse son: 286.296 Este y 6.267.652 Norte.

En la Inspección, que se efectuó el día Martes 16 de Noviembre de 2010, participaron los ingenieros civiles Jaime Vargas y Kricor Bzdigian.

Figura 1
Ubicación Embalse Huechún Bajo



2. Conclusiones y Recomendaciones efectuadas en base a la Primera Visita

Como consecuencia de la primera visita se elaboró un informe con conclusiones y recomendaciones para la reparación del muro del embalse. Dichas conclusiones y recomendaciones fueron las siguientes:

2.1. Conclusiones

i) El muro del embalse Huechún Bajo presenta numerosas grietas (en tamaño y cantidad) longitudinales en el coronamiento, tanto hacia aguas arriba como por el centro, pero principalmente en el sector más cercano al talud de aguas arriba.

ii) Las grietas se observan prácticamente en toda la longitud del muro.

iii) Las grietas observadas tienen espesores variables, que van desde los 5 mm hasta los 10 cm, aproximadamente.

iv) Con relación a las profundidades de las grietas, a pesar de que no es posible medirlas, se estiman entre 1 m y 4 m.
v) Se produjo el deslizamiento de todo el talud de aguas arriba en un espesor de unos 2 m en toda la longitud de la presa.
vi) Se observan desniveles entre grietas lo que implica que además del deslizamiento de los 2 m de espesor en el talud de aguas arriba, se activaron otras zonas de falla.
vii) La situación que se produjo en el talud de aguas arriba, en cuanto a que la erosión del agua de la presa dejó el talud casi vertical, colaboró con la inestabilidad de dicho talud.
viii) El relleno con material de embanque colocado en el talud de aguas abajo colaboró con la estabilidad de este talud, de tal modo que no se encuentran grietas importantes por ese costado.
ix) No se observaron filtraciones en el talud de aguas abajo ni al pie de dicho talud.

2.2. Acciones Inmediatas

Dada la situación de peligro que reviste actualmente el embalse Huechún Bajo, se considera imperativo seguir las siguientes acciones:

- Bajar el nivel de agua en el embalse hasta llegar a una profundidad máxima de 1 m en la parte más profunda. Es decir, 3 m bajo el coronamiento del muro (los otros 2 m que faltan para completar la altura total de 7 m corresponde a embanque).
- Construir un vertedero de emergencia que permita mantener el agua al nivel indicado en el punto anterior de manera natural. Esto podría requerir excavar el muro en una sección de una longitud de 10 m.
- La solución anterior también supone la necesidad de habilitar un nuevo camino (el actual es sobre el coronamiento de la presa) para los vecinos del sector.
- Se recomienda construir un “by pass” entre el canal alimentador del embalse y las dos entregas del mismo, de manera de poder vaciar el embalse, para poder efectuar las futuras reparaciones, sin interrumpir el suministro de aguas hacia las parcelas ubicadas hacia aguas abajo.
- Para evitar la entrada de aguas lluvias en las grietas (lo que puede producir nuevos deslizamientos), se deberán sellar las grietas con arcilla, colocando sobre todo el coronamiento una capa de, al menos, 0,2 m de este tipo de material. Previo a la colocación de dicha capa, se deberá rellenar todas las grietas con arcilla.

2.3. Reparaciones Necesarias

Se considera que la reparación del muro del embalse Huechún Bajo requiere de un proyecto de ingeniería que establezca mediante un modelamiento matemático de la presa, que considere además un sismo de diseño adecuado, los taludes tanto de aguas arriba como de aguas abajo que garanticen un funcionamiento seguro tanto para la situación estática como dinámica.

En forma preliminar, y sólo a manera de anteproyecto, se presentan las siguientes medidas de reparación. Se reitera que las acciones siguientes sólo tienen como finalidad la valorización estimada de los trabajos y no son de ninguna manera un proyecto de reparación.

- Se deberá, en primer lugar, vaciar completamente el embalse, asegurando que no llegarán aportes de aguas, ya sean estos de la propia cuenca (aguas lluvias y derrames) y del canal de aducción al embalse.
- Se deberá extraer de la zona del muro (tanto del talud de aguas arriba como desde el fondo en la parte cercana al pie del talud) todo el material suelto y todo el que se vea próximo a caer.
- Se excavarán los 2 m superficiales desde el coronamiento hacia abajo en toda la longitud de la presa.
- Se excavará el talud de aguas arriba, de manera de dejar una superficie escalonada para colocar sobre ella los rellenos de reparación. Cada escalón tendrá una altura de 0,6 m (correspondiente a dos capas) y un espesor de 0,5 m.
- Se efectuarán los rellenos de reparación (en base a materiales similares a los constitutivos de la presa).
- Los rellenos se colocarán en capas compactadas, como mínimo, al 95% de la densidad máxima compactada seca, según ensaye Proctor Modificado.
- La magnitud de los rellenos deberá considerar dejar un coronamiento de 5 m de ancho y un talud de aguas arriba de 1:2,5 (V:H).
- La cota final del coronamiento, deberá ser al menos igual que la actual.
- Sobre el talud de aguas arriba se deberá colocar una capa de material granular (grava comprendida entre 5 y 15 cm de diámetro) de 25 cm de espesor.

2.4. Recomendaciones de Carácter General

- La persona encargada del canal matriz, don Matías Schulz (9-1587003) estaba analizando la posibilidad de que las reparaciones del muro del embalse se hagan a través de la postulación de la ley 18.450 de la CNR.
- Además de las reparaciones inmediatas que se deben realizar, se recomienda efectuar las labores tendientes a limpiar el embanque actualmente existente; se estima un volumen aproximado de 30 mil m3 de embanque que hay que sacar. De ese modo, el embalse volvería a ser capaz de regular las aguas por al menos 15 días, tal como funcionaba antes de que se embancara.
- Se recomienda cambiar el marco partidor por una compuerta que regule la entrada de agua al embalse, de modo de que en épocas de lluvias se pueda cortar la alimentación en forma normal. A su vez, incluir un desarenador antes de la compuerta, de modo de que las aguas del canal matriz no vuelvan a embancar el embalse (esa es la razón del embanque que informó el operador del embalse don Guillermo Jara).
- Se recomienda instalar reglas limnimétricas para el control de los niveles del embalse.

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita

Al momento de efectuarse la segunda visita, el muro del Embalse Huechún Bajo no presentaba evidencias de reparaciones. Si bien, muchas de las grietas no pueden observarse debido a que las lluvias ocurridas en invierno arrastraron material suelto a su interior, la situación sigue siendo la misma en que se encontraba el muro en la primera visita.

El embalse se encontraba a un nivel bajo (3 m desde el coronamiento) debido a que se estaba extrayendo el agua por las obras de entrega existentes (embalse operativo). No obstante lo anterior, no se construyó el vertedero de emergencia solicitado, por lo que en caso de lluvias el agua podría alcanzar niveles peligrosos.

Tampoco se ha construido el by pass indicado para las entregas, de manera que no es posible secar el embalse para efectuar las reparaciones.

A continuación se presentan algunas fotografías obtenidas en la segunda visita.

Fotografía N° 1
Talud de Aguas Arriba

Fotografía N° 2
Grietas Antiguas Talud de Aguas Arriba

Fotografía N° 3
Talud de Aguas Arriba

Fotografía N° 4
Bajo Nivel de Agua

EMBALSE EL LLANO
COMUNA DE MARÍA PINTO

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1. Introducción 1

1.2. Objetivos Generales 2

1.3. Objetivos Específicos 2

2. ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1. Accesos al Embalse Visitado 3

3. FUENTES DE INFORMACIÓN 4

3.1. Antecedentes Geológicos 5

3.2. Antecedentes Geotécnicos 6

4. TRABAJO DE TERRENO 6

4.1. Metodología 6

4.2. Estado Actual del Embalse 7

4.3. Diagnóstico en Terreno 7

4.3.1. Propiedad 8
4.3.2. Descripción General 8
4.3.3. Vertedero 10
4.3.4. Cuenca Aportante 12
4.3.5. Análisis de Daños 13
4.3.6. Zona afectada en caso de falla 17
4.3.7. Operatividad al momento de la visita 17
4.3.8. Operatividad en situación de lluvias 18

4.4. Conclusiones 19

4.5. Recomendaciones 20

4.5.1. Acciones Inmediatas 20
4.5.2. Reparaciones Necesarias 20
4.5.3. Recomendaciones de Carácter General 21

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados al embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del mismo.

1.2. Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3. Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno del embalse asignado; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2. ÁREA DE ESTUDIO

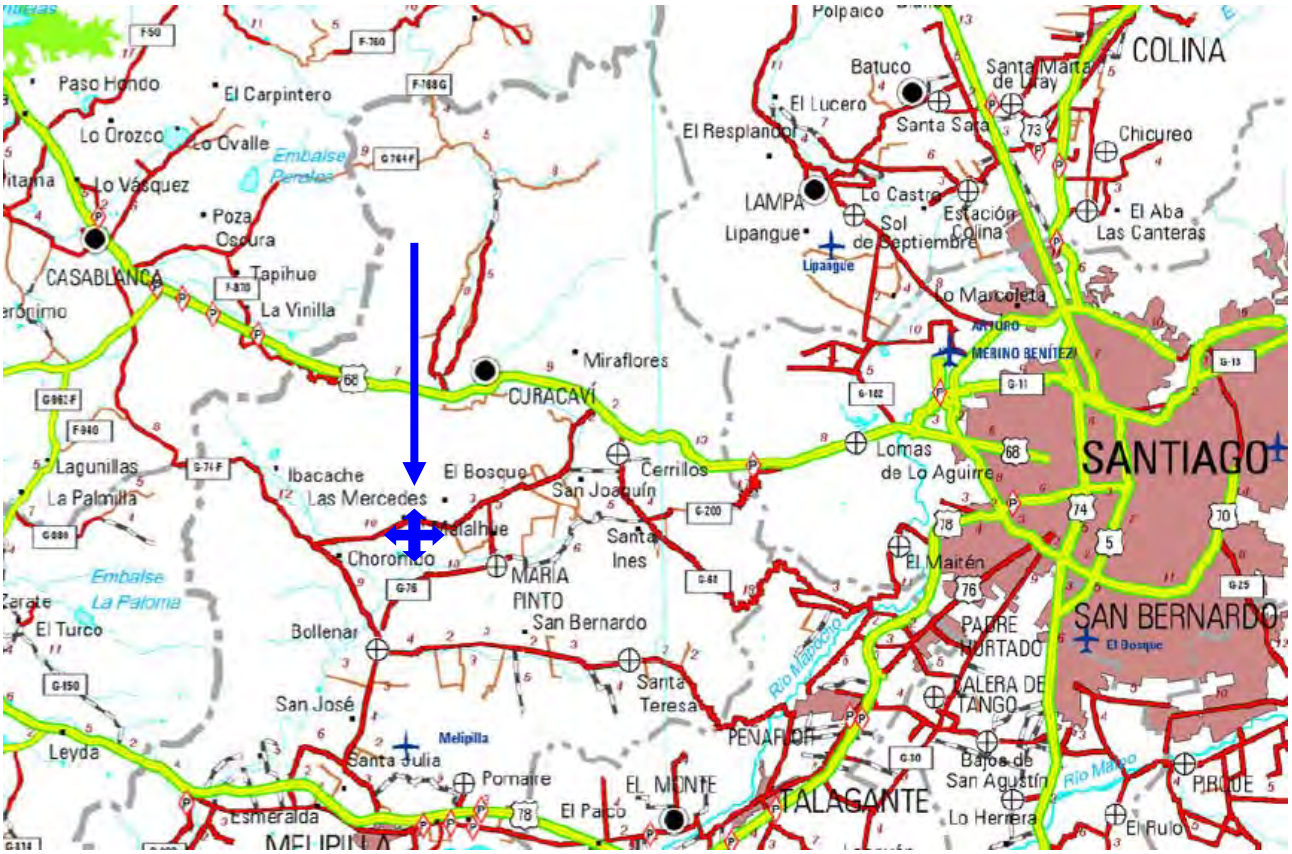
El área de estudio en esta visita corresponde a la Región Metropolitana, comuna de María Pinto, donde se visitó el denominado Embalse El Llano; sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes.

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
	Uso	Norte	Este	msnm
Embalse El Llano	19	6.290.492	293.399	151

2.1. Accesos al Embalse Visitado

La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSE EL LLANO



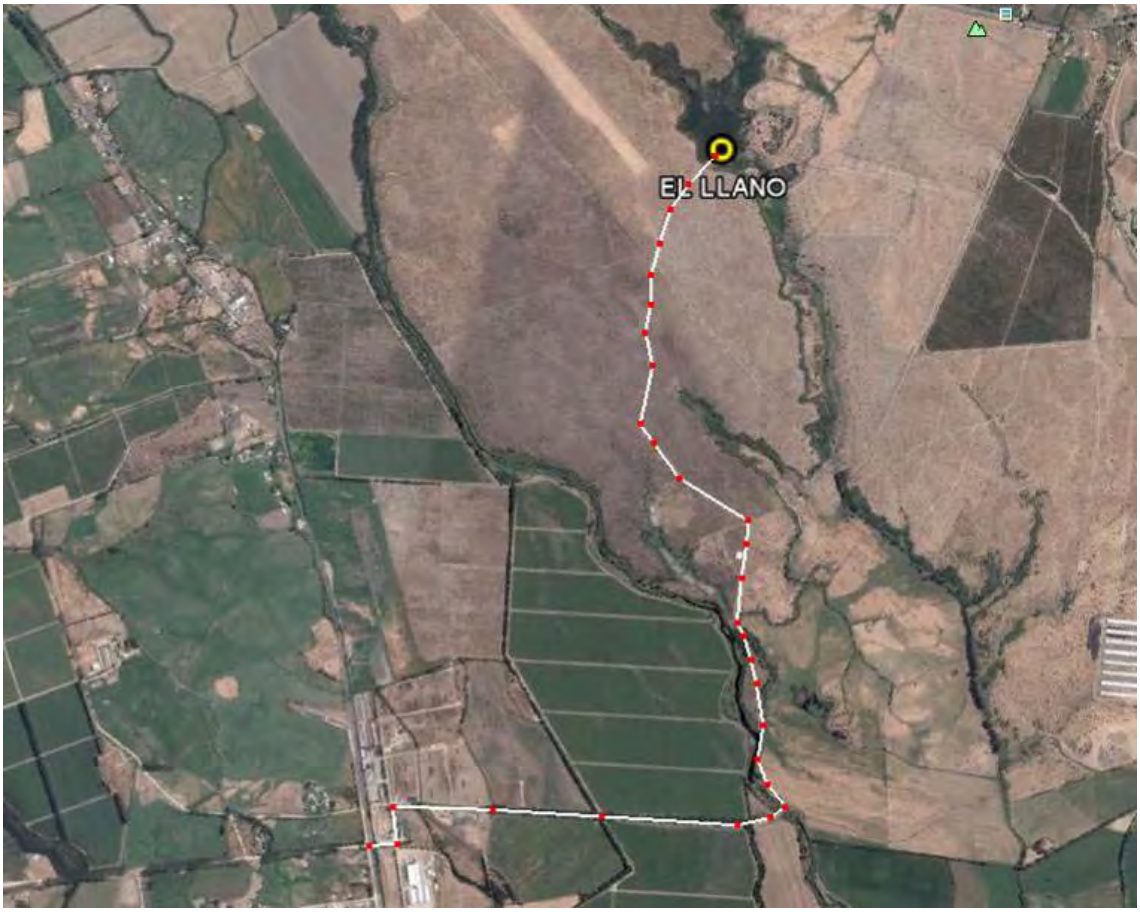
- **Acceso Específico Embalse El Llano**

Se puede acceder por Melipilla, tomando la ruta G74-F camino a San José y Bollenar. Llegando al cruce de Bollenar, doblar por la diagonal hacia la izquierda y continuar aproximadamente 4 km hacia el Norte y se llega al portón de la Hacienda Chorombo S.A. (dirección: camino público a Casablanca km 22). También se puede acceder por la ruta 68, 9 km antes de llegar a Curacaví, se debe doblar a la izquierda para tomar la ruta G-730. Se debe continuar por dicha ruta hacia el Oeste pasando por las localidades de El Bosque y Malalhue, para llegar al cruce con la ruta G74-F; en dicho

cruce se debe doblar hacia la izquierda (al Sur), y se debe recorrer aproximadamente 4 km y se llega a la entrada a la Hacienda Chorombo.

Desde la entrada a la Hacienda, hay que recorrer 4 km por camino interior de la Hacienda hasta llegar al embalse.

Acceso Específico en Hacienda Chorombo S.A.
(desde la entrada a la Hacienda)



3. FUENTES DE INFORMACIÓN

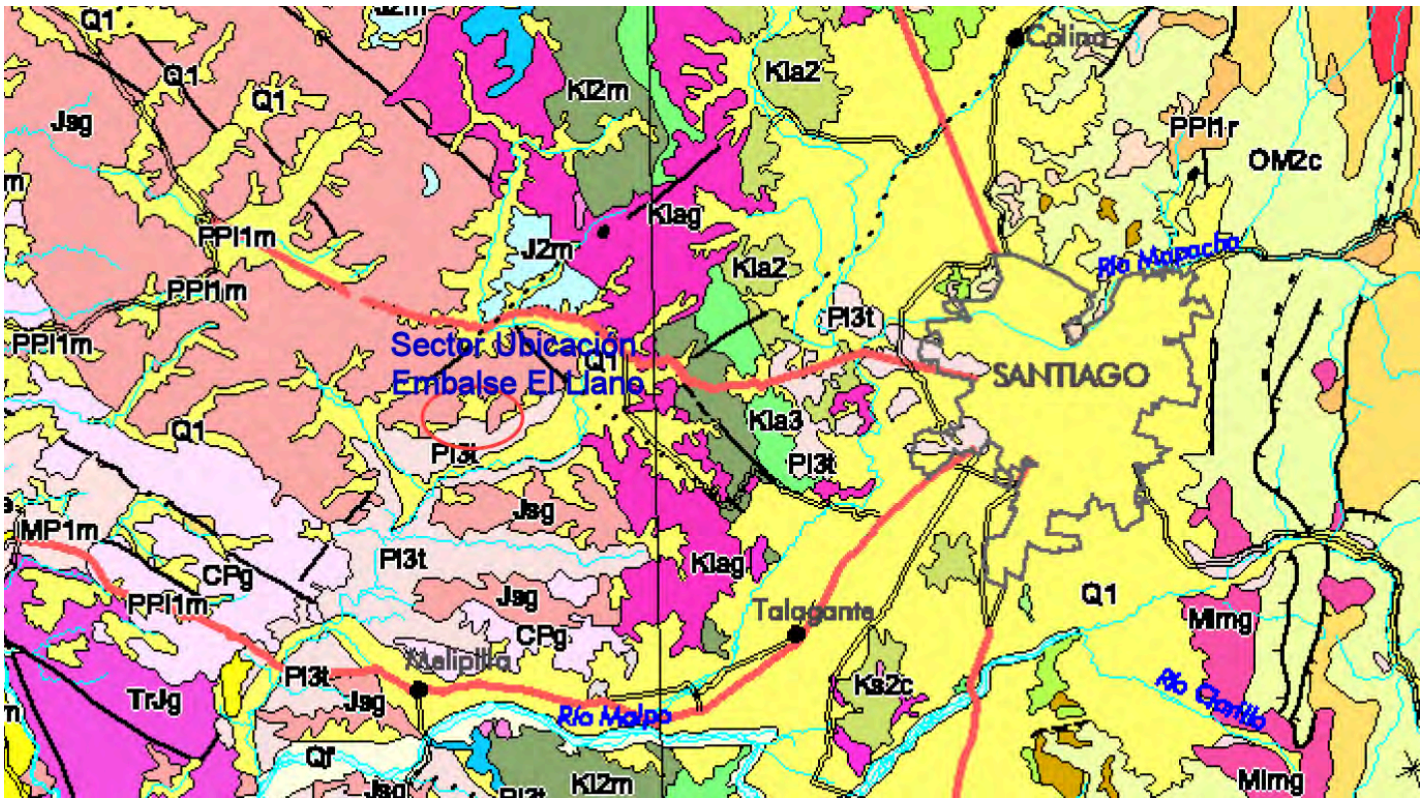
Las fuentes de información utilizada en el desarrollo del presente informe se indican a continuación:

- Sistema de Información Geográfico (SIG) de la DGA del MOP
- Visita a terreno.
- Carta Geológica de Chile

3.1. Antecedentes Geológicos

En la Figura 3.1-1 se incluye la carta geológica (Sernageomín) para el sector donde se emplaza el Embalse El Llano.

Figura 3.1-1
Mapa Geológico del Sector



Pl3t
Pleistoceno
Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso. En la Depresión Central y valles de la Cordillera Principal, regiones V a VII: Ignimbrita Pudahuel y Toba Loma Seca.

Q1
Pleistoceno-Holoceno
Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados. En la Depresión Central, regiones Metropolitana a IX: abanicos mixtos de depósitos aluviales y fluvioglaciales con intercalación de depósitos volcanoclásticos.

Jsg
Jurásico Medio-Superior (180-142 Ma)
Monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y hornblenda. En la Cordillera de la Costa, regiones I a VI; en la Cordillera Principal, regiones X y XI: Plutón Panguipulli y borde oriental del Batolito Norpatagónico; en la península Antártica.

De acuerdo con la información incluida en el mapa anterior, en el sector de emplazamiento del Embalse El Llano, es posible encontrar 3 unidades geológicas. Desde la mas antigua a la mas nueva son las siguientes: la unidad Jsg, correspondiente a rocas basales tipo dioritas y graniodoritas de biotita, piroxeno y hornblenda; la unidad PI3t, correspondiente a depósitos piroclásticos principalmente riolíticos; y finalmente la unidad Q1, correspondiente a Depósitos aluviales y fluviales.

3.2. Antecedentes Geotécnicos

De la visita efectuada, en la cual se observaron cortes en diferentes sectores cercanos al embalse El Llano, es posible establecer que los suelos donde se encuentra fundado el embalse corresponden a arenas limosas de color café claro. En algunos sectores también es posible encontrar gravas areno arcillosas. Los suelos observados son de permeabilidad media a baja.

En cuanto a la presa misma, ésta se encuentra formada por rellenos de arenas limosas amaicilladas (correspondiente a los mismos materiales indicados en el párrafo anterior), de color café. La compacidad que tienen los materiales colocados en el muro es alta, su plasticidad es de media a baja y la permeabilidad asociada es de media a baja.

De lo que pudo observarse y medir en la visita, es posible establecer que el muro del embalse El Llano, tiene 217 m de longitud y su altura máxima es de 3 m.

4. TRABAJO DE TERRENO

4.1. Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso.

La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo y coordenadas de los embalses que serían diagnosticados.
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
- 2 Distanciómetros laser (para mediciones de corta y larga longitud, respectivamente)
- GPS (2) Magellan
- 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

4.2. Estado Actual del Embalse

La visita al embalse El Llano se hizo el día 27 de Abril del 2010.

La ficha de registro del embalse, cuyo formato fue entregado por la DGA, está organizada en tres Grupos de identificación; Antecedentes Generales, Ubicación del Embalse y Antecedentes Técnicos. En el Anexo 1 se incluye la ficha del embalse El Llano.

4.3. Diagnóstico en Terreno

El embalse El Llano corresponde a un embalse de riego particular Hacienda Chorombo), cuyas aguas son utilizadas para el riego de aproximadamente 200 hás de Olivos (riego tecnificado).

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe “verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos”.

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas e infraestructura fundamentalmente.

A continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

4.3.1. Propiedad

El embalse pertenece a la Hacienda Chorombo S.A., cuyo gerente general es don Alfonso Acevedo (8327367) y la dirección de la Hacienda es “Camino Público a Casablanca Km 22”.

4.3.2. Descripción General

Este embalse, se ubica en la comuna de María Pinto, en el denominado sector “Chorombo”, a 30 minutos de Melipilla.

La alimentación del embalse se produce por los escurrimientos superficiales de 2 esteros principales, además de los derrames de riego de parcelas ubicadas hacia el Norte de la Hacienda.

Esteros que Alimentan al Embalse El Llano

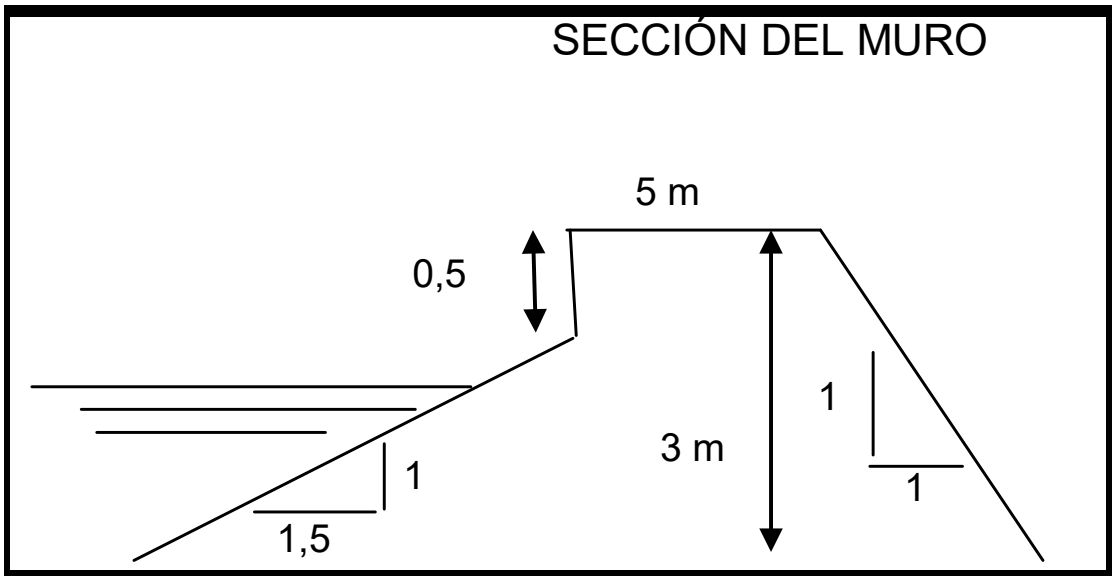
La capacidad máxima del embalse es cercana a los 90 mil m3. Las aguas del embalse son descargadas a través de una compuerta, y llegan a un sistema de filtros; primero pasan por un sistema de filtros primarios, desde donde se bombea a un sistema de filtros secundarios; desde allí se bombean las aguas a las estaciones de riego específicas.

Filtros Primarios

Filtros Secundarios

La geometría actual del muro es la siguiente:

- Altura total máxima= 3 m
- Ancho de coronamiento= 5 m
- Longitud del coronamiento= 220 m
- Largo de la poza= 200 m
- Talud aguas arriba: vertical los primeros 0,5 m y luego 1:1,5 (V:H)
- Talud aguas abajo: 1:1 (V:H)



Respecto a las alturas de agua en el embalse, se tiene:

- Altura promedio= 2 m
- Altura actual en el sector del muro= 1,5 m
- Altura desde coronamiento al agua= 1,5 m

4.3.3. Vertedero

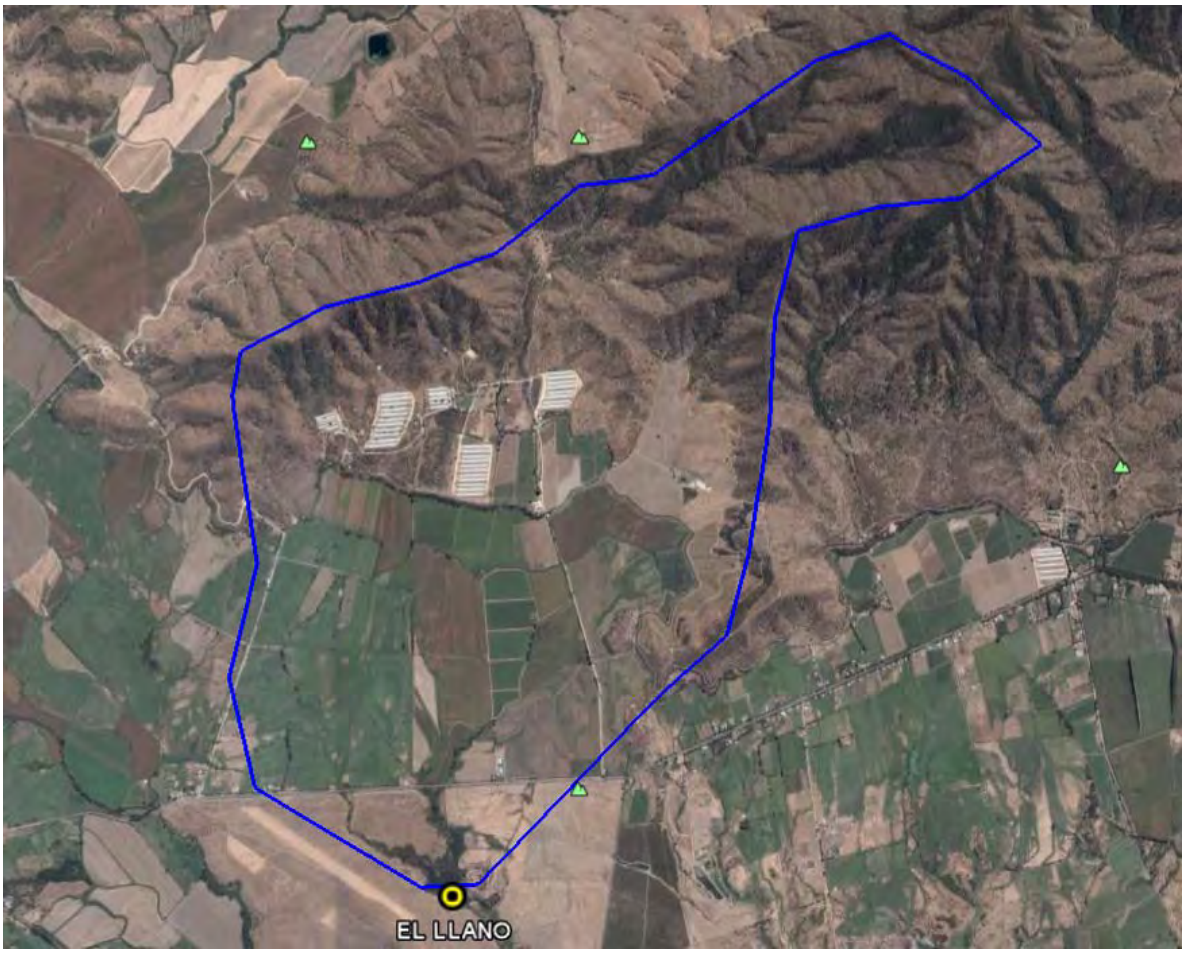
Corresponde a un desagüe natural por un canal no revestido rústico de 2 m de ancho por 1 m de altura, de capacidad limitada (tomando en cuenta la geometría del canalón, su pendiente aproximada y la rugosidad a la salida, su capacidad sería de aproximadamente 1 m3/s). En épocas de lluvia se opera en conjunto con la compuerta de entrega para riego. Ambos desagües van a dar a una quebrada natural, la cual finalmente descarga al estero Améstica. Es decir, el desagüe por el canal no revestido se junta con el desagüe de la entrega para riego (desde el filtro primario hay una compuerta que permite descargar las aguas sin pasar por los filtros), las que finalmente llegan al estero Améstica.

EL LLANO
Estero Améstica

4.3.4. Cuenca Aportante

Todas las aguas lluvias que se producen hacia aguas arriba de la cola del embalse, bajan por 2 esteros (sin nombre) y descargan sus aguas al embalse. No obstante la cuenca es netamente pluvial, información proporcionada por don Manuel Contreras (Jefe de Seguridad) y por don César Arellano (Jefe de Maquinaria y Mantención), señalaron que el embalse nunca se ha secado, y ha mantenido niveles de agua suficientes para el riego de los Olivos, incluso en épocas de sequía.

Cuenca Aportante a Embalse El Llano



4.3.5. Análisis de Daños

Conforme a lo observado el muro del embalse El Llano corresponde a una presa homogénea de unos 217 metros de longitud. Su altura máxima es de unos 3 metros. El ancho de coronamiento unos 5 metros.

Los taludes de la presa son aproximadamente 1:1. Sin embargo, la erosión del agua en el talud de aguas arriba, ha producido que en la zona expuesta al oleaje el talud esté prácticamente vertical en una altura de unos 0,5 m, para luego continuar en un talud 1:1,5 (V:H).

Con relación a la situación actual de la presa, durante la visita fue posible constatar algunos daños en el muro. Según se informó todos los daños (excepto la erosión del talud de aguas arriba por efecto del oleaje) fueron ocasionados por el terremoto del 27 de febrero de 2010.

Al momento de la visita el embalse se encontraba con el agua a 1,5 m bajo el nivel de coronamiento.

Los daños corresponden a grietas longitudinales de diverso espesor en varios sectores del muro, pero especialmente en la parte central, que es también la de mayor altura. Estas grietas aparecen en el coronamiento en tres líneas. Una hacia aguas arriba, otra por el centro y la otra hacia aguas abajo del coronamiento. Los espesores de estas grietas son de unos 2 a 5 mm, y comprenden una longitud de unos 40 m (en tramos de 10 m).

Existe un sector, inmediatamente hacia la derecha del centro del muro, donde en un tramo de unos 10 m se observan grietas de bastante más espesor que las demás, de aproximadamente 20 cm; estas grietas están por la zona más cercana al talud de aguas arriba del coronamiento. En la zona más cercana al talud de aguas abajo la cantidad de grietas es menor.

Existen dos sectores, el primero cercano al centro de la presa y otro inmediatamente a la izquierda de la obra de entrega, donde se aprecian grietas transversales, de pequeño espesor (de 2 a 5 mm), y comprenden una longitud de unos 4 m.

A continuación se presenta una serie de fotografías de los daños producidos por el terremoto del 27 de febrero de 2010 en el embalse.

Fotografía Muro de Izquierda a Derecha

Fotografía Detalle Grieta en Coronamiento
(Cercana a talud de Aguas Abajo)

Zona de Grieta a la Derecha de Zona Central

Detalle de Grieta Longitudinal en Sector Central del Muro

Grieta Transversal Cercana a Obra de Entrega

Vista de Material del Muro en Talud de Aguas Abajo

4.3.6. Zona afectada en caso de falla

Desde el embalse El Llano hacia el Sur, se genera un estero que viene a ser la continuación de los 2 esteros que alimentan el embalse. En efecto, antes de que existiera el embalse, ambos esteros se juntaban a la altura del embalse, para continuar hacia aguas abajo (Sur), y finalmente juntarse con el estero Améstica.

Según lo observado en terreno y de acuerdo con lo informado por el Jefe de Seguridad don Manuel Contreras, hacia aguas abajo existiría sólo 1 casa ubicada aproximadamente a 5 km del embalse.

Hay que consignar que en caso de falla, las aguas del embalse se irían por el estero antes consignado, el cual se junta con el estero Amnésica aproximadamente 4 km hacia aguas abajo medido desde el embalse.

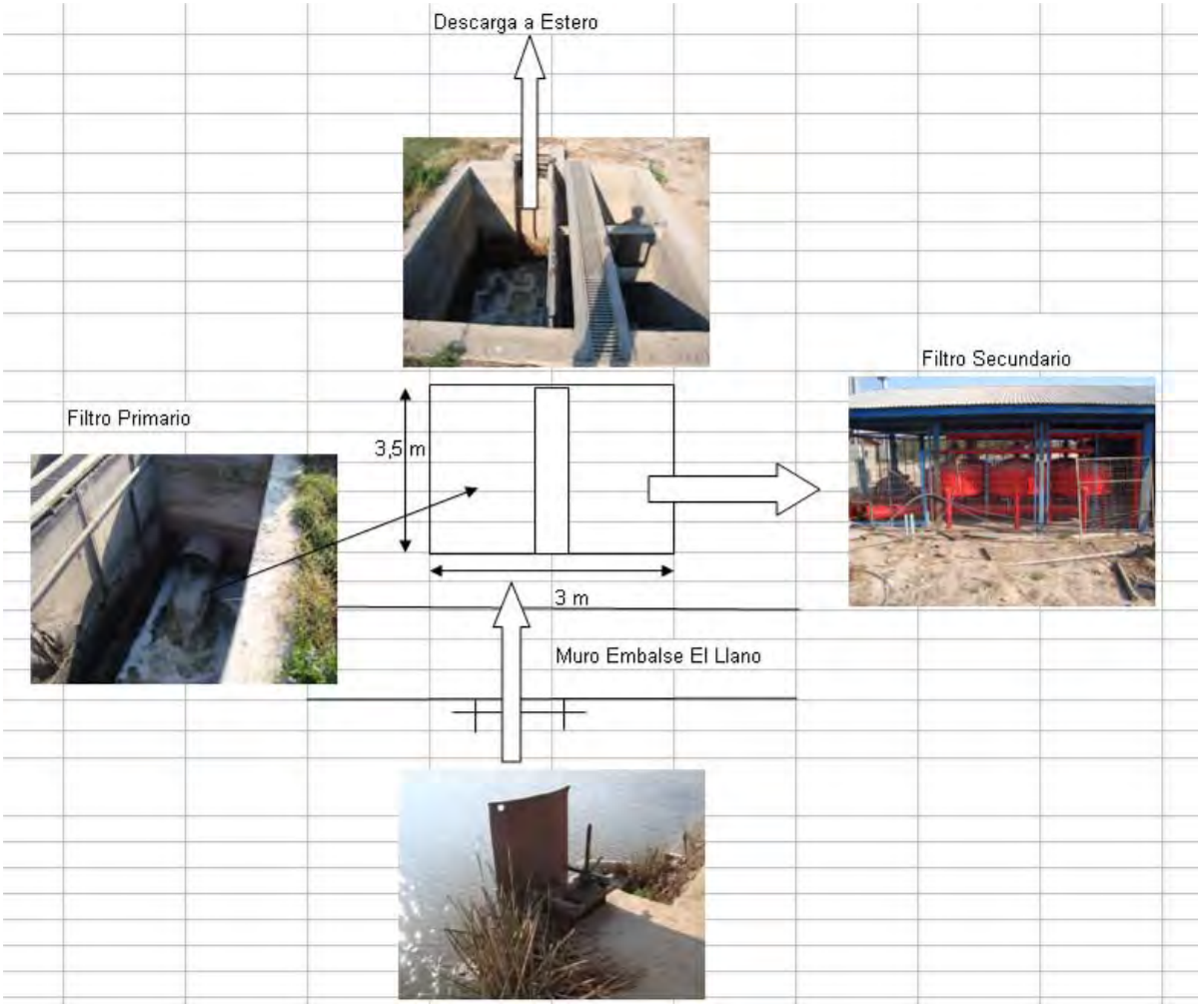
No existen plantaciones ni infraestructura que pudiera afectar una falla del muro del muro del embalse.

4.3.7. Operatividad al momento de la visita

El embalse está hoy 100% operativo, con lo niveles de agua a 1,5 m desde el coronamiento del muro.

La compuerta de entrega para riego funciona sin problemas.

Compuerta Entrega para Riego



4.3.8. Operatividad en situación de lluvias

Tal cual fuera señalado, el vertedero rústico (desagüe natural por canal no revestido) tiene una capacidad limitada de evacuar las aguas en exceso. Por ello, este desagüe natural se opera en conjunto con la compuerta de entrega para riego. En efecto, cuando los niveles de agua del embalse llegan a una cierta marca en el muro de la compuerta (ver siguiente fotografía), la compuerta se abre completamente y se deja pasar el agua por el filtro primario hacia aguas abajo a través de la abertura de una segunda compuerta que se localiza en el filtro primario (ver figura anterior); la marca se ubica a 1 m desde el coronamiento del muro.

Marca en Muro de Compuerta Entrega para Riego

El jefe de seguridad de la Hacienda (Manuel Contreras López) nos señaló que nunca han tenido problemas con el desagüe de las aguas lluvias, cuando éstas han sido de importancia.

4.4. Conclusiones

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

i) El muro del embalse El Llano presenta numerosas grietas longitudinales y dos transversales en el coronamiento. Los espesores son de unos 2 a 5 mm (tanto las longitudinales como las transversales) y comprenden una longitud de unos 40 m (en tramos de 10 m las longitudinales) y de 4 m las transversales.
ii) Las grietas se observan prácticamente en toda la longitud del muro.
iii) Las grietas en la zona central del muro tienen un espesor de unos 20 cm, y abarcan unos 10 m de longitud por la zona más cercan al talud de aguas arriba del coronamiento.
iv) La profundidad de las grietas probablemente es de 1 a 2 m.
v) La grieta mayor que tiene espesores de varios centímetros corresponde a un deslizamiento incipiente en un tramo de unos 10 m en el talud de aguas arriba al lado derecho del muro.

vi) La situación que se produjo en el talud de aguas arriba, en cuanto a que la erosión del agua de la presa dejó el talud en su parte superior casi vertical, colaboró con la inestabilidad de dicho talud.
vii) No se observaron filtraciones en el talud de aguas abajo.
viii) No es posible definir si la vegetación que existe al pie del talud de aguas abajo es mantenida por filtraciones de la presa o por el agua que viene por los canales cercanos.
ix) Las grietas transversales son especialmente peligrosas si a través de ellas se filtra agua. Se debe mantener estas grietas en continua vigilancia.

4.5. Recomendaciones

4.5.1. Acciones Inmediatas

Aunque la situación del embalse El Llano no es de peligro inminente, se considera imperativo seguir las siguientes acciones:

- Bajar el nivel de agua en el embalse hasta llegar a una profundidad máxima de 1 m en la parte más profunda. Es decir, 2 m bajo el coronamiento del muro.
- Para evitar la entrada de aguas lluvias en las grietas (lo que puede producir nuevos deslizamientos), se deberán sellar las grietas con arcilla, colocando sobre todo el coronamiento una capa de, al menos, 0,2 m de este tipo de material. Previo a la colocación de dicha capa, se deberá rellenar todas las grietas con arcilla.
- Las grietas transversales deberán cuidarse especialmente, vigilando su comportamiento en forma diaria. De aparecer filtraciones deberá bajarse el nivel de agua del embalse hasta que las filtraciones desaparezcan.

4.5.2. Reparaciones Necesarias

Se considera que la reparación del muro del embalse El Llano requiere de un proyecto de ingeniería que establezca mediante una modelación matemática de la presa, que considere además un sismo de diseño adecuado, los taludes tanto de aguas arriba como de aguas abajo que garanticen un funcionamiento seguro tanto para la situación estática como dinámica.

En forma preliminar, y sólo a manera de anteproyecto se presentan las siguientes medidas de reparación. Se reitera que las acciones siguientes sólo tienen como

finalidad la valorización estimada de los trabajos y no son de ninguna manera un proyecto de reparación.

- Se deberá, en primer lugar, vaciar completamente el embalse, asegurando que no llegarán aportes de aguas de los esteros que alimentan el embalse.
- Se deberá extraer de la zona del muro (tanto del talud de aguas arriba como desde el fondo en la parte cercana al pie del talud) todo el material suelto y todo el que se vea próximo a caer.
- Se excavarán 1,5 m superficiales desde el coronamiento hacia abajo en toda la longitud de la presa.
- Se excavará el talud de aguas arriba de lo que quedó de la presa, de manera de dejar una superficie escalonada para colocar sobre ella los rellenos de mejoramiento. Cada escalón tendrá una altura de 0,6 m (correspondiente a dos capas) y un espesor de 0,5 m.
- Se efectuarán los rellenos de mejoramiento (en base a materiales similares a los constitutivos de la presa).
- Los rellenos se colocarán en capas compactadas, como mínimo, al 95% de la densidad máxima compactada seca, según ensaye Proctor Modificado.
- La magnitud de los rellenos deberá considerar dejar un coronamiento de 5 m de ancho y un talud de aguas arriba de 1:2 (V:H).
- La cota final del coronamiento, deberá ser al menos igual que la actual.
- Sobre el talud de aguas arriba se deberá colocar una capa de material granular (grava comprendida entre 5 y 15 cm de diámetro) de 25 cm de espesor.

4.5.3. Recomendaciones de Carácter General

- El profesional Jefe de Maquinaria y Mantención de la Hacienda Chorombo S.A. don César Arellano, nos señaló textualmente que en un corto plazo harán todas las reparaciones de los daños que existen hoy en el muro del embalse.
- Se recomienda limpiar y reperfilar el canal de descarga, de modo de mejorar la sección de descarga de las aguas que sean necesarias descargar producto de lluvias de importancia.
- También se recomienda hacer labores periódicas de limpieza del estero donde llegan las aguas que se descargan del embalse, de modo de mejorar la sección de descarga y con ello disminuir las alturas de aguas que se generan y que podrían producir eventuales inundaciones en sectores aledaños.

Sección Descarga Vertedero Rústico

Sección Descarga en Sector Filtros Primarios

- Se recomienda instalar reglas limnimétricas para el control de los niveles del embalse.

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	EL LLANO	
Propietario	Hacienda Chorombo S.A.	
RUT Propietario		
Año de construcción	se desconoce	
Cuenca / Código DGA	rio maipo/057	
Subcuenca / Código DGA	rio maipo bajo (entre rio mapocho y	
Fuente del recurso	esteros y derrames de riego	

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	24-04-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	Si
Altura del muro > 5 m	No

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Metropolitana
Provincia	Melipilla
Comuna	María Pinto
Coordenadas UTM Der	
Coordenadas UTM Centro	Norte= 6.290.492 Este= 293.399
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= C= 151 msnm I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	X (Olivos)
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	X
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	217 m
Ancho del coronamiento	D= C= 5 m I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= 45º I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= 33,7º I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	3 m
Profundidad máxima de agua en sector del muro	1,5 m
Área estimada o calculada de la poza	4,4 ha
Ancho máximo de la poza	220 m
Largo de la poza	200 m
Volumen declarado o proyectado	86.800 m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Talud ag. Arr. Homogéneo; aguas abajo irregular con vegetación
Compacidad del material estructural	alta
Uniformidad de los taludes	
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	cales en 2 puntos; en el centro de 10 m de longitud y de 2 m poco a la izq. Del anteri
Grietas visibles y su ubicación	sí, varias longitudinales y 2 transversales; grietas pequeñas, de 5 mm espesor
Indicios de deslizamientos y ubicación	locales en 2 puntos
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	1 m bajo el coronamiento está saturado (talu de aguas arriba)
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	No visibles
Tipo de revestimiento del muro	No está revestido

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	rústico
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	X
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	X
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	Vertedero rústico lateral sin control de ningún tipo (es un canal rectangular sin revestir
Material constructivo	
Estado de conservación y operatividad	Regular, oeprativo. Capacidad limitada, se opera en conjunto con entrega para riego
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	2 m ancho x 1 m de alto

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

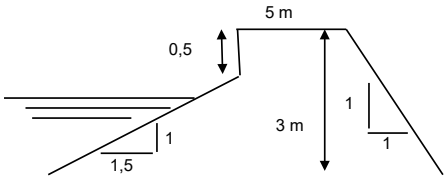
Tipo de estructura	Compuerta frontal
Mediciones estructurales	0,5 m ancho x 1 m de alto
Funcionamiento actual	operativa 100%

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	Existe sólo 1 casa ubicada 10 km hacia aguas abajo del sector del muro
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	
Densidad de población en las cercanías del tranque	
Distancia hacia zonas agrícolas	
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	
Área de riego servida por el tranque analizado	200 hás de Olivos

11. MONOGRAFÍA

SECCIÓN DEL MURO



Sector Vertedero Rústico

Vista General

Compuerta de Entrega

12. OBSERVACIONES

SEGUNDA VISITA
EMBALSE EL LLANO

INDICE

1. Introducción 1

2. Conclusiones y Recomendaciones efectuadas en base a la Primera Visita 2

2.1. Conclusiones 2

2.2. Acciones Inmediatas 3

2.3. Reparaciones Necesarias 3

2.4. Recomendaciones de Carácter General 4

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita 4

EMBALSE EL LLANO
SEGUNDA VISITA TÉCNICA

1. Introducción

Debido al terremoto ocurrido en la zona central sur del país el 27 de febrero del año en curso, muchas represas sufrieron considerables daños en su estructura y obras anexas. Por este motivo, la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas efectuó un proceso de fiscalización de la situación que presentan varios embalses en el área afectada por dicho terremoto. Dicha fiscalización entregó para cada uno de los embalses visitados recomendaciones para las reparaciones, en caso que estas fueran necesarias.

Como una segunda etapa al proceso de fiscalización, se efectuó una segunda visita a los embalses ya visitados, para examinar la situación que presentaban estos embalses a varios meses de entregado el primer informe.

Como parte de estas segundas visitas, se encargó a la Consultora Aquaterra Ingenieros Ltda. la inspección del Embalse El Llano, comuna de María Pinto, ubicado al Oeste de la ciudad de Melipilla, en la Región Metropolitana del país. Las coordenadas UTM, Datum WGS 84, del embalse son: 293.399 Este y 6.290.492 Norte.

En la Inspección, que se efectuó el día Martes 16 de Noviembre de 2010, participaron los ingenieros civiles Jaime Vargas y Kricor Bzdigian.

2. Conclusiones y Recomendaciones efectuadas en base a la Primera Visita

Como consecuencia de la primera visita se elaboró un informe con conclusiones y recomendaciones para la reparación del muro del embalse. Dichas conclusiones y recomendaciones fueron las siguientes:

2.1. Conclusiones

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

i) El muro del embalse El Llano presenta numerosas grietas longitudinales y dos transversales en el coronamiento. Los espesores son de unos 2 a 5 mm (tanto las longitudinales como las transversales) y comprenden una longitud de unos 40 m (en tramos de 10 m las longitudinales) y de 4 m las transversales.

ii) Las grietas se observan prácticamente en toda la longitud del muro.

iii) Las grietas en la zona central del muro tienen un espesor de unos 20 cm, y abarcan unos 10 m de longitud por la zona más cercan al talud de aguas arriba del coronamiento.

iv) La profundidad de las grietas probablemente es de 1 a 2 m.

v) La grieta mayor que tiene espesores de varios centímetros corresponde a un deslizamiento incipiente en un tramo de unos 10 m en el talud de aguas arriba al lado derecho del muro.

vi) La situación que se produjo en el talud de aguas arriba, en cuanto a que la erosión del agua de la presa dejó el talud en su parte superior casi vertical, colaboró con la inestabilidad de dicho talud.

vii) No se observaron filtraciones en el talud de aguas abajo.

viii) No es posible definir si la vegetación que existe al pie del talud de aguas abajo es mantenida por filtraciones de la presa o por el agua que viene por los canales cercanos.

ix) Las grietas transversales son especialmente peligrosas si a través de ellas se filtra agua. Se debe mantener estas grietas en continua vigilancia.

2.2. Acciones Inmediatas

Aunque la situación del embalse El Llano no es de peligro inminente, se considera imperativo seguir las siguientes acciones:

- Bajar el nivel de agua en el embalse hasta llegar a una profundidad máxima de 1 m en la parte más profunda. Es decir, 2 m bajo el coronamiento del muro.
- Para evitar la entrada de aguas lluvias en las grietas (lo que puede producir nuevos deslizamientos), se deberán sellar las grietas con arcilla, colocando sobre todo el coronamiento una capa de, al menos, 0,2 m de este tipo de material. Previo a la colocación de dicha capa, se deberá rellenar todas las grietas con arcilla.
- Las grietas transversales deberán cuidarse especialmente, vigilando su comportamiento en forma diaria. De aparecer filtraciones deberá bajarse el nivel de agua del embalse hasta que las filtraciones desaparezcan.

2.3. Reparaciones Necesarias

Se considera que la reparación del muro del embalse El Llano requiere de un proyecto de ingeniería que establezca mediante una modelación matemática de la presa, que considere además un sismo de diseño adecuado, los taludes tanto de aguas arriba como de aguas abajo que garanticen un funcionamiento seguro tanto para la situación estática como dinámica.

En forma preliminar, y sólo a manera de anteproyecto se presentan las siguientes medidas de reparación. Se reitera que las acciones siguientes sólo tienen como finalidad la valorización estimada de los trabajos y no son de ninguna manera un proyecto de reparación.

- Se deberá, en primer lugar, vaciar completamente el embalse, asegurando que no llegarán aportes de aguas de los esteros que alimentan el embalse.
- Se deberá extraer de la zona del muro (tanto del talud de aguas arriba como desde el fondo en la parte cercana al pie del talud) todo el material suelto y todo el que se vea próximo a caer.
- Se excavarán 1,5 m superficiales desde el coronamiento hacia abajo en toda la longitud de la presa.
- Se excavará el talud de aguas arriba de lo que quedó de la presa, de manera de dejar una superficie escalonada para colocar sobre ella los

rellenos de mejoramiento. Cada escalón tendrá una altura de 0,6 m (correspondiente a dos capas) y un espesor de 0,5 m.
- Se efectuarán los rellenos de mejoramiento (en base a materiales similares a los constitutivos de la presa).
- Los rellenos se colocarán en capas compactadas, como mínimo, al 95% de la densidad máxima compactada seca, según ensaye Proctor Modificado.
- La magnitud de los rellenos deberá considerar dejar un coronamiento de 5 m de ancho y un talud de aguas arriba de 1:2 (V:H).
- La cota final del coronamiento, deberá ser al menos igual que la actual.
- Sobre el talud de aguas arriba se deberá colocar una capa de material granular (grava comprendida entre 5 y 15 cm de diámetro) de 25 cm de espesor.

2.4. Recomendaciones de Carácter General

- El profesional Jefe de Maquinaria y Mantención de la Hacienda Chorombo S.A. don César Arellano, nos señaló textualmente que en un corto plazo harán todas las reparaciones de los daños que existen hoy en el muro del embalse.
- Se recomienda limpiar y reperfilar el canal de descarga, de modo de mejorar la sección de descarga de las aguas que sean necesarias descargar producto de lluvias de importancia.
- También se recomienda hacer labores periódicas de limpieza del estero donde llegan las aguas que se descargan del embalse, de modo de mejorar la sección de descarga y con ello disminuir las alturas de aguas que se generan y que podrían producir eventuales inundaciones en sectores aledaños.

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita

Al momento de efectuarse la segunda visita, el muro del Embalse El Llano se encontraba reparado y en operación. Se desconoce si existe un proyecto de reparación formal. Sin embargo, según informó el señor Marcos Morales, que trabaja para los propietarios del embalse, ésta consistió en remover completamente los 2,4 m superiores del embalse, para a continuación excavar un metro adicional en el eje del muro y en un ancho de aproximadamente 2 m. Esta excavación se rellenó posteriormente con el mismo material que se había removido, colocando el material en capas de 0,3 metros y compactando con un rodillo autopropulsado.

Aún cuando no existieron controles ni granulométricos ni de compactación para certificar la calidad del relleno efectuado, el señor Morales asegura que el trabajo de colocación se efectuó en forma rigurosa.

En la visita se comprobó que el muro se observa sano y sin grietas, que la geometría dada al muro conservó las características que tenía el muro original y que se colocó un geotextil en el talud de aguas arriba para protegerlo del oleaje.

En vista de lo ya planteado, es posible concluir que, aunque no es posible cuantificar la seguridad que tiene el embalse El Llano, ésta es por lo menos igual a la que tenía el embalse original. De acuerdo con lo anterior, se puede señalar que el embalse está en condiciones de operar normalmente.

Se presentan, a continuación, algunas fotografías obtenidas en esta segunda visita.

FOTOGRAFÍA N° 1
VISTA DESDE ESTRIBO DERECHO HACIA EL IZQUIERDO

MISMO SECTOR PRIMERA VISITA

FOTOGRAFÍA N° 2
VISTA DESDE ESTRIBO IZQUIERDO HACIA EL DERECHO

MISMO SECTOR PRIMERA VISITA

FOTOGRAFÍA N° 3
GEOTEXTIL EN TALUD DE AGUAS ARRIBA

MISMO SECTOR PRIMERA VISITA

EMBALSE VILLA PELDEHUE
COMUNA DE COLINA

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1. Introducción 1

1.2. Objetivos Generales 2

1.3. Objetivos Específicos 2

2. ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1. Accesos al Embalse Visitado 3

3. FUENTES DE INFORMACIÓN 5

3.1. Antecedentes Geológicos 5

3.2. Antecedentes Geotécnicos 7

4. TRABAJO DE TERRENO 7

4.1. Metodología 7

4.2. Estado Actual del Embalse 8

4.3. Diagnóstico en Terreno 8

4.3.1. Propiedad 8
4.3.2. Descripción General 9
4.3.3. Vertedero 11
4.3.4. Cuenca Aportante 12
4.3.5. Análisis de Daños 13
4.3.6. Zona afectada en caso de falla 18
4.3.7. Operatividad al momento de la visita 18
4.3.8. Operatividad en situación de lluvias 20

4.4. Conclusiones 20

4.5. Recomendaciones 21

4.5.1. Acciones Inmediatas 21
4.5.2. Reparaciones Necesarias 21
4.5.3. Recomendaciones de Carácter General 22

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados al embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del mismo.

1.2. Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3. Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno del embalse asignado; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2. ÁREA DE ESTUDIO

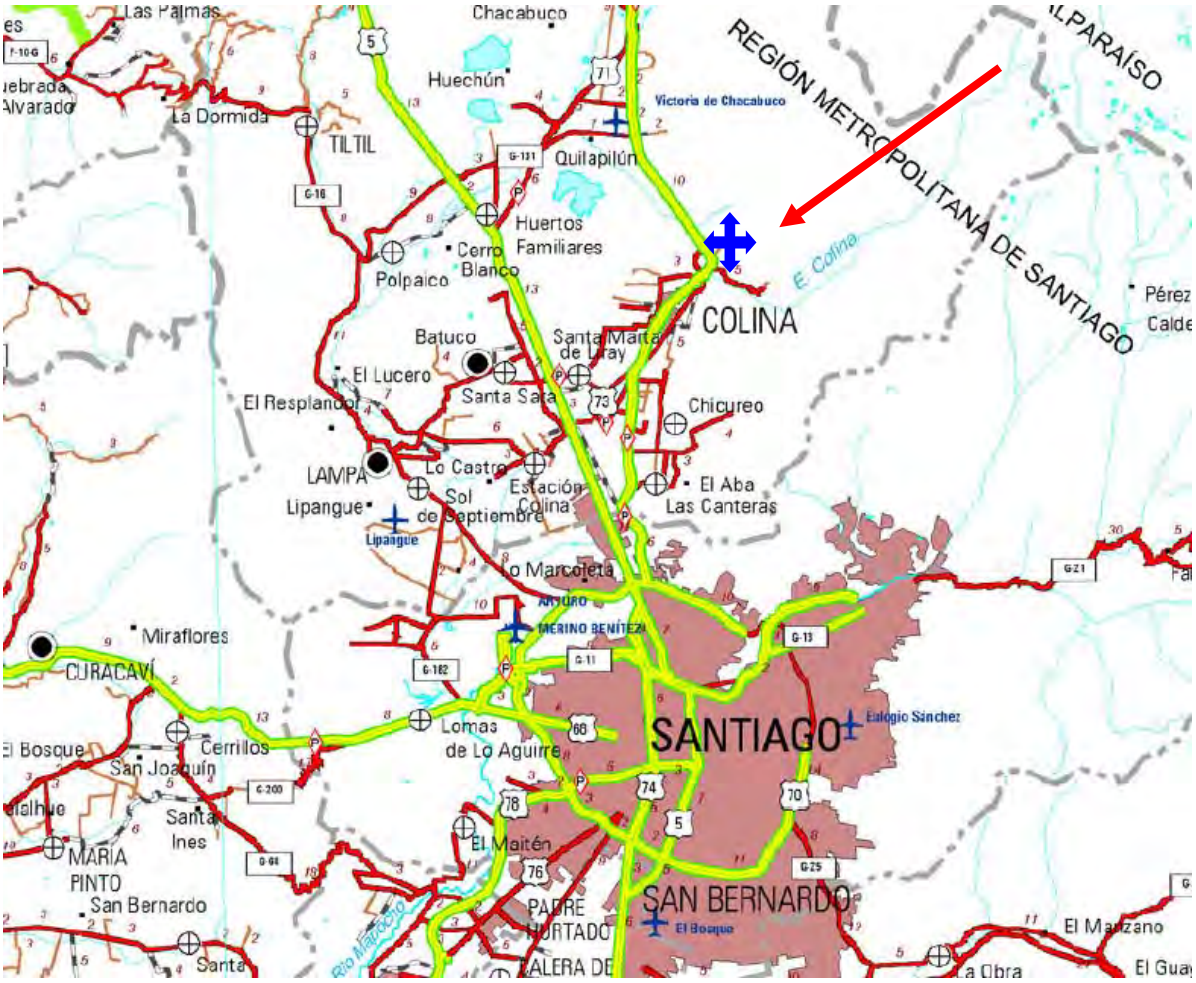
El área de estudio en esta visita corresponde a la Región Metropolitana, comuna de Colina, donde se visitó el denominado Embalse Villa Peldehue; sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes.

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
	Uso	Norte	Este	msnm
Embalse Villa Peldehue	19	6.328.905	348.334	793

2.1. Accesos al Embalse Visitado

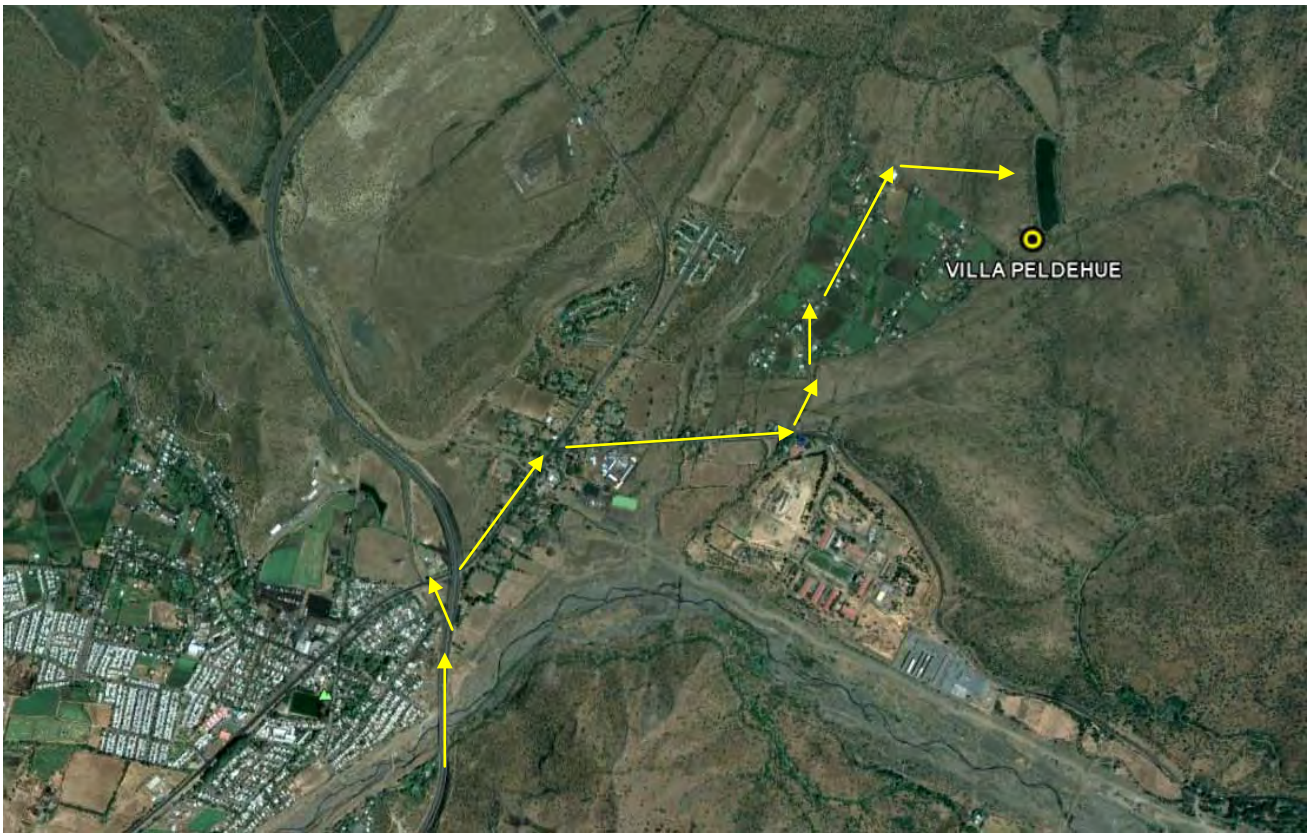
La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSE VILLA PELDEHUE



- **Acceso Específico Embalse Villa Peldehue**

Por la ruta Los Libertadores (CH 57), tomar camino a Colina. Llegando a Colina, antes de cruzar el estero del mismo nombre, tomar desvío a Colina; inmediatamente se llega a la antigua ruta que pasaba por Colina, antes que se construyera la Autopista. Se debe doblar hacia la derecha, y transitar 600 m. Se llega a una bifurcación (punta de diamante) donde se debe doblar hacia la derecha. Transitar 700 m y doblar hacia la izquierda donde se llega a la Villa Peldehue. Se debe ingresar a la Villa y seguir hacia el límite Norte de ésta. Allí se ingresa a un potrero deshabitado y se llega al embalse.



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
- Visita a terreno.
- Información proporcionada por Anglo American a través del Ejército
- Carta Geológica de Chile

3.1. Antecedentes Geológicos

La geología regional corresponde a rocas de edad mesozoica, cretácicas, terciarias y rellenos cuaternarios que se distribuyen en franjas paralelas de norte a sur. Las unidades más antiguas se encuentran formando barreras que encierran al relleno cuaternario de la cuenca. En la parte central de Comuna de Colina se presentan principalmente rocas cuaternarias. Hacia el este predominan las rocas volcánicas.

Las unidades presentes en el área del territorio comunal son las siguientes:

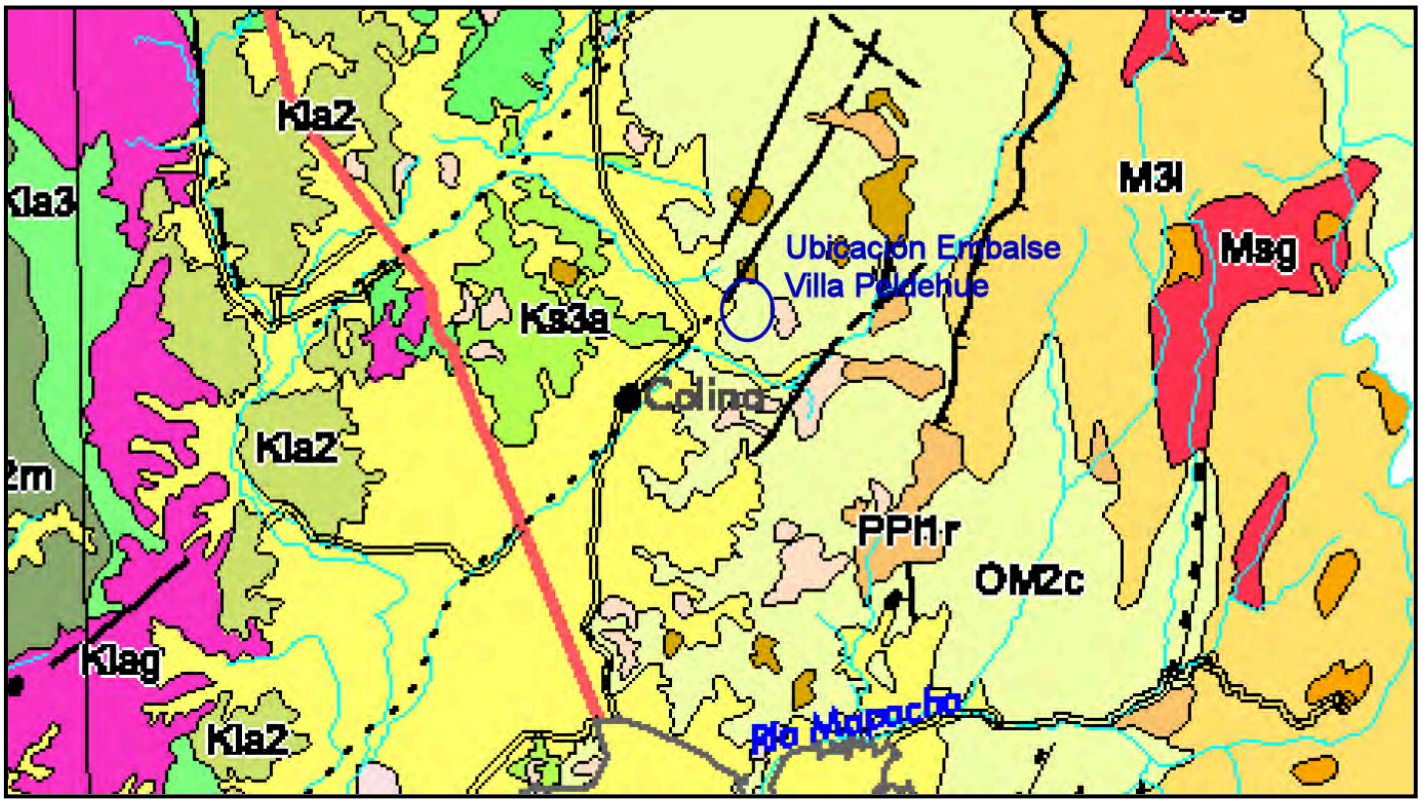
ROCAS MESOZOICAS: Se distribuyen principalmente hacia la Cordillera de la Costa. Corresponden a rocas volcánicas andesíticas, ignimbritas, lavas, lavas brechosas, basaltos y brechas andesíticas con intercalaciones de areniscas, areniscas conglomerádicas, conglomerados, lutitas, tobas y calizas marinas fosilíferas.

ROCAS TERCIARIAS: Afloran hacia la Cordillera de los Andes. Corresponden a rocas volcánicas formadas por andesitas, andesitas basálticas, brechas andesíticas, tobas, tobas soldadas y dacitas fluidales, con intercalaciones volcánicas riolíticas y sedimentarias clásticas con restos vegetales.

SEDIMENTOS CUATERNARIOS: Corresponden al relleno de la cuenca: Areniscas, gravas, limos y arcillas que conforman conos de deyección, rellenos de cauces y antiguas terrazas originadas en las redes de drenaje.

En la Figura 3.1-1 se incluye la carta geológica (Sernageomín) para el sector donde se emplaza el Embalse Villa Peldehue.

Figura 3.1-1
Mapa Geológico del Sector



Pl3t
Pleistoceno
Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso. En la Depresión Central y valles de la Cordillera Principal, regiones V a VII: Ignimbrita Pudahuel y Toba Loma Seca.

OM2c
Oligoceno-Mioceno
Secuencias volcanosedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas. En la Cordillera Principal, regiones I a IX: formaciones Lupica, Escabroso, Abanico, Coya-Machalí, Cura-Mallín (inferior).

Q1
Pleistoceno-Holoceno
Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados. En la Depresión Central, regiones Metropolitana a IX: abanicos mixtos de depósitos aluviales y fluvioglaciales con intercalación de depósitos volcanoclásticos.

Como es posible observar en la figura anterior, la zona donde se ubica el embalse Villa Peldehue es posible identificar fundamentalmente tres unidades geológicas. La primera, corresponde a la unidad OM2c, correspondiente a secuencias volcánicas del Oligoceno al Mioceno. También es posible encontrar rellenos de origen aluvial o de remoción en masa, estos corresponden a la unidad Q1. Finalmente, también es

posible encontrar en este sector la unidad Pl3t, correspondiente a depósitos piroclásticos del pleistoceno.

3.2. Antecedentes Geotécnicos

De la visita efectuada, en la cual se observaron cortes en diferentes sectores cercanos al embalse Villa Peldehue, es posible establecer que los suelos donde se encuentra fundado el embalse corresponden gravas limo arcillosas de color café. Son suelos de plasticidad media y bastante compactos.

En cuanto a la presa misma, esta se encuentra formada por rellenos de suelos similares a los que se encuentran naturalmente en el sector, es decir, gravas limo arcillosas. La compacidad que tienen los materiales colocados en el muro es alta, su plasticidad es de media a baja y la permeabilidad asociada es baja.

4. TRABAJO DE TERRENO

4.1. Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso.

La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo y coordenadas del embalse que sería diagnosticado.
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:
  - Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
  - 2 Distanciómetros laser (para mediciones de corta y larga longitud, respectivamente)
  - GPS (2) Magellan
  - 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

4.2. Estado Actual del Embalse

La visita al embalse Villa Peldehue se hizo el día 28 de Abril del 2010.

La ficha de registro del embalse, cuyo formato fue entregado por la DGA, está organizada en tres Grupos de identificación; Antecedentes Generales, Ubicación del Embalse y Antecedentes Técnicos. En el Anexo 1 se incluye la ficha del embalse Villa Peldehue.

4.3. Diagnóstico en Terreno

El embalse Villa Peldehue corresponde a un embalse de riego, que repartía agua para el riego de una forestación de la mina Anglo American. Se alimenta del canal Fiscal Peldehue que trae sus aguas del estero Colina (16,55 acciones). El embalse acaba de ser traspasado al Ejército de Chile; la escuela de Paracaidismo se ubica poco al Sur del Embalse.

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe “verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos”.

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas e infraestructura fundamentalmente.

A continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

4.3.1. Propiedad

Don Patricio Renner B. (F: 230 6558), gerente de obras civiles e infraestructura de Anglo American, informó vía mail que el embalse ahora pertenece al Ejército de Chile, donde hubo una negociación que se concretó recientemente.

En definitiva, y de acuerdo con información reciente (Junio 2010) obtenida, el embalse Villa Peldehue pertenece al Ejército de Chile y se tiene un acuerdo con la empresa Anglo American para operarlo en conjunto. El contacto con el ejército corresponde al Comandante don Juan José Bravo, F: 8444133; 9-1625227.

4.3.2. Descripción General

Este embalse, construido en 1962, se ubica en la comuna de Colina, a pocos kilómetros hacia el Noreste de dicha localidad. Este embalse fue construido por el Ejército de Chile para regar la antigua Hacienda Peldehue. Se alimenta desde un canal (Canal Fiscal Peldehue), cuyas aguas las capta desde el estero Colina hacia aguas arriba. Los derechos de agua con que se dispone para alimentar al embalse son 16,5 acciones Anglo American y 3,5 acciones el Ejército (acciones del río Colina).

Existe un sistema de compuertas que regula la entrada de agua al embalse.

COMPUERTA REGULADORA DE ENTRADA DE AGUA AL EMBALSE

De acuerdo con lo señalado por el Ejército a través de información proporcionada por Anglo American, el agua del embalse es utilizada para regar 150 ha de uvas y 40 ha de bosque de Eucaliptos (ubicados en terrenos de Anglo American). También señalaron que no ha tenido problemas de funcionamiento por efectos de lluvias ni por efectos de terremotos anteriores.

El embalse está compuesto por 3 muros en una ladera natural. Los muros se ubican al Sur y Norte los de menor longitud (80 m cada uno aproximadamente) y al poniente el más largo con unos 300 metros.

La geometría actual del muro principal es la siguiente:

- Altura total máxima= 12 m
- Ancho de coronamiento= 4 m
- Longitud del coronamiento del muro principal= 300 m
- Largo de la poza= 300 m
- Ancho máximo de la poza= 70 m
- Ancho promedio de la poza= 60 m
- Talud aguas arriba: 1:1 (V:H)
- Talud aguas abajo: 1:1 (V:H)

Respecto a las alturas de agua en el embalse, se tiene:

- Altura en el sector del muro= 7 m
- Altura desde coronamiento al agua= 3 m
- Altura promedio de agua en el embalse= 5 m aprox.

4.3.3. Vertedero

Dispone de 2 vertederos laterales operativos. Uno de ellos está compuesto por un muro de albañilería de piedra shotcreteado de 4 m de longitud, donde el agua pasa por un orificio cuadrado de 1 m x 1 m.

VERTEDERO 1

El otro vertedero se ubica pocos metros hacia el Norte del anterior, y consiste en un canalón de mampostería de piedra de 3 m de ancho y 1 m de alto.

VERTEDERO 2

Ambos vertederos descargan a un canal perimetral de 2 m de ancho por 1 m de alto.

De acuerdo con lo informado por personal de Anglo American, cuando se producen lluvias de importancia los vertederos funcionan en forma correcta; adicionalmente, hacia aguas arriba del embalse existe un canal que logra interceptar las aguas lluvias que escurren y evita que ingresen al embalse.

4.3.4. Cuenca Aportante

Todas las aguas lluvias que se producen hacia el Noreste del embalse van a dar a él. No obstante, de acuerdo con lo informado por personal de Anglo American, existe un canal ubicado hacia aguas arriba que logra interceptar las aguas lluvias, evitando así que ingresen al embalse. El área aportante aproximada al embalse se muestra en la siguiente figura.

Área Aportante Embalse Villa Peldehue (área 3,87 km2)

4.3.5. Análisis de Daños

Conforme a lo observado el embalse Villa Peldehue está formado por una presa de material homogéneo, que acumula las aguas provenientes de un canal afluente desde el estero Colina, y las propias de aguas lluvias de la cuenca aportante mediante la disposición de tres muros en una ladera natural de pendiente moderada.

Los muros se ubican al Sur y Norte los de menor longitud (80 m cada uno aproximadamente) y al poniente el más largo, de unos 300 m. Su altura máxima es de unos 12 m. El ancho de coronamiento es de aproximadamente 4 m. Los taludes aproximados de la presa son 1:1 para ambos taludes.

Al momento de la visita el embalse se encontraba con el agua unos 3 m bajo el nivel de coronamiento.

En cuanto a la situación actual de la presa, durante la visita fue posible constatar bastantes daños en el muro. Los daños consisten en grietas longitudinales a lo largo del coronamiento, en diferentes líneas todas aproximadamente paralelas entre sí. Unas más cercanas al talud de aguas arriba, otras por el centro del coronamiento y algunas más cercanas al talud de aguas abajo.

En cuanto al espesor de las grietas, estos van desde algunos milímetros en las grietas longitudinales ubicadas cerca del talud de aguas abajo, hasta 20 cm en las grietas ubicadas en la zona central del muro poniente, próximos al talud de aguas arriba.

Los sectores de grietas mas graves, algunos de los cuales se pueden considerar deslizamientos incipientes, se ubican en la intercepción de los muros Norte con Poniente, los que continúan unos 20 m por cada uno de estos muros. En este caso las grandes grietas se ubican preferentemente cercanas al talud de aguas abajo.

El muro Poniente presenta grietas importantes en toda su longitud, tanto en la zona más cercana al talud de aguas abajo, como al de aguas arriba. Al llegar a la junta con el muro Norte, las grietas disminuyen notoriamente es su espesor y cantidad, debido probablemente a que en esta zona el muro es notoriamente más bajo (esto es unos 7 m aproximadamente).

El muro Sur es el que presenta menos grietas, debido también a que es el de menor altura, siendo las dos visibles de unos 3 m de longitud y de 3 o 4 milímetros de espesor.

La profundidad de las grietas es difícil de establecer pero se estiman del orden de 3 a 4 m, aproximadamente.

En la zona central del muro poniente se observa una zona de filtraciones evidentes en el sector intermedio del talud de aguas abajo, y en una longitud mayor al pie del talud. Para recoger estas filtraciones se ha dispuesto de una canal recolector que corre al pie de todo el talud poniente del embalse.

En el sector central del muro poniente existe también evidencia (aunque esto no pudo ser confirmado) del sobrepaso del agua sobre el muro en alguna época, creándose un vertimiento no controlado.

Se presenta a continuación, una serie de fotografías de los daños producidos por el terremoto del 27 de Febrero de 2010 en el embalse Villa Peldehue.

Grietas en Sector Junta muro Norte con Poniente

Fotografía Deslizamiento en Muro Poniente al Llegar a muro Norte

Detalle de Grietas de Fotografía Anterior

Fotografía Grietas Longitudinales en Zona Central de Muro Poniente

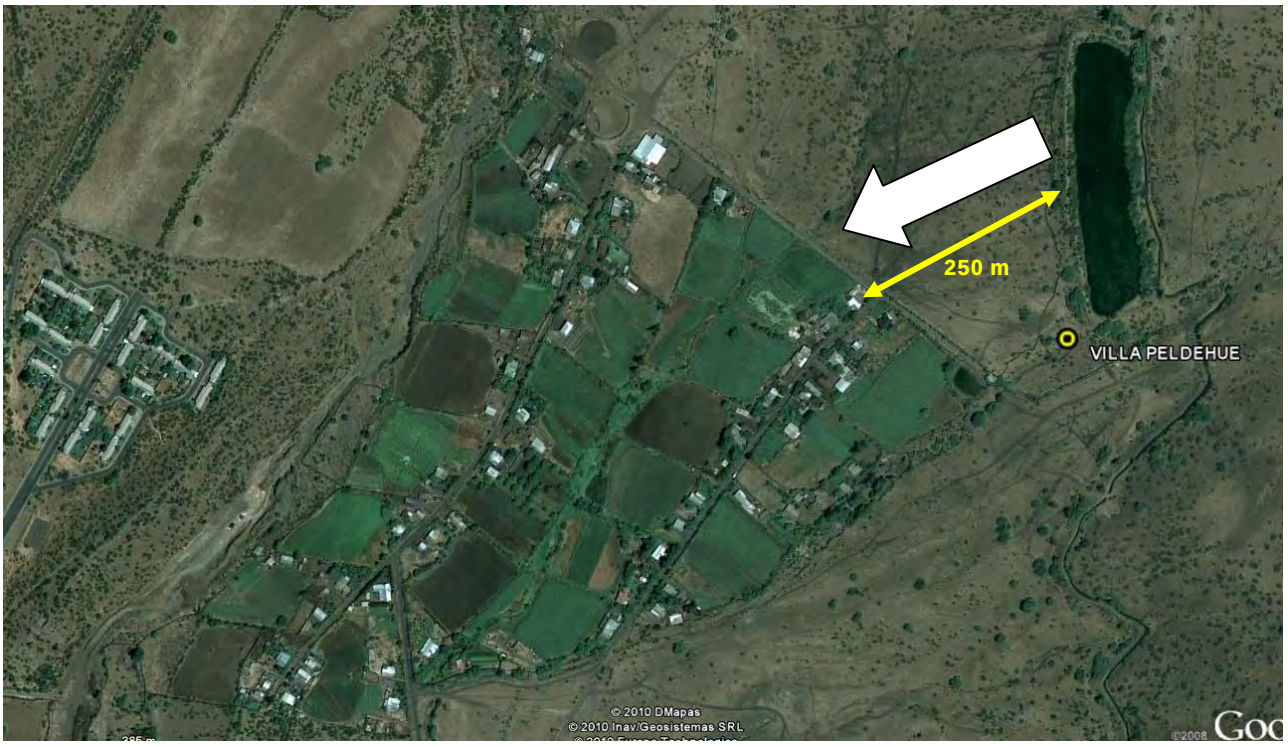
Fotografía Grietas Longitudinales en Zona Central de Muro Poniente

Fotografía Grietas menores en Muro Sur

4.3.6. Zona afectada en caso de falla

La zona potencial afectada en caso de una falla del embalse es la denominada Villa Peldehue; en la siguiente imagen se muestra dicha villa.

ZONA AFECTADA EN CASO DE FALLA DEL EMBALSE VILLA PELDEHUE



4.3.7. Operatividad al momento de la visita

El embalse está operativo, con poco embanque. La obra de descarga consiste en una compuerta (0,6 m de ancho por 1 m de alto, con un vano de 2,5 m de altura) empotrada en un muro de hormigón, ubicada en el muro principal.

COMPUERTA DE ENTREGA

Es importante destacar que la zona de salida de la descarga se encuentra deteriorada, tal como se puede apreciar en la siguiente fotografía.

SALIDA DESCARGA DETERIORADA

4.3.8. Operatividad en situación de lluvias

Ambos vertederos se encuentran en buenas condiciones y operativos. No obstante, según información proporcionada por el Presidente de la Junta de Vecinos de Villa Peldehue, Sr. Francisco González Martínez (7-7729059), para las grandes lluvias ocurridas en el año 1987, el muro sufrió una rotura por la incapacidad de los vertederos de evacuar los excesos de agua que se produjeron.

Lo indicado por don Francisco González M. se contradice con lo señalado por personal de Anglo American, en el sentido de que el embalse no ha sufrido problemas con el tema de las aguas lluvias que llegan a él (ver punto 4.3.3).

4.4. Conclusiones

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

i) El muro del embalse Villa Peldehue presenta numerosas grietas longitudinales en el coronamiento, tanto hacia aguas arriba, como por el centro y hacia el talud de aguas abajo.
ii) Las grietas se observan prácticamente en toda la longitud del muro poniente (muro principal), en la mitad del muro Norte y en forma leve en el muro Sur.
iii) Las grietas tienen espesores variables que van entre pocos milímetros y 10 cm.
iv) La profundidad de las grietas probablemente es de varios metros (del orden de 3 a 4 m, aproximadamente)
v) Se observan desniveles entre grietas, aunque estos son pequeños, lo que implica que se activaron zonas de falla.
vi) Se detectaron filtraciones en el talud de aguas abajo del muro poniente en un sector ubicado al centro de dicho muro. También se observaron varios sectores con agua al pie del mismo talud.
vii) En forma preliminar y sólo en base a lo observado en terreno, se considera que los taludes existentes, tanto aguas arriba como aguas abajo, son inseguros para las condiciones geométricas y geotécnicas de este embalse.

4.5. Recomendaciones

4.5.1. Acciones Inmediatas

Se considera que la situación del embalse Villa Peldehue es de peligro. Para aumentar la seguridad de esta obra, se considera imperativo seguir las siguientes acciones inmediatas:

- Bajar el nivel de agua en el embalse hasta llegar a una profundidad de unos 6 m bajo el nivel de coronamiento en el muro poniente. Esto es debido a que si se considera que en el invierno se producirán aportes de aguas lluvias importantes al embalse, lo que hará subir el nivel de agua en el mismo. Además, las filtraciones que aparecen al pie de aguas abajo reflejan la necesidad de bajar el nivel de agua. Se estima que 3 m adicionales a los que tiene hoy es una medida de seguridad adecuada.
- Construir un vertedero de emergencia que permita mantener el agua al nivel indicado en el punto anterior de manera natural. Esto podría requerir excavar el muro Norte en una sección de unos 10 m longitudinales en la misma zona donde se ubica el vertedero actual.
- Para evitar la entrada de aguas lluvias en las grietas (lo que puede producir nuevos deslizamientos), se deberán sellar las grietas con arcilla, colocando sobre todo el coronamiento una capa de, al menos, 0,2 m de este tipo de material. Previo a la colocación de dicha capa, se deberá rellenar todas las grietas con arcilla.

4.5.2. Reparaciones Necesarias

Se considera que la reparación del muro del embalse Villa Peldehue requiere de un proyecto de ingeniería que establezca mediante un modelo matemático de la presa, que considere además un sismo de diseño adecuado, los taludes tanto de aguas arriba como de aguas abajo que garanticen un funcionamiento seguro tanto para la situación estática como dinámica.

En forma preliminar, y sólo a manera de anteproyecto, se presentan las siguientes medidas de reparación. Se reitera que las acciones siguientes sólo tienen como finalidad la valorización estimada de los trabajos y no son de ninguna manera un proyecto de reparación.

- Se deberá, en primer lugar, vaciar completamente el embalse, asegurando que no llegarán aportes de aguas, ya sean estos de aguas lluvias de la propia cuenca o del canal de aducción al embalse.

- Se deberá extraer de la zona del muro (tanto del talud de aguas arriba como desde el fondo en la parte cercana al pie del talud) todo el material suelto y todo el que se vea próximo a caer.
- Se excavarán 3 m superficiales desde el coronamiento hacia abajo en toda la longitud de la presa.
- Se excavará el talud de aguas arriba y de aguas abajo, de manera de dejar una superficie escalonada para colocar sobre ella los rellenos de reparación. Cada escalón tendrá una altura de 0,6 m (correspondiente a dos capas) y un espesor de 0,5 m.
- Se efectuarán los rellenos de reparación (en base a materiales similares a los constitutivos de la presa).
- Los rellenos se colocarán en capas compactadas, como mínimo, al 95% de la densidad máxima compactada seca, según ensaye Proctor Modificado.
- La magnitud de los rellenos deberá considerar dejar un coronamiento de 5 m de ancho y un talud de aguas arriba de 1:2,5 (V:H) y un talud de aguas abajo de 1:2 (V:H)
- La cota final del coronamiento, deberá ser al menos igual que la actual.
- Sobre el talud de aguas arriba se deberá colocar una capa de material granular (grava comprendida entre 5 y 15 cm de diámetro) de 25 cm de espesor.

4.5.3. Recomendaciones de Carácter General

- Además de las reparaciones inmediatas y necesarias que se deben realizar, se recomienda efectuar las labores tendientes a reparar la entrega para riego que se vio en terreno que estaba dañada en su salida.
- Dada la importante cuenca aportante, y de modo que en épocas de lluvias no se generen problemas con la evacuación de los excesos de aguas, se recomienda eliminar el muro del vertedero 1, de modo de ampliar la sección de descarga de agua.
- Se recomienda instalar reglas limnimétricas para el control de los niveles del embalse.

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	VILLA PELDEHUE	
Propietario	Ejército de Chile	
RUT Propietario		
Año de construcción	1962	
Cuenca / Código DGA	rio maipo/ 057	
Subcuenca / Código DGA	mapocho bajo / 0573	
Fuente del recurso	Canal Fiscal Peldehue	

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	28-04-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	Si
Altura del muro > 5 m	Si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Metropolitana
Provincia	Chacabuco
Comuna	Colina
Coordenadas UTM Der	
Coordenadas UTM Centro	Norte= 6.328.905 Este= 348.334
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= C= 793 msnm I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	X (bosques en Las Tórtolas)
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	X
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	300 m
Ancho del coronamiento	D= C= 4 m I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= 45 º I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= 45º I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	12 m
Profundidad máxima de agua en sector del muro	7 m
Área estimada o calculada de la poza	1,5 ha
Ancho máximo de la poza	70 m
Largo de la poza	300 m
Volumen declarado o proyectado	60.000 m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	geometría regular
Compacidad del material estructural	alta
Uniformidad de los taludes	uniformes
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	no hay
Grietas visibles y su ubicación	varias grietas en muro principal
Indicios de deslizamientos y ubicación	incipientes
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	3 m bajo coronamiento talud de aguas arriba
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	al pie del muro principal en varios sectores
Tipo de revestimiento del muro	no tiene

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	2
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	X
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	X
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	X
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	son 2 vertederos laterales sin control
Material constructivo	tierra y mampostería de piedra
Estado de conservación y operatividad	buen estado y operativos
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	a) Muro con sección cuadrada de 1 m x 1 m; b) sección cóncava de 3 m de ancho x

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

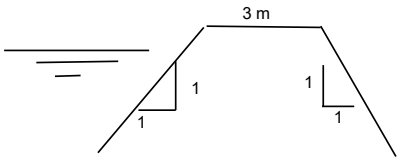
Tipo de estructura	compuerta
Mediciones estructurales	compuerta de 0,6 m de ancho x 1 m de alto; vástago de 2,5 m de altura; empotrado en muro de hormigón
Funcionamiento actual	compuerta operativa; desagüe en mal estado

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	La Villa Peldehue se ubica a 300 m de distancia
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	
Densidad de población en las cercanías del tranque	
Distancia hacia zonas agrícolas	
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	
Área de riego servida por el tranque analizado	

11. MONOGRAFÍA

Taludes Muro Embalse



Grietas en Muro Principal Sector Norte

Vista General

VERTEDERO Nº 2

12. OBSERVACIONES

SEGUNDA VISITA
EMBALSE VILLA PELDEHUE

INDICE

1. Introducción 1

2. Conclusiones y Recomendaciones efectuadas en base a la Primera Visita. 1

2.1. Conclusiones 1
2.2. Recomendaciones 2

2.2.1. Acciones Inmediatas 2
2.2.2. Reparaciones Necesarias 3
2.2.3. Recomendaciones de Carácter General 4

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita 4

EMBALSE VILLA PELDEHUE
SEGUNDA VISITA TÉCNICA

1. Introducción

Debido al terremoto ocurrido en la zona central sur del país el 27 de febrero del año en curso, muchas represas sufrieron considerables daños en su estructura y obras anexas. Por este motivo, la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas efectuó un proceso de fiscalización de la situación que presentan varios embalses en el área afectada por dicho terremoto. Dicha fiscalización entregó para cada uno de los embalses visitados recomendaciones para las reparaciones, en caso que estas fueran necesarias.

Como una segunda etapa al proceso de fiscalización, se efectuó una segunda visita a los embalses ya visitados, para examinar la situación que presentaban estos embalses a varios meses de entregado el primer informe.

Como parte de estas segundas visitas, se encargó a la Consultora Aquaterra Ingenieros Ltda. la inspección del Embalse Peldehue, ubicado al nororiente de la localidad de Colina, en la Región Metropolitana. Las coordenadas UTM, Datum WGS 84, del embalse son: 348.334 Este y 6.328.905 Norte.

En la Inspección, que se efectuó el día Jueves 18 de Noviembre de 2010, participaron los ingenieros civiles Jaime Vargas y Kricor Bzdigian.

2. Conclusiones y Recomendaciones efectuadas en base a la Primera Visita.

Como consecuencia de la primera visita se elaboró un informe con conclusiones y recomendaciones para la reparación del muro del embalse. Dichas conclusiones y recomendaciones eran las siguientes:

2.1. Conclusiones

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

i) El muro del embalse Villa Peldehue presenta numerosas grietas longitudinales en el coronamiento, tanto hacia aguas arriba, como por el centro y hacia el talud de aguas abajo.

ii) Las grietas se observan prácticamente en toda la longitud del muro poniente (muro principal), en la mitad del muro Norte y en forma leve en el muro Sur.
iii) Las grietas tienen espesores variables que van entre pocos milímetros y 10 cm.
iv) La profundidad de las grietas probablemente es de varios metros (del orden de 3 a 4 m, aproximadamente)
v) Se observan desniveles entre grietas, aunque estos son pequeños, lo que implica que se activaron zonas de falla.
vi) Se detectaron filtraciones en el talud de aguas abajo del muro poniente en un sector ubicado al centro de dicho muro. También se observaron varios sectores con agua al pie del mismo talud.
vii) En forma preliminar y sólo en base a lo observado en terreno, se considera que los taludes existentes, tanto aguas arriba como aguas abajo, son inseguros para las condiciones geométricas y geotécnicas de este embalse.

2.2. Recomendaciones

2.2.1. Acciones Inmediatas

Se considera que la situación del embalse Villa Peldehue es de peligro. Para aumentar la seguridad de esta obra, se considera imperativo seguir las siguientes acciones inmediatas:

- Bajar el nivel de agua en el embalse hasta llegar a una profundidad de unos 6 m bajo el nivel de coronamiento en el muro poniente. Esto es debido a que si se considera que en el invierno se producirán aportes de aguas lluvias importantes al embalse, lo que hará subir el nivel de agua en el mismo. Además, las filtraciones que aparecen al pie de aguas abajo reflejan la necesidad de bajar el nivel de agua. Se estima que 3 m adicionales a los que tiene hoy es una medida de seguridad adecuada.

- Construir un vertedero de emergencia que permita mantener el agua al nivel indicado en el punto anterior de manera natural. Esto podría requerir excavar el muro Norte en una sección de unos 10 m longitudinales en la misma zona donde se ubica el vertedero actual.
- Para evitar la entrada de aguas lluvias en las grietas (lo que puede producir nuevos deslizamientos), se deberán sellar las grietas con arcilla, colocando sobre todo el coronamiento una capa de, al menos, 0,2 m de este tipo de material. Previo a la colocación de dicha capa, se deberá rellenar todas las grietas con arcilla.

2.2.2. Reparaciones Necesarias

Se considera que la reparación del muro del embalse Villa Peldehue requiere de un proyecto de ingeniería que establezca mediante un modelo matemático de la presa, que considere además un sismo de diseño adecuado, los taludes tanto de aguas arriba como de aguas abajo que garanticen un funcionamiento seguro tanto para la situación estática como dinámica.

En forma preliminar, y sólo a manera de anteproyecto, se presentan las siguientes medidas de reparación. Se reitera que las acciones siguientes sólo tienen como finalidad la valorización estimada de los trabajos y no son de ninguna manera un proyecto de reparación.

- Se deberá, en primer lugar, vaciar completamente el embalse, asegurando que no llegarán aportes de aguas, ya sean estos de aguas lluvias de la propia cuenca o del canal de aducción al embalse.
- Se deberá extraer de la zona del muro (tanto del talud de aguas arriba como desde el fondo en la parte cercana al pie del talud) todo el material suelto y todo el que se vea próximo a caer.
- Se excavarán 3 m superficiales desde el coronamiento hacia abajo en toda la longitud de la presa.
- Se excavará el talud de aguas arriba y de aguas abajo, de manera de dejar una superficie escalonada para colocar sobre ella los rellenos de reparación. Cada escalón tendrá una altura de 0,6 m (correspondiente a dos capas) y un espesor de 0,5 m.
- Se efectuarán los rellenos de reparación (en base a materiales similares a los constitutivos de la presa).
- Los rellenos se colocarán en capas compactadas, como mínimo, al 95% de la densidad máxima compactada seca, según ensaye Proctor Modificado.
- La magnitud de los rellenos deberá considerar dejar un coronamiento de 5 m de ancho y un talud de aguas arriba de 1:2,5 (V:H) y un talud de aguas abajo de 1:2 (V:H)
- La cota final del coronamiento, deberá ser al menos igual que la actual.
- Sobre el talud de aguas arriba se deberá colocar una capa de material granular (grava comprendida entre 5 y 15 cm de diámetro) de 25 cm de espesor.

2.2.3. Recomendaciones de Carácter General

- Además de las reparaciones inmediatas y necesarias que se deben realizar, se recomienda efectuar las labores tendientes a reparar la entrega para riego que se vio en terreno que estaba dañada en su salida.
- Dada la importante cuenca aportante, y de modo que en épocas de lluvias no se generen problemas con la evacuación de los excesos de aguas, se recomienda eliminar el muro del vertedero 1, de modo de ampliar la sección de descarga de agua.
- Se recomienda instalar reglas limnimétricas para el control de los niveles del embalse.

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita

Al momento de efectuarse la segunda visita, el muro del Embalse Peldehue no presentaba evidencias de reparaciones. Si bien, muchas de las grietas no pueden observarse debido a que las lluvias ocurridas en invierno arrastraron material suelto a su interior, la situación sigue siendo la misma en que se encontraba el muro en la primera visita.

No obstante lo anterior, hay que señalar que en la visita se detectaron algunos monolitos topográficos y marcas de tiza en algunas de las grietas existentes, lo que podría ser indicio de que se han efectuado algunos estudios.

Al momento de la visita el embalse se encontraba con el agua a unos 3 m bajo el nivel de coronamiento, debido a que se estaba extrayendo el agua por las obras de entrega existentes (embalse operativo). No obstante lo anterior, no se construyó el vertedero de emergencia solicitado, por lo que en caso de lluvias el agua podría alcanzar niveles peligrosos.

Se presentan, a continuación, algunas fotografías obtenidas en la segunda visita.

FOTOGRAFÍA N° 1
TALUD DE AGUAS ARRIBA

FOTOGRAFÍA N° 2
GRIETAS ANTIGUAS RELLENAS CON MATERIAL SUELTO

FOTOGRAFÍA N° 3
IDEM ANTERIOR

FOTOGRAFÍA N° 3
MONOLITOS

EMBALSE REINA SUR
COMUNA DE COLINA

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1. Introducción 1

1.2. Objetivos Generales 2

1.3. Objetivos Específicos 2

2. ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1. Accesos al Embalse Visitado 3

3. FUENTES DE INFORMACIÓN 5

3.1. Antecedentes Geológicos 5

3.2. Antecedentes Geotécnicos 7

4. TRABAJO DE TERRENO 7

4.1. Metodología 7

4.2. Estado Actual del Embalse 8

4.3. Diagnóstico en Terreno 8

4.3.1. Propiedad 9
4.3.2. Descripción General 9
4.3.3. Vertedero 11
4.3.4. Cuenca Aportante 12
4.3.5. Análisis de Daños 12
4.3.6. Zona afectada en caso de falla 15
4.3.7. Operatividad al momento de la visita 15
4.3.8. Operatividad en situación de lluvias 15

4.4. Conclusiones 16

4.4.1. Recomendaciones de Carácter General 16

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados al embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del mismo.

1.2. Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3. Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno del embalse asignado; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio en esta visita corresponde a la Región Metropolitana, comuna de Colina, donde se visitó el denominado Embalse Reina Sur; sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes.

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
	Uso	Norte	Este	msnm
Embalse Reina Sur	19	6.325.283	343.150	585

2.1. Accesos al Embalse Visitado

El embalse se ubica dentro de la localidad de Colina; su ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL Y ESPECÍFICA EMBALSE REINA SUR (Colina)

- **Acceso Específico Embalse Reina Sur**

Se debe tomar la Autopista Los Libertadores, y acceder a la localidad de Colina. Una vez que se llega a Colina, se debe tomar la antigua carretera General San Martín, hasta llegar a la calle La Inmaculada Concepción. En dicho cruce doblar a la izquierda hasta llegar a la calle Aconcagua; doblar a la derecha por calle Aconcagua, seguir 8 cuadras hasta llegar a la calle San Francisco de Asís; doblar por dicha calle a la izquierda hasta el fondo, y luego doblar nuevamente a la izquierda por una cuadra y doblar a la derecha; a mitad de cuadra, por el lado Sur de la calle se localiza el embalse Reina Sur.

3. FUENTES DE INFORMACIÓN

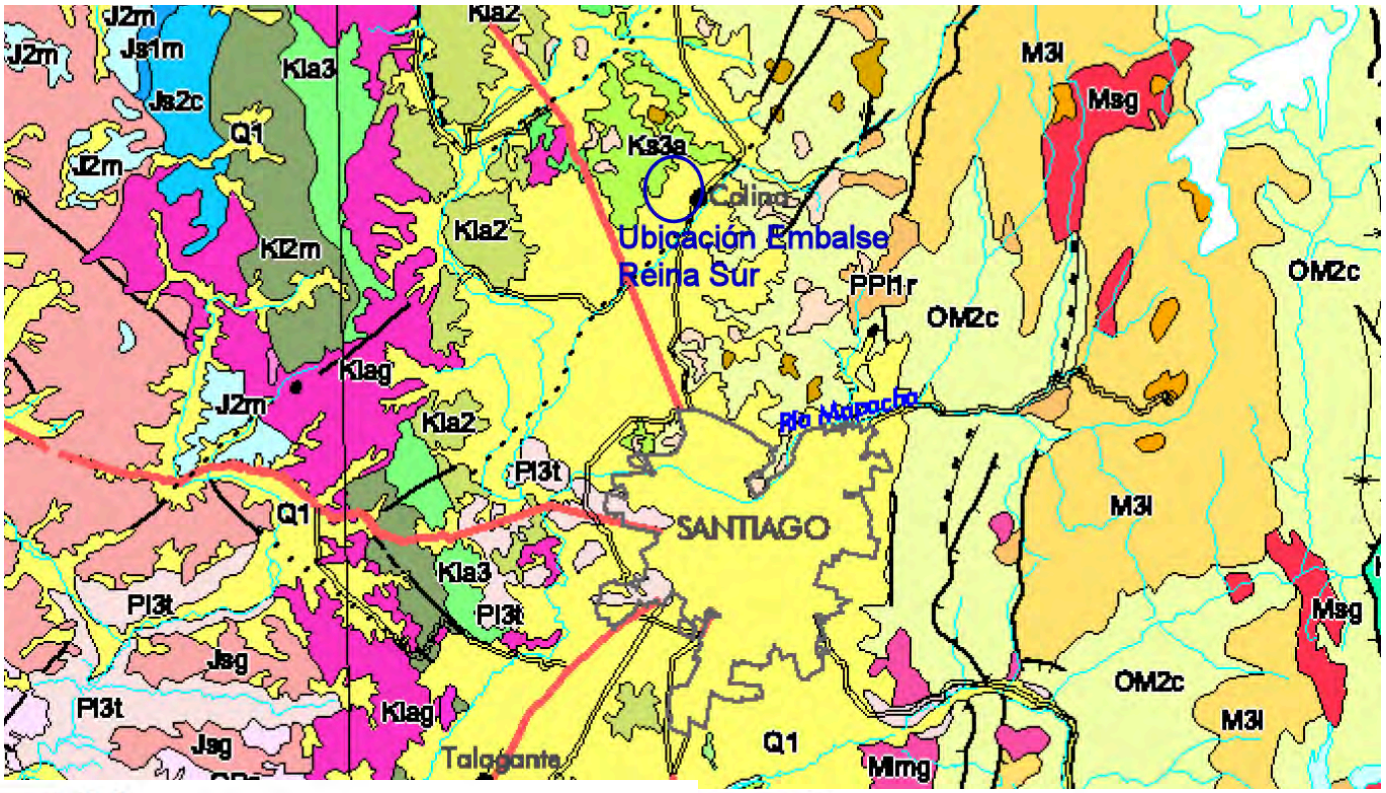
Las fuentes de información utilizada en el desarrollo del presente informe se indican a continuación:

- Sistema de Información Geográfico (SIG) de la DGA del MOP
- Visita a terreno.
- Carta Geológica de Chile

3.1. Antecedentes Geológicos

En la Figura 3.1-1 se incluye la carta geológica (Sernageomín) para el sector donde se emplaza el Embalse Reina Sur.

Figura 3.1-1
Mapa Geológico del Sector



Ks3a
Cretácico Superior
Secuencias y complejos volcánicos ácidos: ignimbritas, domos e intrusivos dacíticos a riolíticos, asociados a calderas de colapso. Entre las cordilleras Principal y de la Costa, regiones II a IV: ignimbritas de Cerro Los Trigos-Cerro Dominador, calderas de Condoriaco, Las Pircas y Cerro Tololo.

Q1
Pleistoceno-Holoceno
Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados. En la Depresión Central, regiones Metropolitana a IX: abanicos mixtos de depósitos aluviales y fluvioglaciales con intercalación de depósitos volcanoclásticos.

Las unidades presentes en el área del territorio comunal son las siguientes:

ROCAS MESOZOICAS: Se distribuyen principalmente hacia la Cordillera de la Costa. Corresponden a rocas volcánicas andesíticas, ignimbritas, lavas, lavas brechosas, basaltos y brechas andesíticas con intercalaciones de areniscas, areniscas conglomerádicas, conglomerados, lutitas, tobas y calizas marinas fosilíferas.

ROCAS TERCIARIAS: Afloran hacia la Cordillera de los Andes. Corresponden a rocas volcánicas formadas por andesitas, andesitas basálticas, brechas andesíticas, tobas, tobas soldadas y dacitas fluidales, con intercalaciones volcánicas riolíticas y sedimentarias clásticas con restos vegetales.

SEDIMENTOS CUATERNARIOS: Corresponden al relleno de la cuenca: Areniscas, gravas, limos y arcillas que conforman conos de deyección, rellenos de cauces y antiguas terrazas originadas en las redes de drenaje.

Con relación al sector específico de emplazamiento del embalse Reina Sur, es posible encontrar 2 unidades geológicas principales: la unidad Ks3a, correspondiente a rocas basales tipo ignimbitas y la unidad Q1, que es la preponderante y corresponde a depósitos aluviales y fluviales.

3.2. Antecedentes Geotécnicos

De la visita efectuada, en la cual se pudo observar cortes en diferentes sectores cercanos al embalse Reina Sur, es posible establecer que los suelos donde se encuentra fundado el embalse corresponden a arcillas limo arenosas de color café, de plasticidad media y consistencia media a alta. Los suelos observados son de permeabilidad baja.

En cuanto a la presa misma, esta se encuentra formada por rellenos de arcillas limo arenosas (correspondientes a los mismos materiales indicados en el párrafo anterior), de color café. La compacidad que tienen los materiales colocados en el muro es alta, su plasticidad es de media a baja y la permeabilidad asociada es baja.

4. TRABAJO DE TERRENO

4.1. Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso.

La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo y coordenadas de los embalses que serían diagnosticados.
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:
- Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros

- 2 Distanciómetros laser (para mediciones de corta y larga longitud, respectivamente)
- GPS (2) Magellan
- 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

4.2. Estado Actual del Embalse

La visita al embalse Reina Sur se hizo el día 28 de Abril del 2010.

La ficha de registro del embalse, cuyo formato fue entregado por la DGA, está organizada en tres Grupos de identificación; Antecedentes Generales, Ubicación del Embalse y Antecedentes Técnicos. En el Anexo 1 se incluye la ficha del embalse Reina Sur.

4.3. Diagnóstico en Terreno

El embalse Reina Sur corresponde a un embalse de riego, que reparte el agua para el riego de 14 parceleros, los que en conjunto riegan aproximadamente 40 hás (choclo, lechuga, zanahoria, cebollas, berenjenas, etc.).

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe “verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos”.

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas e infraestructura fundamentalmente.

A continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

4.3.1. Propiedad

El embalse pertenece a la “Cooperativa Reina Sur”, cuyo presidente es don Domingo Navarro domiciliado en calle Alpatacal 0346, Colina (no dispone de teléfono).

4.3.2. Descripción General

Este embalse, construido en 1976, se ubica en la localidad de Colina, en la parte Centro – Oeste de dicha localidad.

El embalse se alimenta de un canal, el cual a su vez se alimenta del denominado “Tranque Cooperativa Aconcagua”; este último alimenta 3 embalses a través de 3 canales principales, donde uno de ellos corresponde al embalse Reina Sur (se ubica en el denominado sector 2).

El tranque está semi abandonado, con mucho embanque y vegetación en los muros y en el fondo; no obstante, al momento de la visita estaba operando repartiendo agua a través de una válvula de espejo de 300 mm de diámetro, 100 % operativa. Reparte a un canal de riego, que en sus inicios tiene aproximadamente 1 m de ancho por 0,5 m de altura.

REINA SUR
Canal Alimentador
Entrega para Riego

El embalse tiene un muro (bastante irregular) por sus 4 costados. La altura máxima del muro, la cual se presenta por el lado Norte, es de 4 m. El embalse presenta un embancamiento de al menos 2 m; según el Pdte. de la Cooperativa Reina Sur, el embalse se limpió hace 4 años. Su sección es de 90 m de largo por 60 m de ancho. Debido al embanque, su capacidad es bastante limitada, y asciende aproximadamente a 8.000 m3.

El ancho de coronamiento de los muros es variable de entre 2 m a 4 m.

La geometría actual del muro es la siguiente:

- Altura total máxima= 4 m (lado Norte)
- Ancho de coronamiento= variable entre 2 y 4 m
- Largo de la poza= 90 m
- Ancho de la poza= 60 m
- Talud aguas arriba: 1:1,5 (V:H)
- Talud aguas abajo: 1:1,5 (V:H)

Respecto a las alturas de agua en el embalse actual, se tiene:

- Altura promedio= 0,5 a 1 m
- Altura en el sector del muro= 1 m
- Altura desde coronamiento al agua= entre 0,5 a 2 m

4.3.3. Vertedero

El vertedero, que a simple vista pareciera en desuso, corresponde a un cajón de hormigón de 1 m de ancho por 0,5 m de alto, que descarga a un canalón de hormigón para finalmente terminar en un potrero.

4.3.4. Cuenca Aportante

Tal cual fuera señalado, este embalse se presenta con 4 muros y no tiene cuenca aportante. Las aguas lluvias caen directamente en la poza del embalse, y también escurren por el canal de alimentación.

4.3.5. Análisis de Daños

Conforme a lo observado el muro del embalse Reina Sur corresponde a una presa homogénea de forma rectangular de 90 por 60 metros cuadrados (todos los lados son relleno), con una longitud total aproximada de 300 m. Su altura máxima es de unos 4 m. El ancho de coronamiento es variable entre 2 y 4 metros.

Los taludes de la presa son aproximadamente 1:1.5 (V:H), los que parecen adecuados para la altura y materiales del muro. El embalse presenta alto embancamiento en toda su superficie, siendo el nivel del agua sobre el embanque del orden de 0,5 m a 1 m.

En cuanto a la situación actual de la presa, durante la visita fue posible constatar que no sufrió ningún daño por el terremoto.

Sin embargo, en el talud Sur, cerca de la válvula de entrega se observó un socavón importante, de alguna antigüedad, que se reparó en forma somera. Este socavón tiene una longitud de unos 2 m y una profundidad de 1,5 m. No fue posible obtener información sobre este tema, pero probablemente se debió a un rebalse del agua por este sector.

Al momento de la visita el embalse se encontraba con el agua variable entre 0,5 m y 2 m bajo el nivel de coronamiento, pero en muchos puntos no era posible observarla debido a la abundancia de vegetación que crece en los embanques.

Aunque el muro no presenta daños, salvo el ya señalado, la situación actual del embalse, esto es, gran cantidad de embanque y vegetación en la poza, abundante vegetación y maleza en el muro y mucha basura y escombros en todo el perímetro, además de una obra de descarga aparentemente en desuso, hacen pensar que esta obra está, desde el punto de vista de la mantención, en un estado de casi abandono (aún cuando se sabe que desde el punto de vista del riego funciona).

Se presenta, a continuación, una serie de fotografías del embalse.

Muro Oeste

Muro Sur

Muro Este

Sector con Oquedad (cubierto por maleza)

4.3.6. Zona afectada en caso de falla

La zona potencial afectada en caso de una falla del embalse son varias casas que se ubican alrededor del embalse, casi al pie de los muros. Una falla del muro principal (lado Norte) también afectaría la infraestructura vial (calle Francisco de Asís).

Es importante destacar que como el embalse es de antigua data (1976), es muy probable que al momento de ser construido, no habían casas cercanas, y estas se fueron instalando con el correr del tiempo, alrededor del embalse.

Casa Ubicada Cerca del Muro Sur

4.3.7. Operatividad al momento de la visita

El embalse está hoy operativo, con poca capacidad de regulación debido al embanque y vegetación que presenta. La válvula de espejo de 300 mm de diámetro está operativa. El canal de alimentación también está operativo, pero necesita urgente una mantención tanto en su sección (muy irregular y con mucha basura) como en su compuerta que regula la entrada del agua al embalse.

4.3.8. Operatividad en situación de lluvias

Según lo informado por el Pdte. de la Cooperativa Reina Sur Sr. Domingo Navarro, en épocas de lluvias importantes, la compuerta del canal alimentador se cierra para evitar la entrada de las aguas, y la válvula de entrega se abre completamente para

descargar las aguas en exceso que se producen (hace las veces de vertedero). Este sistema ha funcionado bien incluso en años muy húmedos, y nunca ha habido rebalse de aguas por encima de los muros del embalse.

4.4. Conclusiones

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

i) El muro del embalse Reina Sur no presenta daños atribuibles al terremoto del 27 de febrero de 2010.
ii) El vaso se presenta repleto de embanques y vegetación que ha crecido sobre ella.
iii) El mantenimiento de las diferentes obras es deficiente y hace cuestionable la seguridad del embalse en cuanto a su operación en caso de lluvias.
iv) El único daño estructural visible, esto es la oquedad existente en el talud sur hace pensar que hubo un vertimiento en alguna ocasión. La posibilidad de que esto se repita obliga a reforzar la seguridad de este embalse, ya que existen viviendas en tres de los cuatro lados del embalse.

4.4.1. Recomendaciones de Carácter General

- Efectuar labores de limpieza de vegetación (muros y fondo) y desembanque; se estima un volumen de desembanque necesario de aproximadamente 10 mil m3.
- Arreglar el vertedero (bajar en 0,5 m cota del coronamiento en ese sector y rehacer el cajón de hormigón existente) y hacer canalón de descarga hacia el canal de entrega de riego existente, de modo de no inundar el potrero que hoy existe.
- Limpiar y reperfilar el canal de alimentación del embalse. También reperfilar el canal que continua hacia aguas abajo (pegado al pie del muro Norte); este canal lleva las aguas lluvias cuando la compuerta que regula la alimentación del embalse se cierra.
- Se recomienda instalar reglas limnimétricas para el control de los niveles del embalse.

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	REINA SUR	
Propietario	Cooperativa Reina Sur	
RUT Propietario		
Año de construcción	1976	
Cuenca / Código DGA	rio maipo/ 057	
Subcuenca / Código DGA	mapocho bajo / 0573	
Fuente del recurso	Canal	

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	28-04-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	
Capacidad > 50.000 m3	No
Altura del muro > 5 m	No

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Metropolitana
Provincia	Chacabuco
Comuna	Colina
Coordenadas UTM Der	
Coordenadas UTM Centro	Norte= 6.325.283 Este= 343.150
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= C= 585 I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	X
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	X
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	90 m (muro principal)
Ancho del coronamiento	D= C= 2, 3 y 4 m I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= 33,7° I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= 33,7 ° I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	4 m
Profundidad máxima de agua en sector del muro	0,5 a 1 m
Área estimada o calculada de la poza	0,52 ha
Ancho máximo de la poza	60 m
Largo de la poza	90 m
Volumen declarado o proyectado	8000 m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	heterogéneo
Compacidad del material estructural	alta
Uniformidad de los taludes	variable
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	no hay
Grietas visibles y su ubicación	no hay
Indicios de deslizamientos y ubicación	no hay
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	variable, entre 1,5 m y 2 m desde el coronamiento
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	no se observan
Tipo de revestimiento del muro	no tiene

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	en desuso
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	X
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	
Material constructivo	
Estado de conservación y operatividad	
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Válvula de espejo, D= 300 mm
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	operativa

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	El embalse se ubica al centro de un sector rodeado de casas
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	
Densidad de población en las cercanías del tranque	
Distancia hacia zonas agrícolas	
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	Calle pavimentada a 2 m del pie del muro Oeste
Área de riego servida por el tranque analizado	

11. FOTOGRAFÍAS

Canal de Alimentación

Muro Lado Norte

Vista General

Válvula de Entrega para Riego

12. OBSERVACIONES

No presenta daños
Mucho embanque, vegetación, mala mantención

EMBALSE RANCHILLO
COMUNA DE MARÍA PINTO

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1. Introducción 1

1.2. Objetivos Generales 2

1.3. Objetivos Específicos 2

2. ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1. Accesos al Embalse Visitado 3

3. FUENTES DE INFORMACIÓN 4

3.1. Antecedentes Geológicos 4

3.2. Antecedentes Geotécnicos 5

4. TRABAJO DE TERRENO 6

4.1. Metodología 6

4.2. Estado Actual del Embalse 6

4.3. Diagnóstico en Terreno 6

4.3.1. Propiedad 7
4.3.2. Descripción General 7
4.3.3. Vertedero 14
4.3.4. Cuenca Aportante 16
4.3.5. Zona afectada en caso de falla 16
4.3.6. Operatividad al momento de la visita 16
4.3.7. Operatividad en situación de lluvias 18

4.4. Conclusiones 18

4.5. Recomendaciones 18

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados al embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del mismo.

1.2. Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3. Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno del embalse asignado; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio en esta visita corresponde a la Región Metropolitana, comuna de María Pinto, Provincia de Melipilla, donde se visitó el denominado Embalse Ranchillo; sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes (centro muro principal).

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
	Uso	Norte	Este	msnm
Embalse Ranchillo	19	6.287.308	306.179	191

2.1. Accesos al Embalse Visitado

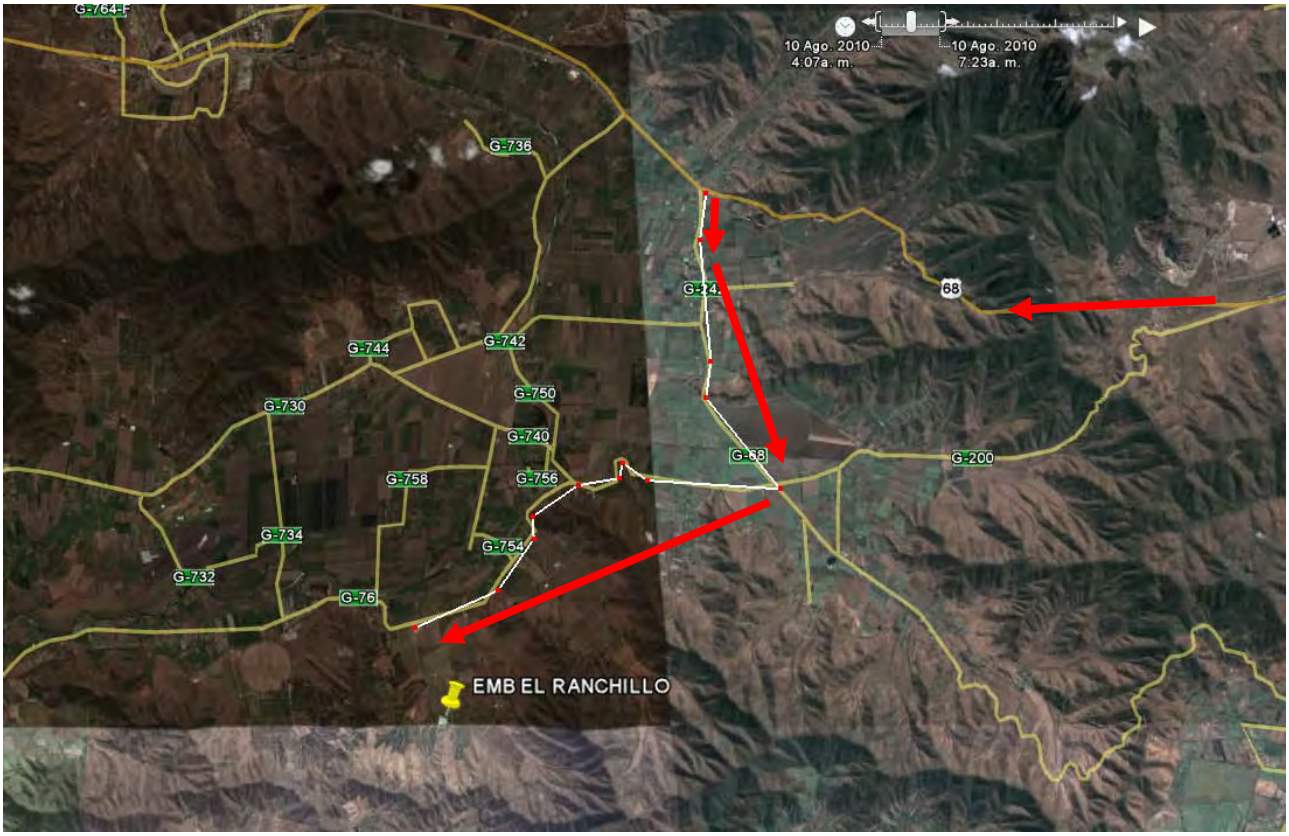
La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSE RANCHILLO

- **Acceso Específico Embalse El Ranchillo**

Por la ruta 68, antes de llegar a Curacaví, tomar ruta G-242 hacia la izquierda; continuar hasta el cruce con la ruta G-200 y doblar hacia la izquierda, avanzando 10 km se llega a la entrada del Fundo El Ranchillo Hijuela 2, María Pinto.

UBICACIÓN ESPECÍFICA



3. FUENTES DE INFORMACIÓN

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

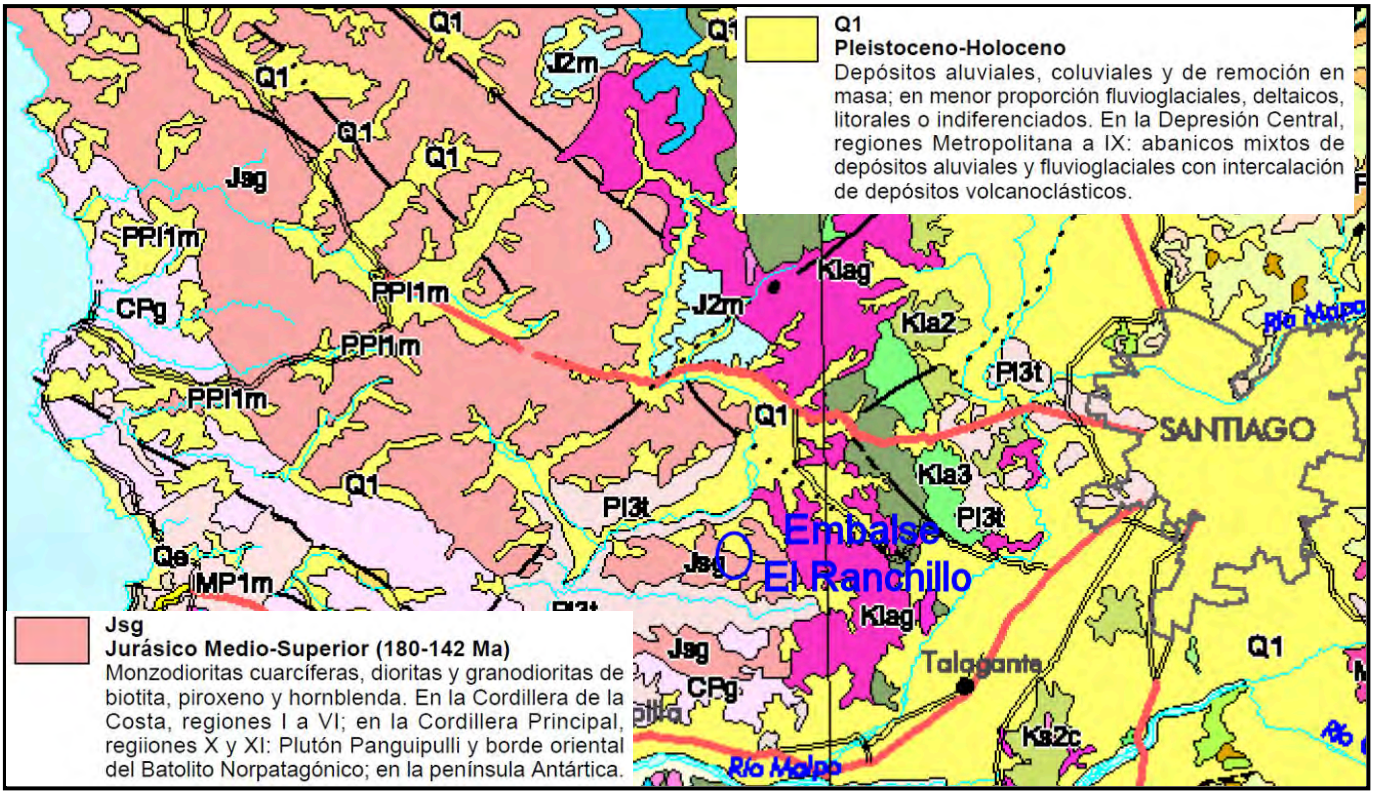
- Sistema de Información Geográfico (SIG) de la DGA del MOP
- Visita a terreno.
  Carta Geológica de Chile

3.1. Antecedentes Geológicos

Como puede observarse, en el plano geológico de la Figura 3.1-1, el embalse El Ranchillo se emplaza en un sector donde es esperable encontrar las unidades geológicas Q1 y Jsg. La primera, Q1, corresponde a depositaciones fluviales y/o aluviales modernas del río que se ubica inmediatamente al norte del sector. La segunda, es decir la unidad Jsg, corresponde a dioritas, granodioritas o Monzodioritas

formadas en el jurásico. Estas últimas, para el caso de este proyecto, pueden aparecer alteradas o degradadas superficialmente a arenas limosas cementadas

Figura 3.1-1
Mapa Geológico del Sector



3.2. Antecedentes Geotécnicos

De la visita efectuada, en la cual se observaron cortes en diferentes sectores cercanos al embalse El Ranchillo, es posible establecer que los suelos donde se encuentra fundado el embalse corresponden a arenas arcillo limosas o arenas limo arcillosas, de colores café claro o café. Son suelos de plasticidad media a baja, compacidad media a alta, humedad natural baja y permeabilidad de media a baja.

En cuanto a la presa misma, que data de unos 20 años, esta se encuentra formada por rellenos de arenas arcillo limosas (correspondiente a los mismos materiales indicados en el párrafo anterior), de color café. La compacidad que tienen los materiales colocados en el muro es alta, su plasticidad es de media a baja y la permeabilidad asociada es de media a baja.

4. TRABAJO DE TERRENO

4.1. Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso. La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo y coordenadas de los embalses que serían diagnosticados.
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:
- Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
- 2 Distanciómetros laser (para mediciones de corta y larga longitud, respectivamente)
- GPS (2) Magellan
- 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
-

4.2. Estado Actual del Embalse

La visita al embalse Ranchillo se hizo el día Martes 10 de Agosto de 2010.

La ficha de registro del embalse, cuyo formato fue entregado por la DGA, está organizada en tres Grupos de identificación; Antecedentes Generales, Ubicación del Embalse y Antecedentes Técnicos. En el Anexo 1 se incluye la ficha del embalse Ranchillo.

4.3. Diagnóstico en Terreno

El embalse Ranchillo, que se ubica dentro del Fundo El Ranchillo Hijuela 2 María Pinto, actualmente tiene como finalidad principal proveer de agua para el riego de

aproximadamente 350 hás de paltas, almendros, naranjas, limones y maíz. El volumen del embalse es de 93.500 m3.

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe "verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos".

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas e infraestructura fundamentalmente.

A continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

4.3.1. Propiedad

El embalse es de propiedad de don Hernán Hurtado Zañartu.

Los datos de contacto son:

- Hernán Hurtado Zañartu: 633 99 16 anexo 106; hernanhurtado@agricolamariapinto.cl

- Juan Ramón Troncoso Escalante, Administrador del Fundo, 835 41 26

4.3.2. Descripción General

El Embalse El Ranchillo está formado por un muro en forma aproximada de letra "U" invertida. En que la zona central (muro principal) mide 160 m, el lado Oeste mide 100 m y el lado Este unos 110 m. Es decir, en total aproximadamente 370 m.

De la información obtenida de la visita, es posible establecer que el embalse El Ranchillo sufrió severos daños por causa del terremoto del 27 de febrero del 2010.

Según informó el señor Juan Troncoso, administrador del Embalse, los daños se refieren a grietas de unos 20 cm de espesor y hasta 1,5 m de profundidad en una longitud de unos 210 m, en particular se produjo un desplazamiento y rotura de una estructura de hormigón ubicada aproximadamente al centro del muro y donde se ubicaban las máquinas y elementos utilizados para la operación del embalse.

De acuerdo con lo observado, el muro original tenía un ancho de coronamiento de 3,5 m y taludes con inclinación de unos 35°, tanto aguas arriba como aguas abajo.

Sin embargo, en el talud de aguas arriba los 1,5 m superiores se han erosionado con el oleaje del agua, quedando con taludes empinados, llegando hasta los 70°.

La gravedad de los daños y la necesidad de contar con agua para riego en la temporada de riego que viene, llevó a los propietarios a contratar un estudio de reparaciones con la empresa Cepia Ingeniería (se adjunta el estudio efectuado por dicha empresa).

Este estudio estableció demoler 1,5 m superficiales en 210 de los 370 m de longitud que tiene el muro. Desde esa profundidad excavar 0,8 m adicionales en un ancho de 4 m. Entonces, a partir de ese sello ubicado a 2,3 m bajo el coronamiento original, colocar nuevo material compactándolo en capas de 0,3 m de profundidad.

Según se informó, los taludes establecidos para la reparación son de 1:2 (V:H) para el talud de aguas arriba y 1:1,5 (V:H) para el talud de aguas abajo.

Al momento de la visita, se estaba efectuando la reparación, faltando todavía casi un metro para llegar al coronamiento. Las mediciones efectuadas entregaron un ancho de para esa cota de 5 m e inclinación de taludes de 28°, tanto para aguas arriba como para aguas abajo (los taludes que daría el proyecto de reparación deberían ser de 26,6° para el talud de aguas arriba y de 33,7° para aguas abajo, por lo que se estima que este aspecto no estaría bien controlado).

Al momento de la visita, el embalse se encontraba vacío, sin embargo, se informó que en el momento de ocurrencia del terremoto el embalse se encontraba lleno, no produciéndose filtraciones observables después de él. La altura del muro del embalse (por aguas arriba) es de unos 4,5 m.

Los remanentes del muro original (todos con alturas menores a 3 m) se observan en buen estado, aunque con algunas grietas menores. De poca longitud y de espesores menores a 0,5 cm.

El nuevo muro también presenta algunas grietas, aunque se considera que estas corresponden a retracción.

En cuanto a la seguridad de esta presa, según el estudio efectuado por Cepia Ingeniería, estaría correcto.

Los taludes y ancho de coronamiento del muro determinados por el proyecto de Cepia Ingeniería fueron los siguientes:

Talud Aguas Arriba: 1:2 (V:H)
Talud Aguas Abajo: 1:1,5 (V:H)

Ancho d Coronamiento proyectado: 4 m

Respecto a las alturas de agua en el embalse en la situación actual (al momento de la visita), éste se encontraba vacío.

Se presenta, a continuación, una serie de fotografías de la visita efectuada.

Muro Oeste sin daños
(Al fondo Muro Central en reparación)

Trabajos de Reparación en Muro Central (Norte)

Talud Aguas Abajo Muro Oeste

Muro Este

Grietas en Muro Este

Reparaciones en Muro Central y Estructura de Hormigón que Falló

Equipo Utilizado en la Reparación

4.3.3. Vertedero

Antes del terremoto, el embalse usaba como vertedero la captación actual (tipo Morning Glory); luego de las reparaciones, la captación ha sido reparada y se usará exclusivamente para captar el recurso para riego; se construirá un vertedero por la pared Oeste del embalse, a través de un tubo conectado directo al muro (información proporcionada por el Administrador del embalse); dicha persona informó además que en toda la vida útil del embalse (20 años), nunca se usó el vertedero.

Obra de Captación Reparada que antes se Usaba como Vertedero

4.3.4. Cuenca Aportante

El embalse Ranchillo, que se ubica a un costado de una formación rocosa, no tiene cuenca aportante, tal como se puede observar en la siguiente imagen.

Imagen Embalse Ranchillo

4.3.5. Zona afectada en caso de falla

La potencial zona de falla corresponde a unas casas ubicadas a 2 km al Norte del embalse y unas plantaciones de limones.

.

4.3.6. Operatividad al momento de la visita

Al momento de la visita, el embalse se encontraba pronto a concluir las reparaciones explicadas anteriormente. La obra de entrega (en buen estado) corresponde a un canal de hormigón (1,2 m de ancho, altura 0,9 m, taludes 2:1 (V;H)) que trae las aguas desde el estero Puangue.

CANAL DE ENTREGA A EMBALSE

4.3.7 Operatividad en situación de lluvias

Tal como fuera informado por el administrador del embalse, lo que confirma además que éste no tiene cuenca aportante, durante los 20 años de operación, nunca se usó el vertedero, de modo que las lluvias no presentarían problemas en la operación de éste.

4.4 Conclusiones

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

i) El muro del embalse Ranchillo ha sido reparado en 210 m de los 370 m totales, siguiendo aparentemente un estudio de la oficina consultora Cepia Ingenieros (se adjunta el estudio).
ii) Han aparecido algunas grietas menores en el coronamiento del nuevo muro, las que probablemente se deban a fenómenos de retracción. Aunque se considera que estas grietas no son de gravedad se deberán controlar en el tiempo.
iii) Los muros originales que se han conservado sin reparación se observan relativamente bien, salvo por algunas grietas menores en el muro Este. Estas deberán analizarse técnicamente por un especialista geotécnico para definir su situación actual.
iv) La geometría del nuevo muro es más conservadora que la del antiguo.
v) El talud de aguas arriba del muro reparado no cuenta con protección contra el oleaje, lo que puede ocasionar la erosión del muro y el consiguiente deterioro del mismo, tal como ocurrió con el muro original.
vi) El poco tiempo transcurrido desde que comenzó la reparación del muro (uno o dos meses) no permite establecer la existencia de asentamientos, deformaciones ni otros defectos propios del efecto del transcurso del tiempo sobre el muro compactado.
vii) En el momento de la visita, el embalse no se encuentra en condiciones de operar.

4.5 Recomendaciones

- Colocar una protección (enrocado, gravas, etc.) en el muro de aguas arriba para evitar la erosión por oleaje.
- Analizar las grietas menores del muro Este.

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	EMBALSE RANCHILLO	
Propietario	Hernán Hurtado Zañartu	
RUT Propietario		
Año de construcción	1990	
Cuenca / Código DGA	rio maipo/ 057	
Subcuenca / Código DGA	rio maipo bajo (entre rio mapocho y desembocadura) / 0574	
Fuente del recurso		

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	10-08-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	si
Altura del muro > 5 m	si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Región Metropolitana
Provincia	Melipilla
Comuna	María Pinto
Coordenadas UTM Der	
Coord. UTM Centro Muro Ppal.	Norte= 6.287.308 Este= 306.179
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= C= 191 msnm I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	X
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	X
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	160 m muro principal
Ancho del coronamiento	D= C= 5 m I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= 28° I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= 28° I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	
Profundidad máxima de agua en sector del muro	9 m
Área estimada o calculada de la poza	4 ha
Ancho máximo de la poza	130 m
Largo de la poza	200 m
Volumen declarado o proyectado	93500 m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Regular
Compacidad del material estructural	Alta
Uniformidad de los taludes	Uniformes (muro principal)
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	No
Grietas visibles y su ubicación	Menores en muro Este
Indicios de deslizamientos y ubicación	No
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	No
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	No
Tipo de revestimiento del muro	No

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	Se construirá por el muro Oeste y será a través de un tubo
Material constructivo	
Estado de conservación y operatividad	
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Torre de hormigón con compuerta en la base; entrega a tubería
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO AGUAS

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	a 2 km hay casas; además hay plantaciones cercanas
Densidad de población en las cercanías del tranque	
Distancia hacia zonas agrícolas	
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	
Área de riego servida por el tranque analizado	350 ha

11. FOTOGRAFÍAS

En Plena Reparación

Obra de Entrega

Canal Alimentador

Sector Estribo Derecho

12. OBSERVACIONES

EMBALSE RUNGUE
COMUNA DE TIL TIL

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1 Introducción 1
1.2 Objetivos Generales 2
1.3 Objetivos Específicos 2

2 ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1 Acceso a los Embalses Visitados 3

3 FUENTES DE INFORMACIÓN 4

4 TRABAJO DE TERRENO 4

4.1 Metodología 4
4.2 Estado Actual de los Embalses 5
4.3 Diagnóstico de Terreno 6
4.4 Recomendaciones Generales 9

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados a cada embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del embalse.

1.2 Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3 Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno de los embalses asignados; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2 ÁREA DE ESTUDIO

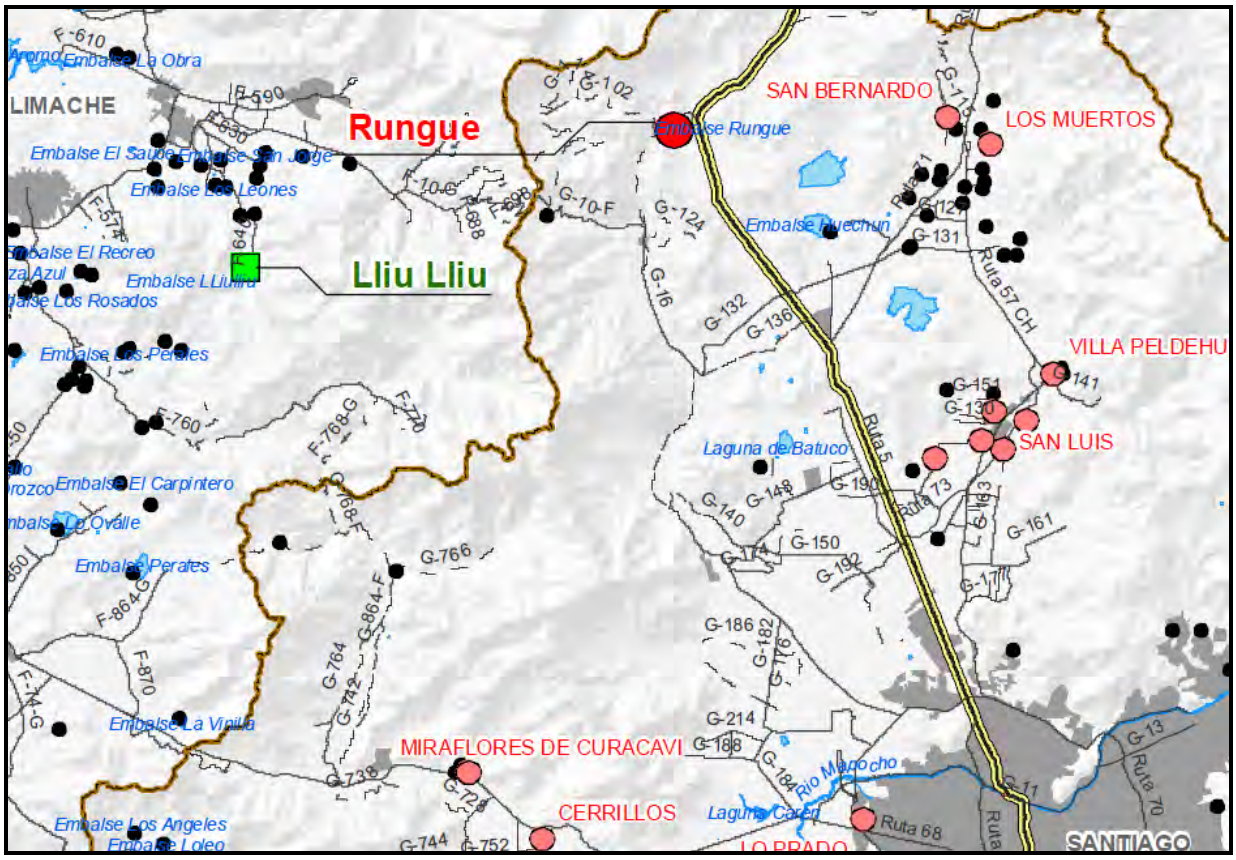
El área de estudio en esta visita corresponde a la Región Metropolitana, donde se visitó el embalse Rungue (comuna de Til Til); sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes:

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)		
	Uso	Este	Norte
Embalse Rungue	19	321.769	6.344.954

2.1 Accesos al Embalse Visitado

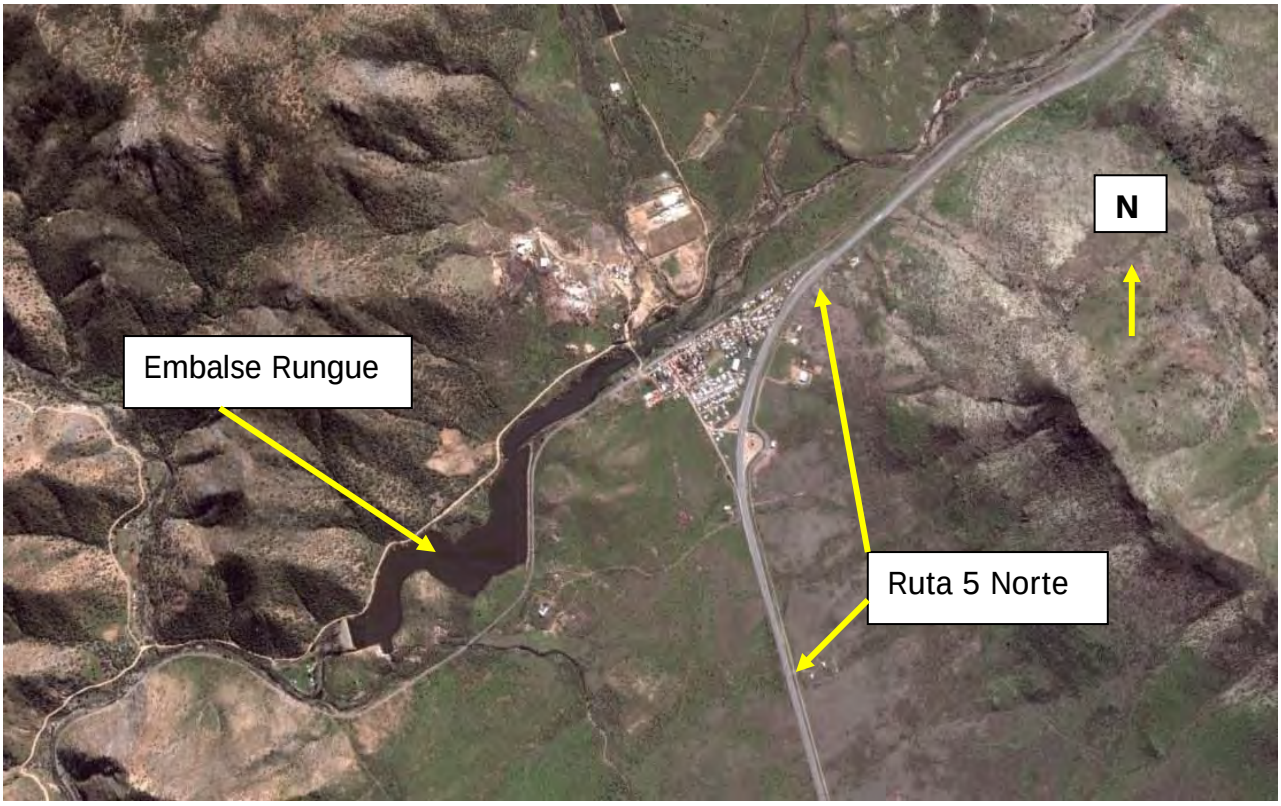
La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSE RUNGUE



Por la ruta 5 Norte se debe llegar al cruce de la entrada a la localidad de Rungue, ubicado en el km 54 de esa carretera. Se debe ingresar hacia el poblado de Rungue, avanzar por camino local hacia el Sur, cruzar la vía férrea; a 1 km del cruce de la vía férrea se encuentra el embalse Rungue.

ACCESO ESPECÍFICO EMBALSE RUNGUE



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
- Propietarios (particulares, asociaciones de regantes, juntas de vigilancia, etc.) de cada uno de los embalses.
- Visita a terreno

4 TRABAJO DE TERRENO

4.1 Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso.

La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo de todas las regiones, Datum WGS 84, con la ubicación de cada uno de los embalses que serían diagnosticados
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
- 2 Distanciómetros laser (para mediciones de corta y larga longitud, respectivamente)
- GPS (2) Magellan
- 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 dado énfasis a la inclusión de fotos que muestren aspectos relevantes de los muros y/o de las obras anexas que conforman cada embalse.

4.2 Estado Actual del Embalse

La visita a este embalse se hizo el día miércoles 10 de marzo del 2010.

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.

Las fichas se incluyen en el Anexo 1. Además de la ficha, se anexan fotografías de sus principales obras.

4.3 Diagnóstico en Terreno

El embalse analizado se utiliza para riego.

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe "verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos".

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas fundamentalmente.

Las características de cada elemento del embalse se ha incluido en las fichas de catastro (ver Anexo 1), mientras que a continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

- **Propiedad**

El embalse Rungue es propiedad de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas. Este embalse abastece de agua para riego a la Asociación de Canalistas Embalse Rungue. Actualmente La DOH está en vías del traspaso del embalse a los regantes (Moisés Rojas Moller, representante de los regantes del embalse Rungue).

- **Descripción:**

Se ubica en la Comuna de Til Til, al interior del poblado de Rungue.

Su construcción data del año 1960, su puesta en servicio del año 1964.

El embalse posee una capacidad máxima aproximada de 3.000.000 m3 y al momento de la visita se encontraba operando a un 30 %, aproximadamente.

La geometría que se pudo observar del muro del embalse es la siguiente:

Ancho coronamiento: 6,8 m
Largo coronamiento: 150 m

Talud de aguas arriba: 25º
Talud aguas abajo: 30º
Altura total muro: 21 m
Altura coronamiento-nivel de agua: 7 m
Altura coronamiento-pie de talud aguas abajo: 22 m

El muro está compuesto por una arcilla algo arenosa de color café claro, plasticidad baja y consistencia alta. Posee revestimiento de enrocado en ambos taludes.

o **Vertedero**

El vertedero lateral corresponde a un canal excavado en el macizo rocoso y con revestimiento parcial de hormigón. Las dimensiones del vertedero en el sector del muro son: ancho 12 m, alto 6 m.

o **Cuenca Aportante**

Este embalse se alimenta de la cuenca asociada al estero Montenegro. La cuenca asociada el embalse Rungue es de 140,6 km2.

o **Análisis de Daños**

De acuerdo con lo informado en terreno, antes del sismo del 27 de febrero de 2010 no existían fisuras o grietas en el coronamiento del muro.

El muro del embalse fue revisado en todos sus componentes: muro, talud aguas arriba y talud aguas abajo, sin encontrar indicios de falla.

Existen pequeñas filtraciones hacia aguas abajo por el pie del muro de antigua data, lo que se ve reflejado en la vegetación tupida al pie.

o **Zona afectada en caso de falla**

La zona potencialmente afectada por alguna falla del embalse está constituida por viviendas, campos e infraestructura agrícola. En efecto, las aguas del embalse dañarían los sembrados, algunas viviendas y galpones ubicados hacia aguas abajo de la quebrada del estero Montenegro (estero Til Til hacia aguas abajo); en la siguiente imagen se puede apreciar algunas casas ubicadas hacia aguas abajo del muro del emblase.

CASAS UBICADAS INMEDIATAMENTE
HACIA AGUAS ABAJO DEL MURO DEL EMBALSE RUNGUE

- **Operatividad al momento de la visita**

Al momento de la visita el embalse tenía aproximadamente un tercio de su capacidad total, se encuentra operando, su válvula al pie del muro está operativa y en buenas condiciones.

- **Operatividad en situación de lluvias**

De acuerdo con la apreciación de terreno y considerando el nivel de aguas actual del embalse, éste está en condiciones de embalsar aproximadamente 2 millones de m3.

El vertedero lateral del embalse está operativo, lo que da seguridad en caso de eventos de lluvias importantes. Las aguas descargadas por el vertedero son conducidas al estero Til Til.

4.4 Recomendaciones Generales

Este embalse es propiedad de la DOH, en proceso de traspaso a los regantes.

El embalse no presenta grietas ni fisuras y se encuentra en buen estado y operativo.

- Se debieran realizar mediciones batimétricas para determinar el grado de embancamiento en que se encuentra el embalse hoy, y, si corresponde, contemplar su dragado de fondo.

- El vertedero se ve en buenas condiciones, salvo algunos puntos con pequeños derrumbes menores. Debiera se inspeccionado y efectuar las correspondientes labores de limpieza.

FOTOGRAFÍAS

- **Vista General desde Aguas Arriba**

- **Muro**

- **Vertedero**

- **Válvula de Fondo**

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	Embalse Rungue	
Propietario	Dirección Obras Hidráulicas	
RUT Propietario		
Año de construcción	1960	
Cuenca / Código DGA	rio maipo/ 057	
Subcuenca / Código DGA	mapocho bajo / 0573	
Fuente del recurso	Esteros Rungue, Caleu, Til Til	

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	10-03-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	Si
Altura del muro > 5 m	Si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Metropolitana
Provincia	Chacabuco
Comuna	Til Til
Coordenadas UTM Der	
Coordenadas UTM Centro	Norte= 6.344.954 Este=321.769
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= C= I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	X
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	
Presa de material granular graduado	X
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Con huincha	
Longitud del coronamiento	12
Ancho del coronamiento	D= C= 0.9 I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	20 m
Profundidad máxima de agua en sector del muro	15 m
Área estimada o calculada de la poza	10 Ha
Ancho máximo de la poza	150
Largo de la poza	300
Volumen declarado o proyectado	3e6 m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	x
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Muro de arcilla arenosa, con enrocados en ambos taludes
Compacidad del material estructural	Alta
Uniformidad de los taludes	Taludes uniformes, estables, sin daños.
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	No
Grietas visibles y su ubicación	No
Indicios de deslizamientos y ubicación	No
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	No
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	Si
Tipo de revestimiento del muro	Enrocado en ambos taludes

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	X
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	X
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	X
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	
Trapezoidales	X
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	Vertedero lateral - canal
Material constructivo	Excavado en roca, revestimiento de hormigón en sector del muro.
Estado de conservación y operatividad	Operativo, con desprendimientos de roca, existen ramas en el cauce.
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	Ancho 12.0 m Profundidad 6.0 m.

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Tubería fierro fundido.
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	Operativo.

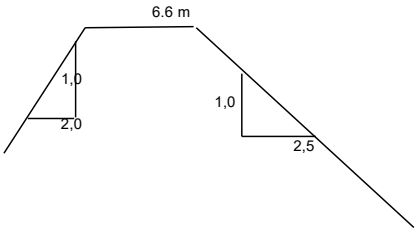
10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	Sistema de canales; Regantes del Embalse Rungue
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	4.0 Km
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	No hay
Densidad de población en las cercanías del tranque	Baja, algunas casas
Distancia hacia zonas agrícolas	Casas en parcelas,c/ 10 Ha
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	1km, Camino Rungue Til Til Caleu.
Área de riego servida por el tranque analizado	Zona de Til Til

11. MONOGRAFÍA

Vista General del Embalse (mirado desde aguas arriba)

Sección transversal del muro



Muro (hacia aguas abajo)

Vertedero

12. OBSERVACIONES

Buen estado, operativo, embancado. Se estima un volumen en un 30 % de su capacidad máxima. Filtración al pie del talud (antigua)

EMBALSES
V REGIÓN

EMBALSE CHAMORRO Y PERALITO
COMUNA DE QUINTERO

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1. Introducción 1

1.2. Objetivos Generales 2

1.3. Objetivos Específicos 2

2. ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1. Accesos a los Embalses Visitados 3

3. FUENTES DE INFORMACIÓN 5

4. TRABAJO DE TERRENO 5

4.1. Metodología 5

4.2. Estado Actual de los Embalses 6

4.3. Diagnóstico en Terreno 6

4.4. Recomendaciones Generales 11

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados a cada embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del embalse.

1.2. Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3. Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno de los embalses asignados; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2. ÁREA DE ESTUDIO

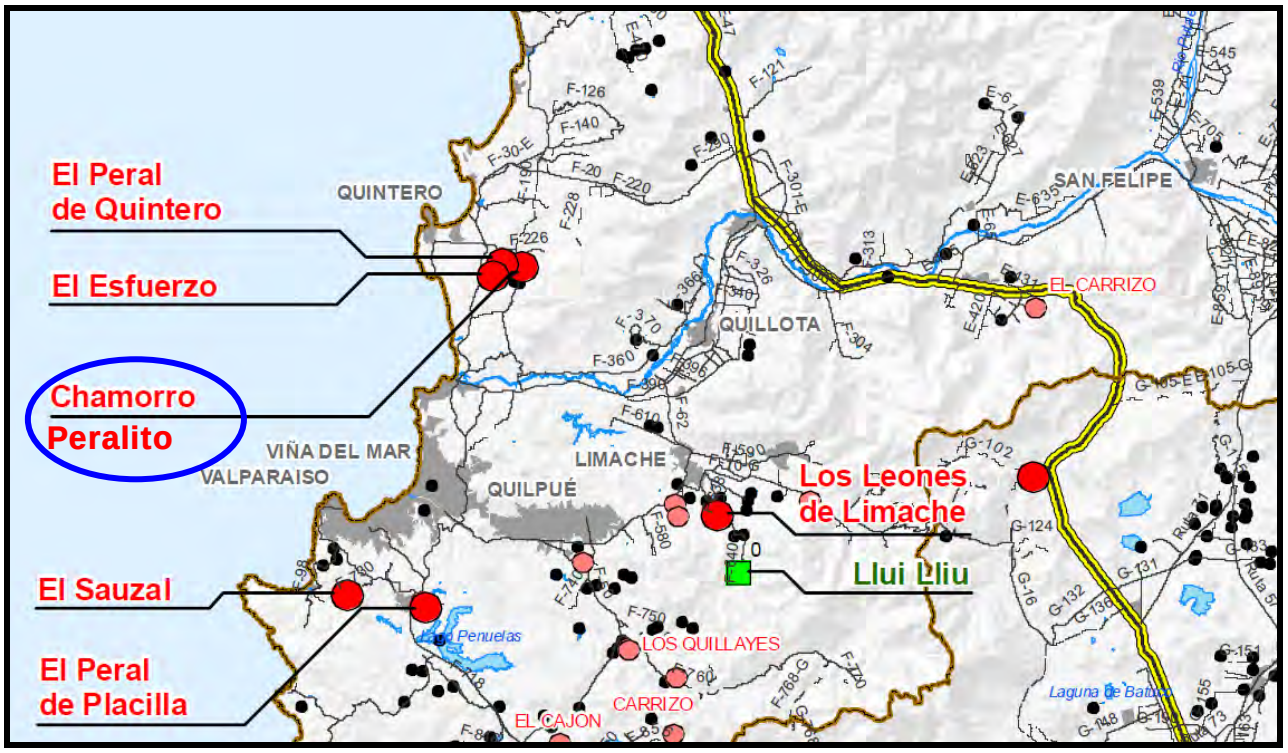
El área de estudio en esta visita corresponde a la V región, donde se visitaron los embalses Chamorro y Peralito; sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes.

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)		
	Uso	Este	Norte
Embalse Chamorro	19	271.870	6.365.843
Embalse Peralito	19	271.818	6.364.416

2.1. Accesos a los Embalses Visitados

La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSES CHAMORRO Y PERALITO



Por la ruta F-30 E, Con Con – Quintero, en el cruce a Quintero se debe tomar el camino hacia el oriente por la denominada Ruta F-190; por dicho camino, a 5,5 km del cruce se encuentra el Embalse Chamorro, es necesario internarse a una parcela hacia el nor oriente. En el mismo sentido, a 7,12 km del cruce se encuentra el Embalse Peralito.

Acceso Específico a Embalses Chamorro y Peralito

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
- Propietarios (particulares, asociaciones de regantes, juntas de vigilancia, etc.) de cada uno de los embalses.
- Visita a terreno

4. TRABAJO DE TERRENO

4.1. Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso.

La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo de todas las regiones, Datum WGS 84, con la ubicación de cada uno de los embalses que serían diagnosticados
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
- 2 Distanciómetros laser (para mediciones de corta y larga longitud, respectivamente)
- GPS (2) Magellan
- 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 dado énfasis a la inclusión de fotos que muestren aspectos relevantes de los muros y/o de las obras anexas que conforman cada embalse.

4.2. Estado Actual de los Embalses

Esta visita se hizo el día 11 de Marzo del 2010.

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.

Las fichas se incluyen en el Anexo 1. Además de la ficha, se anexan fotografías de sus principales obras.

4.3. Diagnóstico en Terreno

Ambos embalses analizados son utilizados para riego.

Se ha decidido hacer un informe conjunto para estos 2 embalses debido a que funcionan como un sistema de almacenamiento en serie. En efecto, el embalse Peralito embalsa sus aguas para luego ser trasvasijadas al embalse Chamorro.

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe "verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos".

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas fundamentalmente.

Las características de cada elemento del embalse se ha incluido en las fichas de catastro (ver Anexo 1), mientras que a continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

- **Embalses Chamorro y Peralito, Comuna de Quintero.**

  - **Propiedad:**

    Ambos embalses pertenecen a la Comunidad de Aguas Valle Alegre, cuyos representantes no fue posible ubicarlos en el momento de la visita.

    Domicilio: Parcelación Valle Alegre

  - **Descripción:**

    - **Embalse Peralito:** se ubica en la cabecera del sistema (Peralito – Chamorro), presenta un muro de tierra con arcilla y arena, en buen estado; hay vegetación arbustiva en el talud de aguas abajo. Al momento de la visita estaba a plena capacidad. Su muro tiene un ancho de coronamiento de 3 m, una longitud 319 m, un talud aguas abajo de 1:1, longitud de la hipotenusa del muro de 14 m. El talud del muro aguas arriba también es 1:1, la cota de agua se encontraba a 2 m del coronamiento. Tiene compuerta de fondo controlada por una válvula D= 450 mm (operativa), que entrega sus aguas a un canal de evacuación. De acuerdo con información obtenida en terreno (cuidador), este embalse tiene una capacidad de 500 mil m3.

    - **Embalse Chamorro:** este embalse recibe las aguas de Peralito; capacidad de 250 mil m3.

    Al momento de la visita, el embalse se encontraba operando a un 30% de su capacidad aproximadamente. La geometría que se pudo observar del muro del embalse es la siguiente:

    Ancho coronamiento: 6,6 m
    Largo coronamiento: 145 m
    Talud de aguas arriba: 35º
    Talud aguas abajo: 40º
    Altura total muro: 20 m
    Altura coronamiento-nivel de agua: 7 m (medida por la diagonal del muro)
    Altura coronamiento-pie de talud aguas abajo: 20 m

El muro está compuesto por una arena gravo arcillosa de color café claro, plasticidad media y compacidad alta. Posee revestimiento de grava arenosa en regular estado.

En el coronamiento se detectó una grieta longitudinal de 0,5 a 1 cm de espesor y 15 m de largo (profundidad aproximada de 3 m).

Tiene compuerta de fondo controlada por una válvula D= 450 mm (operativa), que entrega sus aguas a un canal de evacuación.

- **Vertedero:**

  - Embalse Peralito: canal de tierra, revestido en hormigón los primeros 10 m. Se ve en adecuado estado, operativo. El sector revestido en hormigón tiene un ancho basal de 4,5 m, una altura de 1,4 y un ancho superior de 6,6 m.
  - Embalse Chamorro: vertedero en el extremo oriente del muro, excavado en el macizo rocoso; en su entrada está formada por muros de hormigón (la estructura aparentemente sirvió de base a una compuerta, años atrás) su ancho es de 6,9 m y su altura es de 6,7 m. Existe una grada de 1,2 m hacia el canal en tierra.

- **Cuenca Aportante**

La alimentación principal de estos embalses la constituye el Canal El Mauco, proveniente del sistema de canales del Río Aconcagua. En forma secundaria tienen aportes de aguas lluvias. Además, el embalse Chamorro se alimenta del Embalse Peralito.

- **Análisis de Daños:**

  - Embalse Peralito: no presenta daños.

  - Embalse Chamorro: se evidencian pequeños daños por la presencia de la fisura longitudinal (15 m de longitud, 0,5 cm a 1 cm de espesor). Presenta algunas filtraciones que son previas al sismo.

- **Zona afectada en caso de falla**

  - Embalse Peralito: una falla del muro afecta directamente a la Parcelación Valle Alegre con 15 casas, además de la Ruta F-190. Este embalse está directamente aguas arriba de estas casas.

ZONA AFECTADA EN CASO DE FALLA EMBALSE PERALITO

- Embalse Chamorro: una falla del muro podría afectar unas parcelas ubicadas aproximadamente 1,5 km hacia aguas abajo del muro y la Ruta F-190 ubicada muy cerca de dichas parcelas.

ZONA AFECTADA EN CASO DE FALLA EMBALSE CHAMORRO

- **Operatividad al momento de la visita:**

  - Embalse Peralito: 100% operativo, su válvula de entrega está en perfectas condiciones, está a capacidad completa y sin riesgo, no presenta problemas.

  - Embalse Chamorro: en el momento de la visita su válvula está totalmente operativa, se está disminuyendo su cota de agua por sugerencia de personal de la DGA regional que visitó el embalse en los días inmediatos al sismo, y que estimaron prudente disminuir su altura de agua.

- **Operatividad en situación de lluvias**

  - Embalse Peralito: el vertedero lateral está en buenas condiciones y operativo; actualmente se encuentra en un 100 % de su capacidad.

  - Embalse Chamorro: actualmente está operando a un 30 % de su capacidad. Su vertedero está en buenas condiciones y operativo.

4.4. Recomendaciones Generales

➢ Embalse Peralito, Comuna de Quintero, V Región.

El embalse está en buen estado y 100 % operativo. No requiere medidas adicionales.

Es importante destacar la presencia de varias viviendas y parcelas de agrado inmediatamente hacia aguas abajo del embalse.

En el momento de la visita a este embalse se produjeron 3 sismos de mediana magnitud con epicentro en las inmediaciones de la ciudad de Rancagua (6,9; 6,7 y 6,0 Richter), y no se evidenciaron problemas.

Se recomienda instalar reglas limnimétricas para el control de los niveles del embalse.

➢ Embalse Chamorro, Comuna de Quintero, V Región.

La pequeña fisura detectada en este embalse no reviste peligro de inestabilidad del muro; se recomienda su reparación antes del período de lluvias. Al momento de la visita en el vertedero había ramas y escombros que debieran ser eliminados (mantención).

Respecto a la cota de agua del embalse, antes de reparar la pequeña grieta detectada, se recomienda dejarla en el nivel en que estaba al momento de la visita, es decir, 5 m medidos en vertical desde la cota de coronamiento del muro.

Se recomienda instalar reglas limnimétricas para el control de los niveles del embalse.

FOTOGRAFÍAS

- **Embalse Peralito**

- Vista General

- Válvula de Entrega

- **Embalse Chamorro**

- Vista General

- Válvula de Entrega

- Vertedero

- Fisura

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	Embalse Peralito	
Propietario	Camilo Larraín	
RUT Propietario		
Año de construcción		
Cuenca / Código DGA	Costera Ligua-Aconcagua/053	
Subcuenca / Código DGA	Cost. Est. Catapilco y Río Aconcagua/0532	
Fuente del recurso	Canal Mauco - Río Aconcagua	

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	11-03-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	Si
Altura del muro > 5 m	Si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	De Valparaíso
Provincia	Valparaiso
Comuna	Quintero
Coordenadas UTM Der	
Coordenadas UTM Centro	Norte= 6.364.416 Este=271.818
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= C= I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	X
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	X
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	319 m
Ancho del coronamiento	D= C= 3.0 m I=
Desarrollo del talud aguas abajo	15 m
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	3.0 m
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	11
Profundidad máxima de agua en sector del muro	6
Área estimada o calculada de la poza	3.0 Ha
Ancho máximo de la poza	150
Largo de la poza	200
Volumen declarado o proyectado	500 mil m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Geometría muy regular, taludes parejos con inclinación 1:1
Compacidad del material estructural	Presa compacta
Uniformidad de los taludes	Talud uniforme.
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	No
Grietas visibles y su ubicación	No
Indicios de deslizamientos y ubicación	No
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	No
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	No
Tipo de revestimiento del muro	Tierra

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	X
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	X
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	X
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	
Trapezoidales	X
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	Canal
Material constructivo	Excavado en tierra, una cara revestida en hormigón.
Estado de conservación y operatividad	Sin problemas, en operación.
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	Ancho 3.5 m. Profundidad 1.0 m.

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

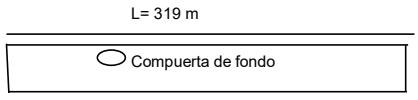
Tipo de estructura	Carga tubería fierro fundido.
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	Operativo.

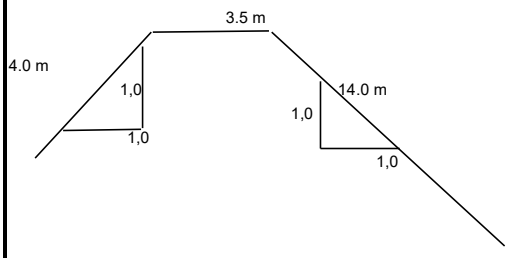
10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	Canal en dirección a campos de forraje de animales y cultivos temporada.
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	1.5 km
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	2.0 km
Densidad de población en las cercanías del tranque	Casas del fundo, 6 casas
Distancia hacia zonas agrícolas	Ubicado en reserva natural.
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	5.0 km a ruta F 30 y Puente Santa Julia
Área de riego servida por el tranque analizado	Fundo Santa Julia

11. MONOGRAFIA

Planta del muro (forma y dimensiones)





Vista General

VALVULAS

12. OBSERVACIONES

Buen estado, operativo. Lleno a 100% de su capacidad.
No se ven filtraciones o daños. Su colapso afectaría sector de parcelas de agrado con 10 viviendas.

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	Embalse Chamorro	
Propietario	Comunidad de aguas Valle Alegre	
RUT Propietario		
Año de construcción	Desconocido	
Cuenca / Código DGA	Costera Ligua-Aconcagua/053	
Subcuenca / Código DGA	Cost. Est. Catapilco y Río Aconcagua/0532	
Fuente del recurso	Canal El Mauco - Río Aconcagua	

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	11-03-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	Si
Altura del muro > 5 m	Si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	De Valparaíso
Provincia	Valparaiso
Comuna	Quintero
Coordenadas UTM Der	
Coordenadas UTM Centro	Norte= 6.365.843 Este=271.870
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= C= I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	X
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	X
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos: Canal con compuerta.	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Con huincha	
Longitud del coronamiento	145 m.
Ancho del coronamiento	D= C= 6.6 m I=
Desarrollo del talud aguas abajo	1:1
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	2.0 m
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	23 m
Profundidad máxima de agua en sector del muro	9.0 m
Área estimada o calculada de la poza	4,4 ha
Ancho máximo de la poza	200
Largo de la poza	300
Volumen declarado o proyectado	250 mil m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Muro de arena gravo arcillosa; revestimiento de grava arenosa
Compacidad del material estructural	Alta
Uniformidad de los taludes	Uniformes
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	No existen depresiones
Grietas visibles y su ubicación	Fisura de largo 15 m en sector centro del muro, a 1.2 m de talud aguas abajo.
Indicios de deslizamientos y ubicación	No
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	No se aprecia saturación. Exceso de vegetación indica posibles filtraciones.
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	Si, existe vegetación de zonas húmedas.
Tipo de revestimiento del muro	Tierra.

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	X
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	X
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	X
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	X
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	Canal
Material constructivo	Excavado en roca
Estado de conservación y operatividad	Sin problemas, en operación.
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	Ancho 6.9, altura 6.7, operación máxima 2.0 m.

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Tubería fierro fundido.
Mediciones estructurales	Válvula D= 450 mm.
Funcionamiento actual	Operativo.

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	Estero Natural.
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	5.0 km
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	Parcelaciones a 1.0 km
Densidad de población en las cercanías del tranque	Casas en parcelas, 1 casa cada 10 Ha.
Distancia hacia zonas agrícolas	100 m.
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	1.5 Km
Área de riego servida por el tranque analizado	Parcelas Valle Alegre

11. MONOGRAFÍA

Vista General

Fisura (15 m de longitud, 0,5 a 1 cm de ancho)

12. OBSERVACIONES

Buen estado, operativo. Pequeña fisura longitudinal en el muro que no compromete su inestabilidad.
Se debiera contemplar la reparación de la fisura antes del comienzo de las lluvias

SEGUNDA VISITA
EMBALSE CHAMORRO Y PERALITO

INDICE

1. SEGUNDA VISITA EMBALSE CHAMORRO 1

1.1. Introducción 1

1.2. Conclusiones y Recomendaciones efectuadas en base a la Primera ..... Visita 2

1.3. Conclusiones 2

1.4. Recomendaciones 2

2. SITUACIÓN DEL EMBALSE CHAMORRO AL MOMENTO DE LA SEGUNDA VISITA 2

3. SEGUNDA VISITA EMBALSE PERALITO 6

3.1. Introducción 6

3.2. Conclusiones y Recomendaciones efectuadas en base a la Primera Visita .. 7

3.3. Conclusiones y Recomendaciones 7

3.4. Situación del Embalse Peralito al Momento de la Segunda Visita 7

4. CONCLUSIONES 10

EMBALSE CHAMORRO
SEGUNDA VISITA TECNICA

1. SEGUNDA VISITA EMBALSE CHAMORRO

1.1. Introducción

Debido al terremoto ocurrido en la zona central sur del país el 27 de febrero del año en curso, muchas represas sufrieron considerables daños en su estructura y obras anexas. Por este motivo, la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas efectuó un proceso de fiscalización de la situación que presentan varios embalses en el área afectada por dicho terremoto. Dicha fiscalización entregó para cada uno de los embalses visitados recomendaciones para las reparaciones, en caso que estas fueran necesarias.

Como una segunda etapa al proceso de fiscalización, se efectuó una segunda visita a los embalses ya visitados, para examinar la situación que presentaban estos embalses a varios meses de entregado el primer informe.

Como parte de estas segundas visitas, se encargó a la Consultora Aquaterra Ingenieros Ltda. la inspección del Embalse Chamorro, ubicado en la comuna de Quintero, V Región. Las coordenadas UTM, Datum WGS 84, del embalse son: 271.870 Este y 6.365.843 Norte.

En la Inspección, que se efectuó el día Jueves 18 de Noviembre de 2010, participaron los ingenieros civiles Jaime Vargas y Kricor Bzdigian.

2. Conclusiones y Recomendaciones efectuadas en base a la Primera Visita

Como consecuencia de la primera visita se elaboró un informe con conclusiones y recomendaciones para la reparación del muro del embalse. Dichas conclusiones y recomendaciones eran las siguientes:

2.1. Conclusiones

i) El muro del embalse Chamorro presenta una grieta longitudinal en el coronamiento
ii) La grieta se observa en el lado izquierdo del muro.
iii) La grieta tiene espesores del orden de 2 cm.
iv) La profundidad de la grieta probablemente es de unos 3 m
v) La situación que se produjo en el talud de aguas arriba, en cuanto a que la erosión del agua de la presa dejó el talud casi vertical, colaboró con la aparición de la grieta
vi) No se observaron filtraciones en el talud de aguas abajo ni al pie de dicho talud.

2.2. Recomendaciones

Se consideró necesario efectuar una reparación del muro a fin de corregir la situación de agrietamiento del muro.

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita

Al momento de efectuarse la segunda visita, el muro del Embalse Chamorro no presentaba evidencias de reparaciones. Si bien la grieta no puede observarse debido a que las lluvias ocurridas en invierno arrastraron material suelto a su interior, la situación sigue siendo la misma en que se encontraba el muro en la primera visita.

El embalse se encontraba a un nivel bajo (4 m bajo el coronamiento), debido a que se estaba extrayendo el agua por la obra de entrega existentes; al momento de la visita se encontraba operativo.

Se presentan, a continuación, algunas fotografías obtenidas en la segunda visita.

FOTOGRAFÍA N° 1
TALUD DE AGUAS ARRIBA

FOTOGRAFÍA N° 2
TALUD DE AGUAS ABAJO

FOTOGRAFÍA N° 3
VISTA ENTRADA A VERTEDERO

FOTOGRAFÍA Nº 4
OBRA DE ENTREGA

FOTOGRAFÍA Nº 5
VERTEDERO

FOTOGRAFÍA Nº 6
VISTA GENERAL

EMBALSE PERALITO
SEGUNDA VISITA TECNICA

3. SEGUNDA VISITA EMBALSE PERALITO

3.1. Introducción

Debido al terremoto ocurrido en la zona central sur del país el 27 de febrero del año en curso, muchas represas sufrieron considerables daños en su estructura y obras anexas. Por este motivo, la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas efectuó un proceso de fiscalización de la situación que presentan varios embalses en el área afectada por dicho terremoto. Dicha fiscalización entregó para cada uno de los embalses visitados recomendaciones para las reparaciones, en caso que estas fueran necesarias.

Como una segunda etapa al proceso de fiscalización, se efectuó una segunda visita a los embalses ya visitados, para examinar la situación que presentaban estos embalses a varios meses de entregado el primer informe.

Como parte de estas segundas visitas, se encargó a la Consultora Aquaterra Ingenieros Ltda. la inspección del Embalse Peralito, ubicado en la comuna de Quintero, V Región. Las coordenadas UTM, Datum WGS 84, del embalse son: 271.818 Este y 6.364.416 Norte.

En la Inspección, que se efectuó el día Jueves 20 de Mayo de 2010, participaron los ingenieros civiles Jaime Vargas y Kricor Bzdigian.

3.2. Conclusiones y Recomendaciones efectuadas en base a la Primera Visita

Como consecuencia de la primera visita se elaboró un informe con conclusiones y recomendaciones para la reparación del muro del embalse. Dichas conclusiones y recomendaciones eran las siguientes:

3.3. Conclusiones y Recomendaciones

El embalse está en buen estado y 100 % operativo. No requiere medidas adicionales.

Es importante destacar la presencia de varias viviendas y parcelas de agrado inmediatamente hacia aguas abajo del embalse.

En el momento de la visita a este embalse se produjeron 3 sismos de mediana magnitud con epicentro en las inmediaciones de la ciudad de Rancagua (6,9; 6,7 y 6,0 Richter), y no se evidenciaron problemas.

Se recomienda instalar reglas limnimétricas para el control de los niveles del embalse.

3.4. Situación del Embalse Peralito al Momento de la Segunda Visita

En cuanto a la situación actual de la presa, durante esta segunda visita fue posible constatar que no se detectan daños estructurales en el muro. Al momento de la visita el embalse se encontraba con el agua unos 3 m bajo el coronamiento.

Durante la visita fue posible confirmar lo indicado en el informe anterior, en cuanto a la zona de filtraciones en el pie del talud de aguas abajo en el sector cercano al estribo izquierdo.

Se presenta, a continuación, una serie de fotografías del embalse.

Fotografía Talud Aguas Arriba
De Izquierda a Derecha

Talud Aguas Arriba
Vista de Derecha a Izquierda

Talud Aguas Abajo
Vista de Derecha a Izquierda

Talud Aguas Abajo
Sector Central

4. CONCLUSIONES

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

i) Se confirma lo indicado en el informe anterior en cuanto a que el muro del embalse Peralito no presenta daños.
ii) El mantenimiento de las diferentes obras aparentemente es adecuado.
iii) El único detalle visible, es la filtración que se encuentra al pie del talud de aguas abajo cercano al estribo izquierdo. Sin embargo corresponde a una filtración muy antigua que no tiene relación con el terremoto del 27 de febrero del 2010.

EMBALSE LAS CENIZAS
COMUNA DE VALPARAÍSO

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1. Introducción 1

1.2. Objetivos Generales 2

1.3. Objetivos Específicos 2

2. ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1. Accesos al Embalse Visitado 3

3. FUENTES DE INFORMACIÓN 4

3.1. Antecedentes Geológicos 5

3.2. Antecedentes Geotécnicos 7

4. TRABAJO DE TERRENO 7

4.1. Metodología 7

4.2. Estado Actual del Embalse 8

4.3. Diagnóstico en Terreno 8

4.3.1. Propiedad 8
4.3.2. Descripción General 8
4.3.3. Vertedero 9
4.3.4. Cuenca Aportante 11
4.3.5. Análisis de Daños 11
4.3.6. Zona afectada en caso de falla 16
4.3.7. Operatividad al momento de la visita 16
4.3.8. Operatividad en situación de lluvias 16

4.4. Conclusiones 16

4.5. Recomendaciones 17

4.5.1. Acciones Inmediatas 17
4.5.2. Reparaciones Necesarias 17
4.5.3. Recomendaciones de Carácter General 18

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados al embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del mismo.

1.2. Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3. Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno del embalse asignado; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2. ÁREA DE ESTUDIO

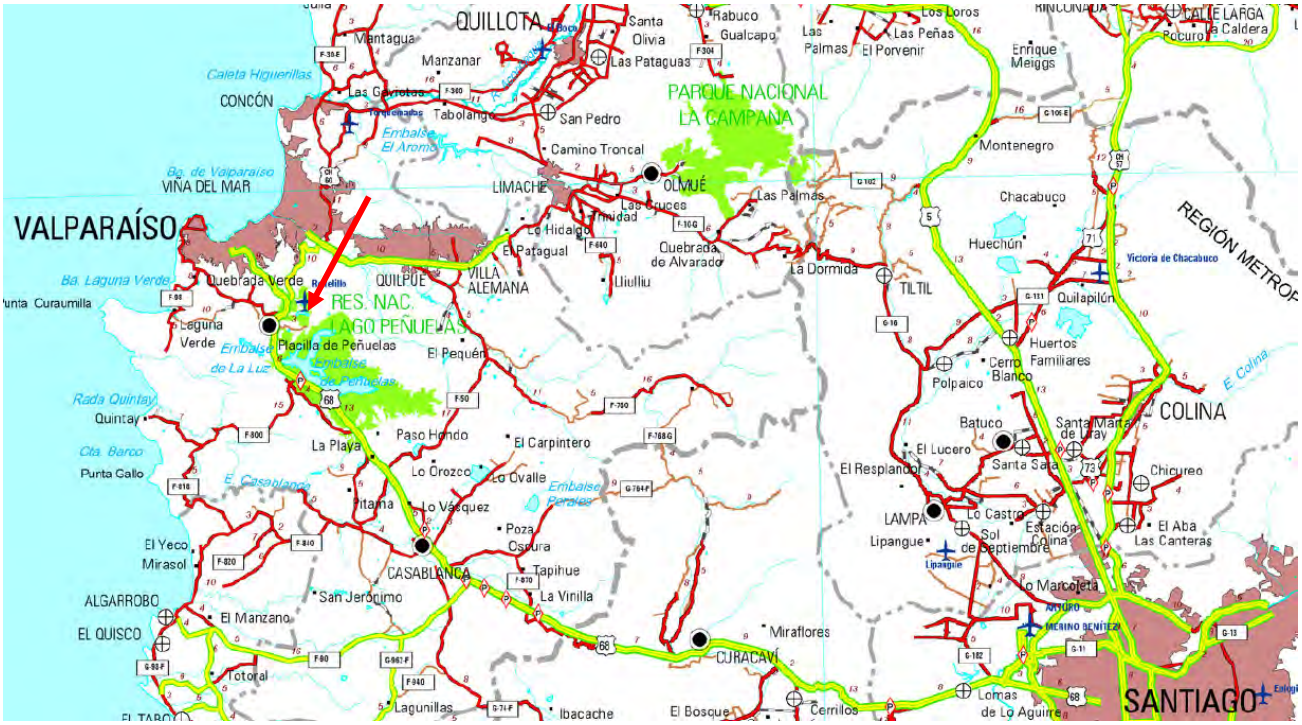
El área de estudio en esta visita corresponde a la V Región, comuna de Valparaíso, donde se visitó el denominado Embalse Las Cenizas; sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes (estribo derecho).

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
	Uso	Norte	Este	msnm
Embalse Las Cenizas	19	6.333.975	263.076	348

2.1. Accesos al Embalse Visitado

La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSE LAS CENIZAS



- **Acceso Específico Embalse Las Cenizas**

Por la ruta 68, camino a Valparaíso y Viña del Mar, km 99, en el cruce con la ruta La Pólvora, se debe doblar a la derecha, llegando a un portón con candado que corresponde el acceso al embalse Las Cenizas.

Acceso Específico al Embalse Las Cenizas

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
- Visita a terreno.
- Carta Geológica de Chile

3.1. Antecedentes Geológicos

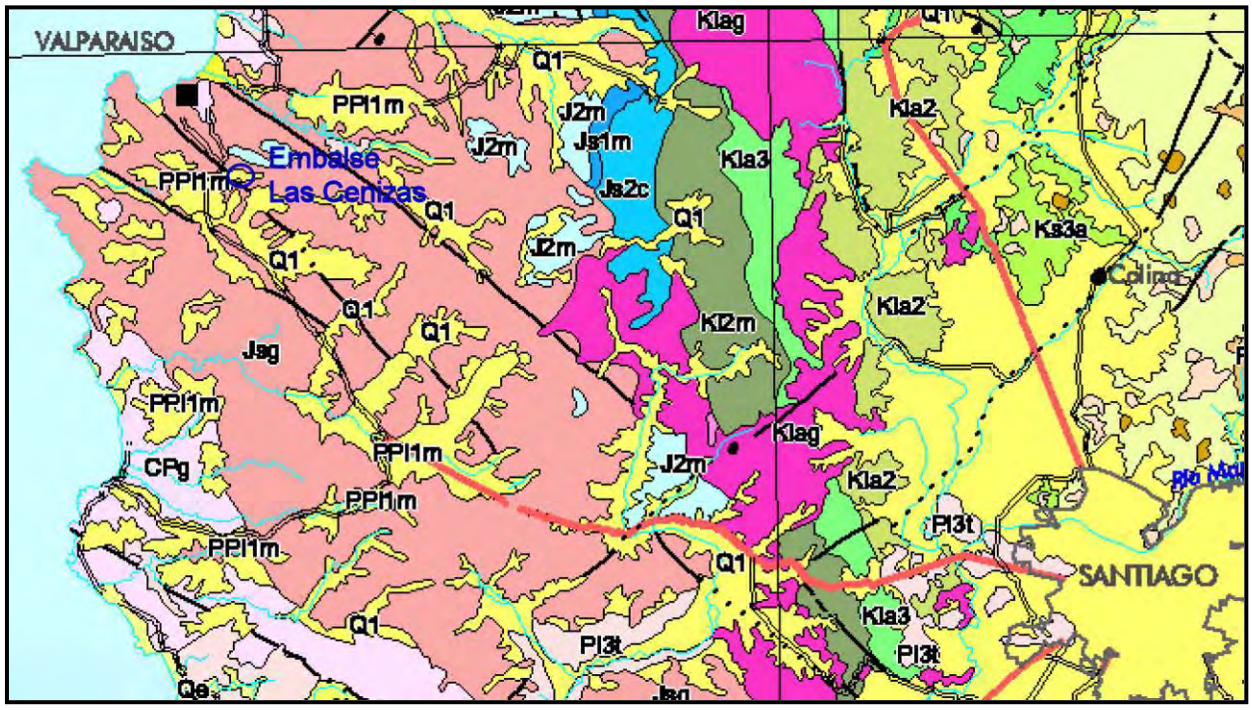
El área de estudio se inserta en el batolito costero asociado a formación geológica Quintay, formada desde el paleozoico hasta el cretácico, compuesto por rocas intrusivas de monzodioritas cuarcíferas, dioritas, y granodioritas y granitos de tonalitas y dioritas de hornblenda y biotita. Tal formación corresponde a un horz o estructura geológica levantada durante el mencionado periodo geológico.

Sobre tal basamento, se presenta remantes de terrazas marinas, asociadas a los distintos niveles glacioeustáticos que se desarrollaron durante el pleistoceno, lo cual ha formado un sector plano llamado terrazas marinas, compuesto por material fino asociado a depósitos marinos – litorales (Secuencia geológica Pl1m), formando maicillo en la superficie.

La presencia de fallas geológicas con movimiento vertical ha formado el Valle de los Esteros El Sauce y Las Tablas, los cuales desembocan en la localidad de Laguna Verde. En estos valles se ha depositado material fluvial, aluvial y de remociones en masa (secuencia geológica Q1) proveniente de las laderas de los horz de Quebrada Verde y Curaumilla que tal falla geológica separa.

Se presenta, a continuación, lo que indica la Carta Geológica de Chile (Sernageomín), para el sector donde se ubica el Embalse Las Cenizas.

Mapa Geológico del Sector



Pl1m
Pleistoceno
Secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas: coquinas, conglomerados coquináceos, areniscas y conglomerados dispuestos en niveles aterrazados emergidos. En la costa, regiones II y III: Estratos de Mejillones y de Caldera; en la región X: Estratos de Niebla (Cancagua).

Jsg
Jurásico Medio-Superior (180-142 Ma)
Monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y hornblenda. En la Cordillera de la Costa, regiones I a VI; en la Cordillera Principal, regiiones X y XI: Plutón Panguipulli y borde oriental del Batolito Norpatagónico; en la península Antártica.

Q1
Pleistoceno-Holoceno
Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados. En la Depresión Central, regiones Metropolitana a IX: abanicos mixtos de depósitos aluviales y fluvioglaciales con intercalación de depósitos volcanoclásticos.

Como se puede observar, en el sector de emplazamiento del Embalse Las Cenizas, es posible encontrar 3 unidades geológicas. Desde la mas antigua a la mas nueva estas son: la unidad Jsg, correspondiente a rocas basales tipo dioritas y graniodoritas de biotita, piroxeno y hornblenda; la unidad PI3t, correspondiente a depósitos piroclásticos principalmente riolíticos; y finalmente la unidad Q1, correspondiente a Depósitos aluviales y fluviales.

3.2. Antecedentes Geotécnicos

De la visita efectuada, en la cual se observaron cortes en diferentes sectores cercanos al embalse Las Cenizas, es posible establecer que los suelos donde se encuentra fundado el embalse corresponden a arenas limosas compactas y levemente cementadas, de color café tipo maicillo. Son suelos de plasticidad baja, compacidad alta, humedad natural baja y permeabilidad de media a baja.

En cuanto a la presa misma, que data de principios del siglo pasado, esta se encuentra formada por rellenos de arenas limosas amaicilladas (correspondiente a los mismos materiales indicados en el párrafo anterior), de color café. La compacidad que tienen los materiales colocados en el muro es alta, su plasticidad es de media a baja y la permeabilidad asociada es de media a baja.

4. TRABAJO DE TERRENO

4.1. Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso. La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo y coordenadas de los embalses que serían diagnosticados.
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:
  - Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
  - 2 Distanciómetros laser (para mediciones de corta y larga longitud, respectivamente)
  - GPS (2) Magellan
  - 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

4.2. Estado Actual del Embalse

La visita al embalse Las Cenizas se hizo el día 8 de Mayo de 2010.

La ficha de registro del embalse, cuyo formato fue entregado por la DGA, está organizada en tres Grupos de identificación; Antecedentes Generales, Ubicación del Embalse y Antecedentes Técnicos. En el Anexo 1 se incluye la ficha del embalse Las Cenizas.

4.3. Diagnóstico en Terreno

El embalse Las Cenizas, actualmente tiene como finalidad principal proveer de agua para los incendios forestales; también es usado para recreación (principalmente pesca).

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe "verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos".

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas e infraestructura fundamentalmente.

A continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

4.3.1. Propiedad

El embalse es de propiedad de Inmobiliaria Curauma S.A.

Los datos de contacto son:

- Cristián Colacci R., Gerente de Desarrollo, F: 32-2292476, 09-84648951
- Gabriel Juárez, Supervisor de Terreno en Curauma= 9-3462104
- Jorge Concha Marchant, encargado de terreno y fue quién nos condujo al embalse= 9-4099683

4.3.2. Descripción General

Este embalse, construido en 1869 por la Sociedad de Consumidores de Agua Potable de Valparaíso, tuvo como primera finalidad el abastecimiento de agua potable de

dicha localidad; dicha función duró hasta que se construyó el embalse Peñuelas en el año 1900.

Actualmente el embalse es utilizado por CONAF para abastecer los aviones para apagar incendios forestales. También es utilizado para pesca y recreación.

El tranque mide aproximadamente 1,5 km de longitud y tiene un ancho promedio de 250 m, aproximadamente; abarca así una superficie de 40 hás, aproximadamente. El volumen máximo aproximado es de 2 millones de m^3.

Su alimentación es de aguas lluvias de esteros y quebradas que llegan el embalse. Además, recibe aguas del tranque La Invernada, ubicado 1,3 km hacia el Este.

Antiguamente, antes de la década del 90, el embalse tenía un ancho de coronamiento del muro de aproximadamente 5 m; en el año 1990, el muro se peraltó en 2 m y se ensanchó a 15 m.

La geometría actual del muro es la siguiente:

- Altura total máxima= 12 m
- Ancho de coronamiento= 15 m
- Longitud del coronamiento= 285 m
- Largo de la poza= 1.500 m
- Talud aguas arriba: 1:1,5 (V:H)
- Talud aguas abajo: 1:1,5 (V:H)

Respecto a las alturas de agua en el embalse en la situación actual (al momento de la visita), se tiene lo siguiente:

- Altura máxima en el sector del muro (aprox.)= 9 m
- Altura desde coronamiento al agua= 3 m

4.3.3. Vertedero

Dispone de un vertedero lateral sin control, correspondiente a un gran canalón de tierra de 20 m de ancho por unos 2 a 3 m de altura, con un muro de enrocado consolidado por su lado derecho.

Las aguas que descarga el vertedero, que según el encargado del embalse opera todos los años en forma normal y correcta, pasa bajo un puente (antiguo camino a Valparaíso), se encauza por un estero, el cual pasa por el centro de Placilla y las aguas llegan finalmente a Laguna Verde.

Vertedero Embalse Las Cenizas

Descarga a Estero, Hacia Aguas Abajo de Puente Existente

4.3.4. Cuenca Aportante

La cuenca aportante al embalse Las Cenizas (hasta la salida) es de 5,95 km^2 (fuente: Plan Maestro de Aguas Lluvias de Valparaíso, DOH, 2001).

Cuenca Aportante Embalse Las Cenizas

4.3.5. Análisis de Daños

Conforme a lo observado el muro del embalse Las Cenizas corresponde a una presa homogénea de 285 m de longitud. Su altura máxima es de unos 12 m, mientras que el ancho de coronamiento es de aproximadamente 15 m. Los taludes de la presa (de aguas arriba y de aguas abajo) son aproximadamente 1:1,5 (V:H).

Según se informó en terreno, la presa originalmente era más baja y bastante más esbelta. Sin embargo, hace muchos años y aparentemente por alguna crecida, el agua sobrepasó el muro. Debido a esto se decidió, hace algunas décadas, el peralte de la presa. Este peralte se efectuó solamente desde el talud de aguas abajo, rellenando con material semejante al original y dejando la presa de las dimensiones que actualmente se presentan.

Sobre los taludes, tanto de aguas arriba como de aguas abajo, se colocaron grandes bolones (diámetros entre 1 y 2 m), aparentemente con el objetivo de proteger el talud contra la erosión.

En cuanto a la situación actual de la presa, durante la visita fue posible constatar algunos daños en el muro. Según se informó todos los daños fueron ocasionados por el terremoto del 27 de Febrero de 2010.

Al momento de la visita el embalse se encontraba con el agua a 3 m bajo el nivel de coronamiento.

Los daños corresponden a grietas longitudinales menores, con espesores de entre 1 y 4 cm en varios sectores del muro, pero especialmente en la parte central derecha, que es también la de mayor altura. Estas grietas aparecen en el coronamiento en dos líneas: una hacia agua arriba, y otra por el centro (esta podría corresponder al punto que separa el embalse original con el peralte efectuado). La longitud de las grietas va desde los 10 m hasta los 40 m la mayor.

A continuación se presentan fotografías de los daños producidos por el terremoto del 27 de Febrero del 2010.

Fotografía Muro de Izquierda a Derecha

Material que Forma el Muro

Grieta Central en Lado Izquierdo del Muro

Grieta Central Longitudinal en Sector Central del Muro

Grieta Longitudinal Cercana a Talud de Aguas Arriba

Vista de Talud de Aguas Arriba

Vista de Talud de Aguas Abajo

4.3.6. Zona afectada en caso de falla

La potencial zona de falla corresponde a 2 casas que pertenecen a la Brigada Forestal de Conaf, ubicadas aproximadamente 800 m hacia aguas abajo medido desde el muro del embalse.

Como las aguas del vertedero del embalse (y las del propio embalse si el muro falla) llegan a un estero, el cual pasa por el centro de Placilla, eventualmente una falla del embalse podría afectar también dicho sector.

4.3.7. Operatividad al momento de la visita

Al momento de la visita, el embalse se encontraba 100 % operativo.

4.3.8. Operatividad en situación de lluvias

Tal como fuera informado por el encargado del embalse, el vertedero ha funcionado correctamente durante todos los años en que se ha utilizado. Sería recomendable despejar la abundante vegetación que existe en el lecho del estero a través del cual se encauzan las aguas que descarga el vertedero, de modo de aumentar su capacidad a la salida.

4.4. Conclusiones

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

i) El muro del embalse Las Cenizas presenta varias grietas longitudinales en el coronamiento.
ii) Las grietas se observan prácticamente en toda la longitud del muro, pero preferentemente en el sector central y derecho.
iii) Las grietas tienen espesores variables entre 1 y 4 cm.
iv) La profundidad de las grietas probablemente es de unos 2 a 4 m.
v) La grieta mayor, que tiene espesor de 4 cm, se ubica cercana al talud de aguas arriba en el sector derecho del muro.
vi) No se observaron filtraciones aflorando en el talud de aguas abajo.
vii) No es posible definir si la vegetación que existe al pie del talud de aguas abajo es mantenida por filtraciones de la presa o por el agua que viene por otras vías.

4.5. Recomendaciones

4.5.1. Acciones Inmediatas

Se considera, que el gran ancho del coronamiento del muro del embalse Las Cenizas (15 m), da seguridad en el sentido que no ocurrirán problemas que pongan en peligro la estabilidad de la presa en el corto plazo. Por lo tanto, se recomienda en un plazo prudente y nunca mayor a 1 año, efectuar las reparaciones sugeridas en el punto siguiente.

4.5.2. Reparaciones Necesarias

Se considera que la reparación del muro del embalse Las Cenizas requiere de un proyecto de ingeniería que establezca mediante un modelación matemática de la presa, que considere además un sismo de diseño adecuado, los taludes tanto de aguas arriba como de aguas abajo que garanticen un funcionamiento seguro tanto para la situación estática como dinámica

En forma preliminar, y sólo a manera de anteproyecto se presentan las siguientes medidas de reparación. Se reitera que las acciones siguientes sólo tienen como finalidad la valorización estimada de los trabajos y no son de ninguna manera un proyecto de reparación.

- Se deberá, en primer lugar, bajar el nivel del agua del embalse de manera que quede unos 5 m bajo el nivel del coronamiento.
- Se excavarán, en la zona donde se ubica cada grieta y en un espesor de 2 m en el fondo de la misma (dejando la grieta al centro), 1,2 m desde el coronamiento hacia abajo.
- La excavación se efectuará en forma escalonada dejando escalones de 0,6 m de profundidad y 0,6 m de berma a cada lado de la zanja.
- Se rellenará las excavaciones efectuadas, utilizando material semejante al del resto de la presa, colocándolo en capas de 0,3 m de espesor.
- Las capas de relleno deberán ser compactadas, como mínimo, al 95% de la densidad máxima compactada seca, según ensaye Proctor Modificado

4.5.3. Recomendaciones de Carácter General

- Se recomienda despejar la abundante vegetación que existe en el estero donde llegan las aguas del vertedero, al menos en un tramo de 150 m medidos desde el puente hacia aguas abajo.

Sector Recomendado Despejar

- Se recomienda instalar reglas limnimétricas para el control de los niveles del embalse.

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	EMBALSE LAS CENIZAS	
Propietario	Curauma	
RUT Propietario		
Año de construcción	1869	
Cuenca / Código DGA	Costera entre aconcagua y maipo/055	
Subcuenca / Código DGA	Lago Peñuelas/0551	
Fuente del recurso		

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	08-05-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	si
Altura del muro > 5 m	si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	VALPARAÍSO
Provincia	Valparaíso
Comuna	Valparaíso
Coordenadas UTM Der	
Coord. UTM Estribo Derecho	Norte= 6.333.975 Este= 263.076
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= 348 msnm C= I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	Para Incendios Forestales

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	X
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros	
Longitud del coronamiento	285 m	
Ancho del coronamiento	D= C= 15 m I=	
Desarrollo del talud aguas abajo		
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas		
Paramentos verticales		
Con eclímetro		
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= 33,7º I=	1:1,5 (V
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= 33,7º I=	1:1,5 (V

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	
Profundidad máxima de agua en sector del muro	9 m
Área estimada o calculada de la poza	40 ha
Ancho máximo de la poza	250 m
Largo de la poza	1.500 m
Volumen declarado o proyectado	2 x 10^6 m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Irregular
Compacidad del material estructural	Alta
Uniformidad de los taludes	No son Uniformes
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	No
Grietas visibles y su ubicación	Sí, en 3 sectores
Indicios de deslizamientos y ubicación	No
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	No
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	No
Tipo de revestimiento del muro	No

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	X
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	X
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	
Material constructivo	Tierra con muro por lado derecho de enrocado consolidado
Estado de conservación y operatividad	Bueno, 100 % operativo
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	20 m de ancho por 2 a 3 m de alto

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	No dispone (están abandonadas)
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO AGUAS

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	a 800 m existen 2 casas de las brigadas forestales de Conaf
Densidad de población en las cercanías del tranque	
Distancia hacia zonas agrícolas	
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	
Área de riego servida por el tranque analizado	

11. FOTOGRAFÍAS

Sector Coronamiento Muro

Sector Vertedero

Vista General

Grieta Longitudinal

12. OBSERVACIONES

SEGUNDA VISITA
EMBALSE LAS CENIZAS

INDICE

1. Introducción 1

2. Conclusiones 1

2.1. Recomendaciones 2

2.1.1. Acciones Inmediatas 2
2.1.2. Reparaciones Necesarias 2
2.1.3. Recomendaciones de Carácter General 3

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita 3

EMBALSE LAS CENIZAS
SEGUNDA VISITA TECNICA

1. Introducción

Debido al terremoto ocurrido en la zona central sur del país el 27 de febrero del año en curso, muchas represas sufrieron considerables daños en su estructura y obras anexas. Por este motivo, la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas efectuó un proceso de fiscalización de la situación que presentan varios embalses en el área afectada por dicho terremoto. Dicha fiscalización entregó para cada uno de los embalses visitados recomendaciones para las reparaciones, en caso que estas fueran necesarias.

Como una segunda etapa al proceso de fiscalización, se efectuó una segunda visita a los embalses ya visitados, para examinar la situación que presentaban estos embalses a varios meses de entregado el primer informe.

Como parte de estas segundas visitas, se encargó a la Consultora Aquaterra Ingenieros Ltda. la inspección del Embalse Las Cenizas, ubicado en la comuna de Valparaíso, V Región. Las coordenadas UTM, Datum WGS 84, del embalse son: 263.076 Este y 6.333.975 Norte.

En la Inspección, que se efectuó el día Martes 7 de Diciembre de 2010, participaron los ingenieros civiles Jaime Vargas y Kricor Bzdigian.

Las conclusiones y recomendaciones hechas en la segunda visita fueron las siguientes:

2. Conclusiones

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

i) El muro del embalse Las Cenizas presenta varias grietas longitudinales en el coronamiento.
ii) Las grietas se observan prácticamente en toda la longitud del muro, pero preferentemente en el sector central y derecho.
iii) Las grietas tienen espesores variables entre 1 y 4 cm.
iv) La profundidad de las grietas probablemente es de unos 2 a 4 m.
v) La grieta mayor, que tiene espesor de 4 cm, se ubica cercana al talud de aguas arriba en el sector derecho del muro.
vi) No se observaron filtraciones aflorando en el talud de aguas abajo.

vii) No es posible definir si la vegetación que existe al pie del talud de aguas abajo es mantenida por filtraciones de la presa o por el agua que viene por otras vías.

2.1. Recomendaciones

2.1.1. Acciones Inmediatas

Se considera, que el gran ancho del coronamiento del muro del embalse Las Cenizas (15 m), da seguridad en el sentido que no ocurrirán problemas que pongan en peligro la estabilidad de la presa en el corto plazo. Por lo tanto, se recomienda en un plazo prudente y nunca mayor a 1 año, efectuar las reparaciones sugeridas en el punto siguiente.

2.1.2. Reparaciones Necesarias

Se considera que la reparación del muro del embalse Las Cenizas requiere de un proyecto de ingeniería que establezca mediante un modelación matemática de la presa, que considere además un sismo de diseño adecuado, los taludes tanto de aguas arriba como de aguas abajo que garanticen un funcionamiento seguro tanto para la situación estática como dinámica

En forma preliminar, y sólo a manera de anteproyecto se presentan las siguientes medidas de reparación. Se reitera que las acciones siguientes sólo tienen como finalidad la valorización estimada de los trabajos y no son de ninguna manera un proyecto de reparación.

- Se deberá, en primer lugar, bajar el nivel del agua del embalse de manera que quede unos 5 m bajo el nivel del coronamiento.
- Se excavarán, en la zona donde se ubica cada grieta y en un espesor de 2 m en el fondo de la misma (dejando la grieta al centro), 1,2 m desde el coronamiento hacia abajo.
- La excavación se efectuará en forma escalonada dejando escalones de 0,6 m de profundidad y 0,6 m de berma a cada lado de la zanja.
- Se rellenará las excavaciones efectuadas, utilizando material semejante al del resto de la presa, colocándolo en capas de 0,3 m de espesor.
- Las capas de relleno deberán ser compactadas, como mínimo, al 95% de la densidad máxima compactada seca, según ensaye Proctor Modificado

2.1.3. Recomendaciones de Carácter General

- Se recomienda despejar la abundante vegetación que existe en el estero donde llegan las aguas del vertedero, al menos en un tramo de 150 m medidos desde el puente hacia aguas abajo.

Sector Recomendado Despejar

- Se recomienda instalar reglas limnimétricas para el control de los niveles del embalse.

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita

Al momento de efectuarse la segunda visita, el muro del Embalse Las Cenizas no presentaba evidencias de reparaciones. Si bien, muchas de las grietas no pueden observarse debido a que las lluvias ocurridas en invierno arrastraron material suelto a su interior, la situación sigue siendo la misma en que se encontraba el muro en la primera visita.

El embalse se encontraba operando, con un nivel de agua a 3 m bajo el coronamiento.

EMBALSE PEÑUELAS
COMUNA DE VIÑA DEL MAR

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1. Introducción 1

1.2. Objetivos Generales 2

1.3. Objetivos Específicos 2

2. ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1. Accesos al Embalse Visitado 3

3. FUENTES DE INFORMACIÓN 4

3.1. Antecedentes Geológicos 4

3.2. Antecedentes Geotécnicos 6

4. TRABAJO DE TERRENO 6

4.1. Metodología 6

4.2. Estado Actual del Embalse 7

4.3. Diagnóstico en Terreno 7

4.3.1. Propiedad 8
4.3.2. Descripción General 8
4.3.3. Vertedero 14
4.3.4. Cuenca Aportante 15
4.3.5. Análisis de Daños 15
4.3.6. Zona afectada en caso de falla 18
4.3.7. Operatividad al momento de la visita 18
4.3.8. Operatividad en situación de lluvias 18

4.4. Conclusiones 19

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados al embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del mismo.

1.2. Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3. Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno del embalse asignado; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2. ÁREA DE ESTUDIO

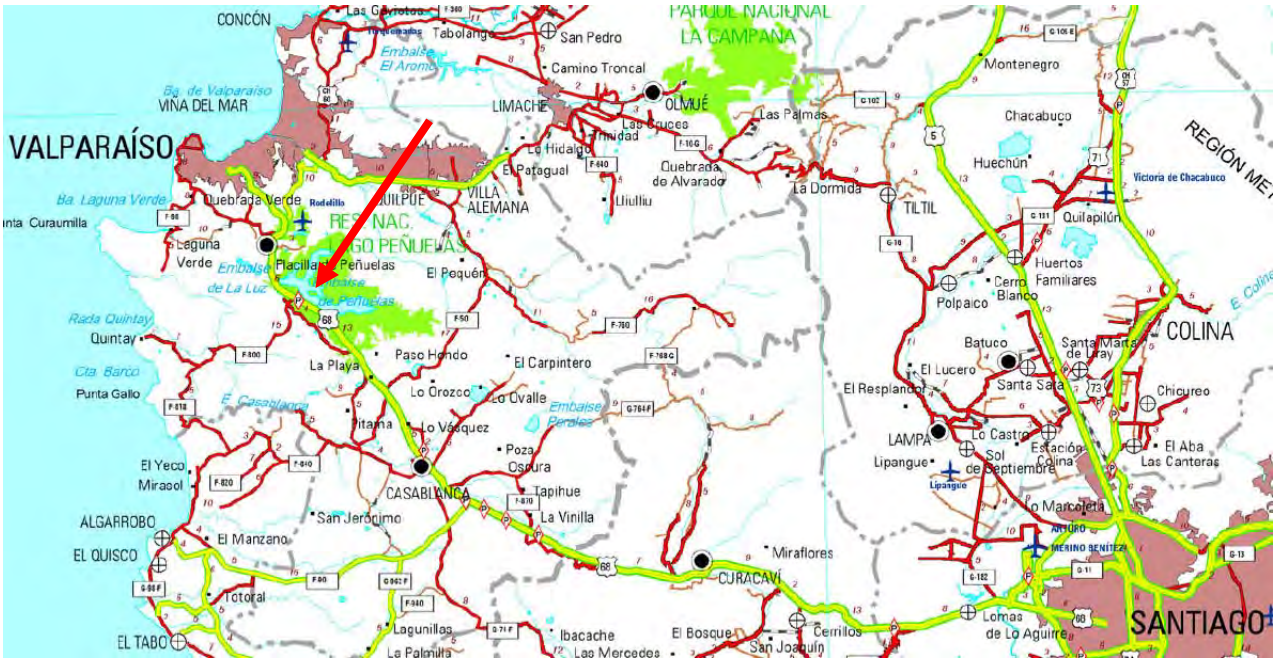
El área de estudio en esta visita corresponde a V Región, comuna de Viña del Mar, donde se visitó el denominado Embalse Peñuelas; sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes (estribo derecho).

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
	Uso	Norte	Este	msnm
Embalse Peñuelas	19	6.329.633	261.850	350

2.1. Accesos al Embalse Visitado

La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSE PEÑUELAS



- **Acceso Específico Embalse Peñuelas**

Por la ruta 68, camino a Viña del Mar, km 94. Poco antes de llegar a Placilla, pasado el retén de Carabineros de Placilla, al costado izquierdo se ubica el embalse Peñuelas. Pocos metros pasado el control de carabineros, se debe doblar hacia la derecha por un camino estrecho; llegando al fondo, hay un portón de metal color verde claro y esa es el acceso al embalse (entrada controlada por Esval S.A.).

Acceso Específico a Embalse Peñuelas

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
- Visita a terreno.
- Carta Geológica de Chile

3.1. Antecedentes Geológicos

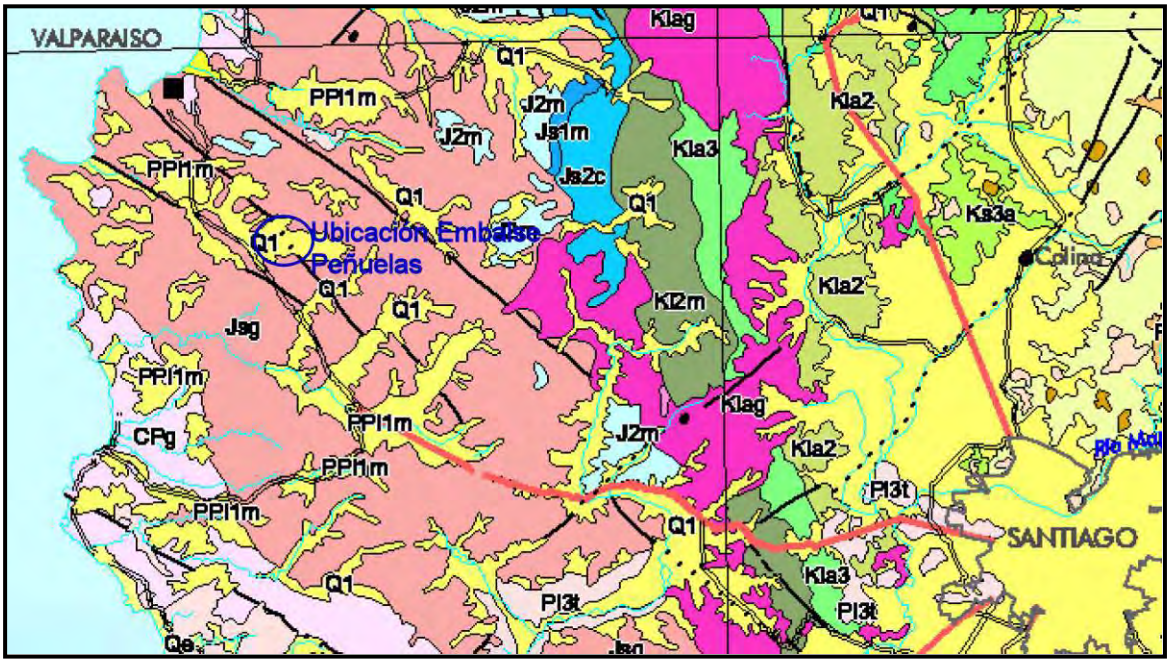
El área de estudio se inserta en el batolito costero asociado a formación geológica Quintay, formada desde el paleozoico hasta el cretácico, compuesto por rocas intrusivas de monzodioritas cuarcíferas, dioritas, y granodioritas y granitos de tonalitas y dioritas de hornblenda y biotita. Tal formación corresponde a un horz o estructura geológica levantada durante el mencionado período geológico.

Sobre tal basamento, se presenta remantes de terrazas marinas, asociadas a los distintos niveles glacioeustáticos que se desarrollaron durante el pleistoceno, lo cual ha formado un sector plano llamado terrazas marinas, compuesto por material fino asociado a depósitos marinos – litorales (Secuencia geológica Pl1m), formando maicillo en la superficie.

La presencia de fallas geológicas con movimiento vertical ha formado el Valle de los Esteros El Sauce y Las Tablas, los cuales desembocan en la localidad de Laguna Verde. En estos valles se ha depositado material fluvial, aluvial y de remociones en masa (secuencia geológica Q1) proveniente de las laderas de los horz de Quebrada Verde y Curaumilla que tal falla geológica separa.

Se presenta a continuación, lo que señala la Carta Geológica de Chile (Sernageomín), para el sector donde se ubica el Embalse Peñuelas.

Mapa Geológico del Sector Embalse Peñuelas



Jsg
Jurásico Medio-Superior (180-142 Ma)
Monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y hornblenda. En la Cordillera de la Costa, regiones I a VI; en la Cordillera Principal, regiiones X y XI: Plutón Panguipulli y borde oriental del Batolito Norpatagónico; en la península Antártica.

Pl1m
Pleistoceno
Secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas: coquinas, conglomerados coquináceos, areniscas y conglomerados dispuestos en niveles aterrazados emergidos. En la costa, regiones II y III: Estratos de Mejillones y de Caldera; en la región X: Estratos de Niebla (Cancagua).

Q1
Pleistoceno-Holoceno
Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados. En la Depresión Central, regiones Metropolitana a IX: abanicos mixtos de depósitos aluviales y fluvioglaciales con intercalación de depósitos volcanoclásticos.

3.2. Antecedentes Geotécnicos

De la visita efectuada, en la cual se observaron cortes en diferentes sectores cercanos al embalse Peñuelas, es posible establecer que los suelos donde se encuentra fundado el embalse corresponden a arenas limosas compactas y levemente cementadas, de color café tipo maicillo. Son suelos de plasticidad baja, compacidad alta, humedad natural baja y permeabilidad de media a baja.

En cuanto a la presa misma, que data de principios del siglo veinte, y conforme a la información proporcionada por personas cuyos antepasados han vivido por muchos años en el sector e incluso participado en la construcción de la presa, esta se encuentra formada por un muro de ladrillos pegados entre ellos con arcilla.

Según se informó, sobre toda la superficie expuesta de los ladrillos se colocó una capa de trozos de roca (tipo ala de mosca) unidos con arcilla. Este enrocado se observa en toda la superficie de la presa.

Posteriormente, sobre la presa se colocó un parapeto en base a enrocado consolidado de 1,9 m de altura.

4. TRABAJO DE TERRENO

4.1. Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso.

La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo y coordenadas del embalse que sería diagnosticado.
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:
- Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
- 2 Distanciómetros laser (para mediciones de corta y larga longitud, respectivamente)
- GPS (2) Magellan
- 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

4.2. Estado Actual del Embalse

La visita al embalse Peñuelas se hizo el día 8 de Mayo del 2010.

La ficha de registro del embalse, cuyo formato fue entregado por la DGA, está organizada en tres Grupos de identificación; Antecedentes Generales, Ubicación del Embalse y Antecedentes Técnicos. En el Anexo 1 se incluye la ficha del embalse Peñuelas.

4.3. Diagnóstico en Terreno

El embalse Peñuelas se ubica en el km 94 de la ruta 68, a 20 km de Valparaíso. Es un lago artificial construido entre los años 1895 y 1900. Fue construido para proveer de agua potable a los sectores altos de las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar, y hoy abastece los sectores de Curauma, Placilla y algunos sectores de Valparaíso.

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe “verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos”.

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas e infraestructura fundamentalmente.

A continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

4.3.1. Propiedad

El embalse es de propiedad de Conaf, y lo administra y opera Esval S.A.

La Empresa de Servicios Sanitarios Lago Peñuelas S.A., creada en Septiembre de 1998, ha establecido un esquema de operación con base a los contratos suscritos con ESVAL S.A. el 1° de Diciembre de 1998, denominados “Contrato de Gestión con Inversión” y, “Contrato de Interconexión”. En lo medular en ellos se entregan en comodato ESVAL S.A. la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Embalse Peñuelas y los derechos de aprovechamiento de aguas de la primera, para que la segunda proceda a su gestión, conservación y desarrollo, tareas por las cuales ESVAL S.A. percibe, en razón de costo de explotación, un porcentaje de las ventas de agua potable que, según marco tarifario, Lago Peñuelas S.A. vende exclusivamente a la misma ESVAL S.A.

Los datos de contacto son:

- Luis Novoa, Jefe de la Planta de Agua Potable de Esval S.A.= 9-3293192
- Juan Núñez, encargado de la Planta= 9-5421215

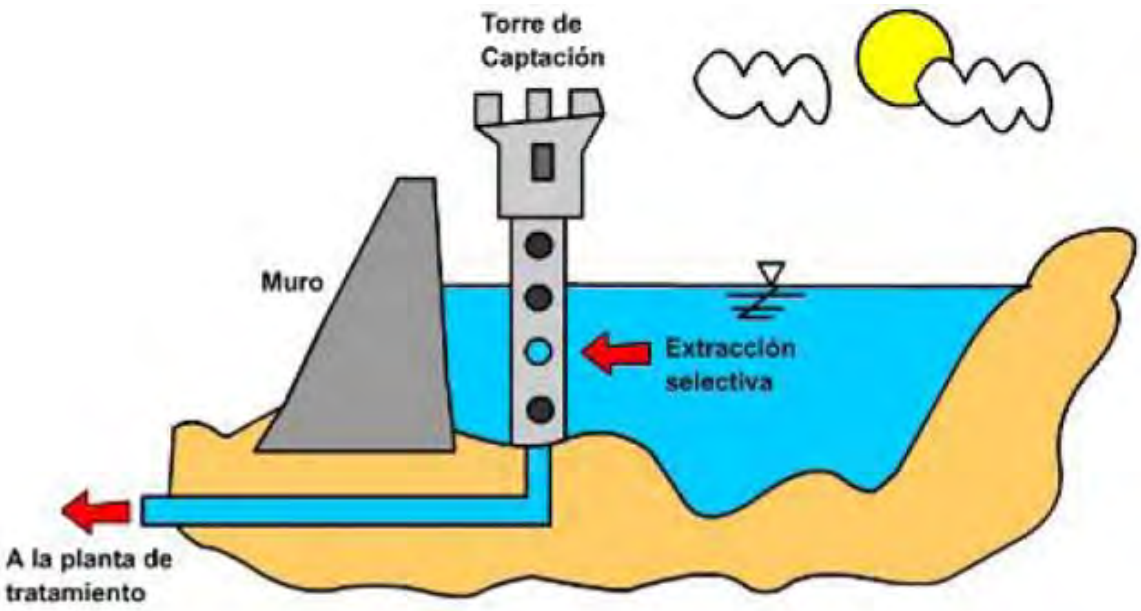
4.3.2. Descripción General

Este embalse, construido entre 1895 y 1900, se ubica en la comuna de Viña del Mar, en el km 94 de la ruta 68. Su función es abastecer de agua potable a los sectores de Curauma, Placilla y algunos sectores de Valparaíso; su alimentación es de aguas lluvias de esteros y quebradas que llegan el embalse.

Embalse Peñuelas

La producción de agua potable comienza con la extracción efectuada por la torre de captación, la cual permite escoger el nivel (compuertas en la torre) desde donde se desea obtener el agua (ver Figura siguiente). Posteriormente, el agua es conducida hacia la planta de tratamiento.

Esquema de Extracción de Agua Cruda



Torre de Captación de Agua Cruda

Actualmente, en el momento de la visita, el nivel del embalse se encontraba en un nivel muy bajo, (1,3 m), razón por la cual el agua estaba siendo bombeada directamente desde el embalse, tal como se ve en la siguiente fotografía.

Bombeo Directo desde la Laguna

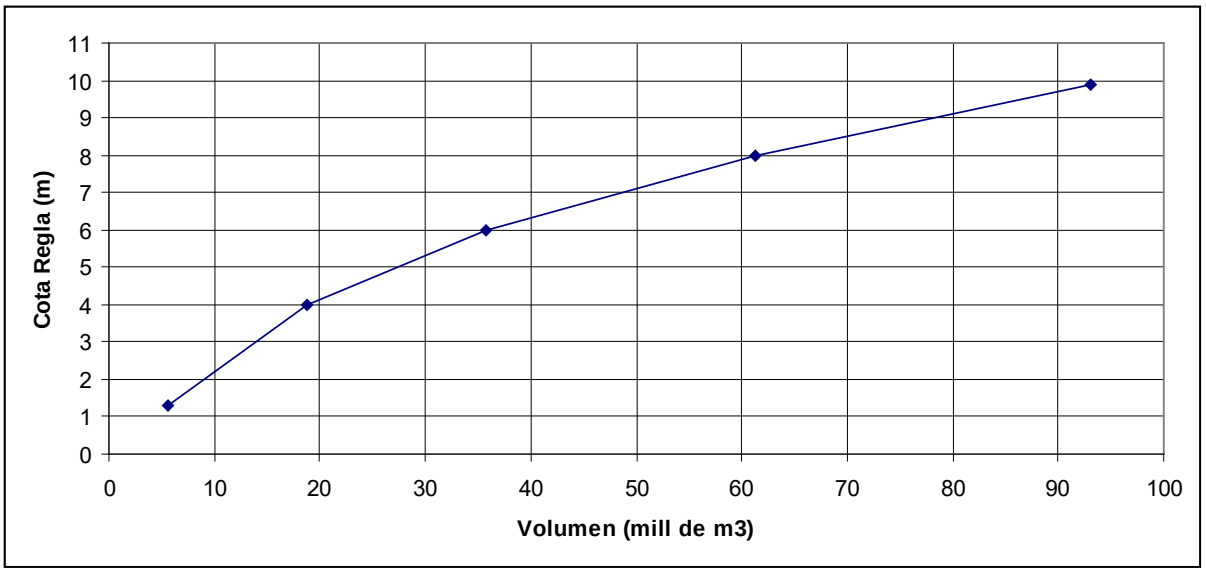
Cuando los niveles de agua en el embalse así lo permiten, todo el proceso de tratamiento es controlado gravitacionalmente, por lo que se tienen reducidos costos de energía en comparación a las demás fuentes de agua potable para Valparaíso.

La planta de tratamiento está conformada básicamente por la torre de captación, una cámara de aireación, una cámara de coagulación, estanques de floculación-sedimentación, filtros rápidos, filtros lentos y una cámara de desinfección donde se suministra cloro y flúor.

El volumen actual en el embalse (cota de agua de 1,3 m) es de 5,6 x 10^6 m^3 (área= 324 ha). A continuación se incluye la curva de embalse.

Curva de Embalse Peñuelas

Altura (m)	Volumen (x 10^6 m^3)	Área Inundada (ha)
1,3	5,6	324
4	18,8	673
6	35,8	1.044
8	61,3	1.500
9,9	93 (volumen máximo)	1.874



Es importante destacar que cuando la cota en la regla de la torre llega a los 9 m, el vertedero lateral del embalse comienza a funcionar.

Regla en Torre de Captación

El embalse está compuesto por 1 muro con enrocado consolidado hacia aguas arriba y hacia aguas abajo. La longitud del muro es de 390 m, y el ancho de coronamiento es de 6 m. Tiene además un parapeto sobre el coronamiento compuesto por un muro de enrocado consolidado de una altura de 1,9 m de altura y espesor de 0,7 m.

Parapeto sobre Coronamiento

La geometría actual del muro principal es la siguiente:

- Altura total máxima= 12 m
- Ancho de coronamiento= 6 m
- Longitud del coronamiento del muro principal= 400 m
- Talud aguas arriba: 1:2,5 (V:H)
- Talud aguas abajo: 1:2 (V:H)

4.3.3. Vertedero

Es un vertedero lateral sin control, revestido con enrocado consolidado en el fondo y en las paredes laterales.

Las aguas en exceso que se vierten por el vertedero van a dar al estero Las Tablas, las que finalmente llegan al tranque La Luz de Curauma.

Las dimensiones del vertedero en su parte revestida son:

- Ancho en sector bajo ruta 68= 25 m
- Ancho antes de transición curva= 60 m
- Largo de la transición= 30 m

Según información obtenida en terreno, este vertedero ha funcionado 3 veces en los últimos 50 años: en los años 1950, 1983 y 1987.

4.3.4. Cuenca Aportante

La cuenca aportante al embalse Peñuelas (hasta la salida) es de 90,08 km^2 (fuente: Plan Maestro de Aguas Lluvias de Valparaíso, DOH, 2001).

4.3.5. Análisis de Daños

Conforme a lo observado el muro del embalse Peñuelas tiene una altura máxima de unos 12 m y una longitud de aproximadamente 400 m. El ancho del coronamiento es de unos 6 m. Los taludes son 1:2,5 (V:H) para el talud de aguas arriba y 1:2 (V:H) para el de aguas abajo.

Tanto el talud de aguas abajo de la presa como el coronamiento y la parte superior del talud de aguas arriba se encuentran cubiertos por gran cantidad de vegetación, tanto arbustiva como de árboles mayores.

En cuanto a la situación actual de la presa, durante la visita fue posible constatar que no sufrió daños por el terremoto.

Al momento de la visita el embalse se encontraba con el agua unos 8 m bajo el coronamiento.

Durante la visita fue posible observar una filtración al pie del talud en un punto ubicado del centro de la presa hacia la izquierda; estas filtraciones son mayores a medida que los niveles de agua en el embalse aumentan. En ese lugar existe un canal que capta esta filtración y conduce las aguas a una quebrada cercana.

A continuación se presentan una serie de fotografías del sector del embalse Peñuelas.

Fotografía Talud Aguas Arriba
De Derecha a Izquierda

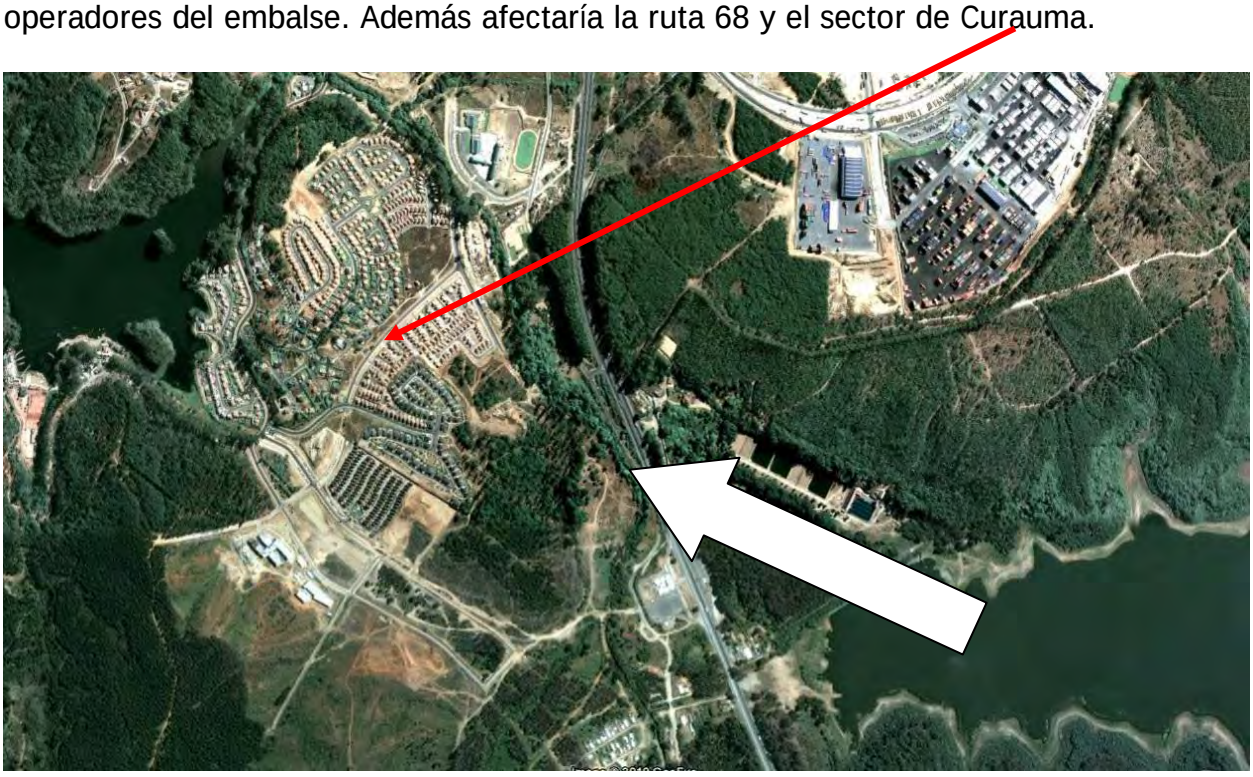
Coronamiento del Muro y Parapeto

Talud Izquierdo Sector Vertedero
Material Análogo a Fundación de la Presa

Zona de Afloramiento de Filtraciones
(Cubierto por la Maleza)

4.3.6. Zona afectada en caso de falla

La zona potencial afectada en caso de una falla del embalse son las instalaciones de Esval S.A. (piscinas decantadoras, etc), y 3 casas que pertenecen a los cuidadores y operadores del embalse. Además afectaría la ruta 68 y el sector de Curauma.



4.3.7. Operatividad al momento de la visita

El embalse Peñuelas está operativo 100 %. Sólo habría que agregar que los niveles de agua están muy bajos, razón por la cual la captación actual es con bombeo, no gravitacional como sucede cuando los niveles de agua son superiores.

4.3.8. Operatividad en situación de lluvias

El vertedero se encuentra en buenas condiciones, y las 3 veces que ha funcionado en los últimos 50 años, cuando la cota de agua del embalse llega a los 9 m, lo ha hecho sin problemas.

4.4. Conclusiones

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

- El muro del embalse Peñuelas no presenta daños atribuibles al terremoto del 27 de Febrero de 2010.

- El mantenimiento de las diferentes obras aparentemente es el adecuado.

- El único detalle visible, es la filtración que se encuentra al pie del talud de aguas abajo a la izquierda de la zona central del muro. Sin embargo corresponde a una filtración muy antigua que no tiene relación con el terremoto del 27 de Febrero de 2010.

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	EMBALSE PEÑUELAS	
Propietario	CONAF, Esval S.A.	
RUT Propietario		
Año de construcción	1895 - 1900	
Cuenca / Código DGA	Costera entre aconcagua y maipo/055	
Subcuenca / Código DGA	Lago Peñuelas/0551	
Fuente del recurso		

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	08-04-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	si
Altura del muro > 5 m	si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	VALPARAÍSO
Provincia	Valparaíso
Comuna	Valparaíso
Coordenadas UTM Der	
Coord. UTM Estribo Derecho	Norte= 6.329.633 Este= 261.850
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= 350 msnm C= I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	X
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos:	X

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	400 m
Ancho del coronamiento	D= C= 6 m I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= 27º I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= 21,8º I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	12 m
Profundidad máxima de agua en sector del muro	1,3 m
Área estimada o calculada de la poza	
Ancho máximo de la poza	
Largo de la poza	
Volumen declarado o proyectado	93 mill m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	***Describir***
Regularidad de la geometría actual	Regular
Compacidad del material estructural	alta
Uniformidad de los taludes	uniformes
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	no
Grietas visibles y su ubicación	no
Indicios de deslizamientos y ubicación	no
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	no se observan
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	sector izquierdo al pie del talud
Tipo de revestimiento del muro	enrocado

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	X
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	X
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	Lateral
Material constructivo	Tierra y luego una seción de Enrocado consolidado
Estado de conservación y operatividad	buena
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	ctor enrocado consolidado: ancho 60 m, trans. de 30 m y ancho de 25 m luego de tran

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Torre con compuertas; con bombeo cuando los niveles del embalse están muy bajos (como actualmente)
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	Bueno

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO AGUAS

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	700 m, las 3 casas de los cuidadores y operadores de Esval S.A.
Densidad de población en las cercanías del tranque	
Distancia hacia zonas agrícolas	
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	
Área de riego servida por el tranque analizado	

11. FOTOGRAFÍAS

Estación de Bombeo Cuando Nivel del Embalse está Bajo

Sector Vertedero

Vista Desde Estribo Derecho hacia Talud de Aguas Arriba

Torre de Captación

12. OBSERVACIONES

EMBALSE LA LUZ
COMUNA DE VALPARAÍSO

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1. Introducción 1

1.2. Objetivos Generales 2

1.3. Objetivos Específicos 2

2. ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1. Accesos al Embalse Visitado 3

3. FUENTES DE INFORMACIÓN 4

3.1. Antecedentes Geológicos 4

3.2. Antecedentes Geotécnicos 6

4. TRABAJO DE TERRENO 6

4.1. Metodología 6

4.2. Estado Actual del Embalse 7

4.3. Diagnóstico en Terreno 7

4.3.1. Propiedad 7
4.3.2. Descripción General 8
4.3.3. Vertedero 11
4.3.4. Cuenca Aportante 13
4.3.5. Análisis de Daños 13
4.3.6. Zona afectada en caso de falla 15
4.3.7. Operatividad al momento de la visita 15
4.3.8. Operatividad en situación de lluvias 15

4.4. Conclusiones 15

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados al embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del mismo.

1.2. Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3. Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno del embalse asignado; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2. ÁREA DE ESTUDIO

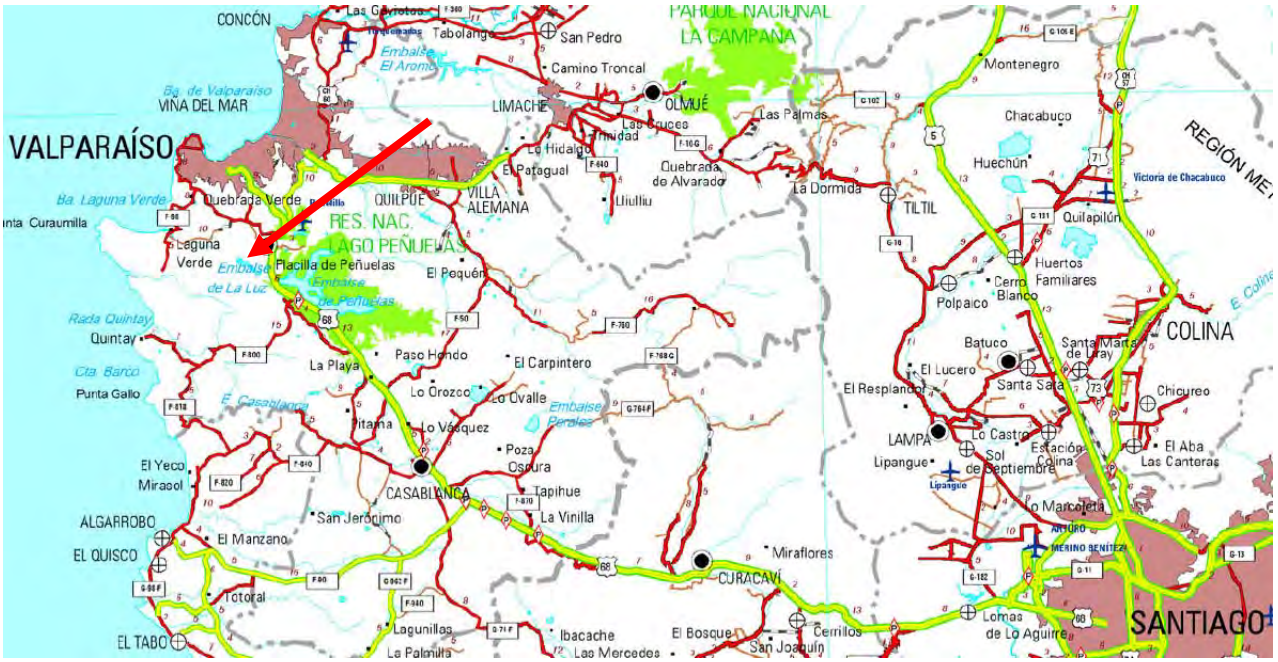
El área de estudio en esta visita corresponde a V Región, comuna de Valparaíso, donde se visitó el denominado Tranque La Luz; sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes (estribo derecho).

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
	Uso	Norte	Este	msnm
Tranque La Luz	19	6.331.153	257.805	330

2.1. Accesos al Embalse Visitado

La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL TRANQUE LA LUZ



- **Acceso Específico Tranque La Luz**

Por la ruta 68, camino a Viña del Mar, km 95. Poco antes de llegar a Placilla, pasado el retén de Carabineros de Placilla, se encuentra el acceso al complejo inmobiliario Curauma. Se debe ingresar a Curauma y el tranque forma parte del complejo.

Acceso Específico a Tranque La Luz

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
- Visita a terreno.
- Carta Geológica de Chile

3.1. Antecedentes Geológicos

El área de estudio se inserta en el batolito costero asociado a formación geológica Quintay, formada desde el paleozoico hasta el cretácico, compuesto por rocas intrusivas de monzodioritas cuarcíferas, dioritas, y granodioritas y granitos de tonalitas y dioritas de hornblenda y biotita. Tal formación corresponde a un horz o estructura geológica levantada durante el mencionado periodo geológico.

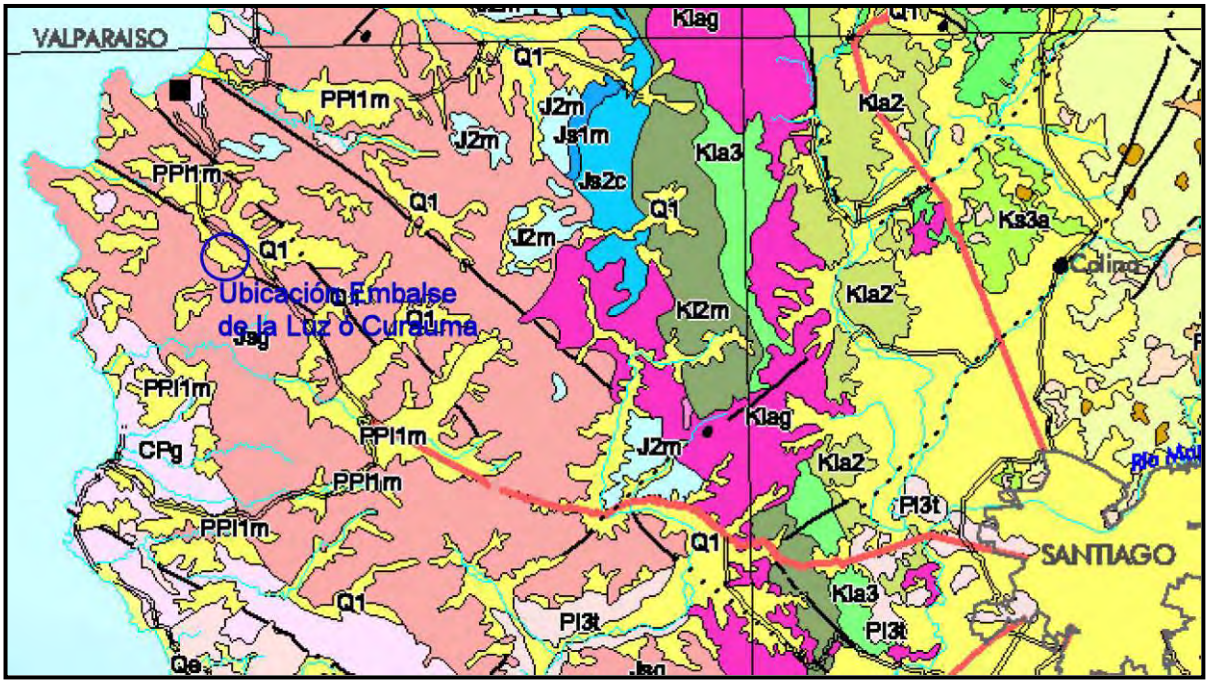
Sobre tal basamento, se presenta remantes de terrazas marinas, asociadas a los distintos niveles glacioeustáticos que se desarrollaron durante el pleistoceno, lo cual

ha formado un sector plano llamado terrazas marinas, compuesto por material fino asociado a depósitos marinos – litorales (Secuencia geológica Pl1m), formando maicillo en la superficie.

La presencia de fallas geológicas con movimiento vertical ha formado el Valle de los Esteros El Sauce y Las Tablas, los cuales desembocan en la localidad de Laguna Verde. En estos valles se ha depositado material fluvial, aluvial y de remociones en masa (secuencia geológica Q1) proveniente de las laderas de los horz de Quebrada Verde y Curaumilla que tal falla geológica separa.

Se presenta, a continuación, lo que indica la Carta Geológica de Chile (Sernageomín), para el sector donde se ubica el Tranque La Luz.

Mapa Geológico del Sector



Jsg
Jurásico Medio-Superior (180-142 Ma)
Monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y hornblenda. En la Cordillera de la Costa, regiones I a VI; en la Cordillera Principal, regiiones X y XI: Plutón Panguipulli y borde oriental del Batolito Norpatagónico; en la península Antártica.

Pl1m
Pleistoceno
Secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas: coquinas, conglomerados coquináceos, areniscas y conglomerados dispuestos en niveles aterrazados emergidos. En la costa, regiones II y III: Estratos de Mejillones y de Caldera; en la región X: Estratos de Niebla (Cancagua).

Q1
Pleistoceno-Holoceno
Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados. En la Depresión Central, regiones Metropolitana a IX: abanicos mixtos de depósitos aluviales y fluvioglaciales con intercalación de depósitos volcanoclásticos.

3.2. Antecedentes Geotécnicos

De la visita efectuada, en la cual se observaron cortes en diferentes sectores cercanos al Tranque La Luz, es posible establecer que los materiales donde se encuentra fundado el embalse corresponden a granitos y granodioritas bastante meteorizados y superficialmente degradados a arenas limosas compactas y levemente cementadas, de color café tipo maicillo.

Como suelos son materiales de plasticidad baja, compacidad alta, humedad natural baja y permeabilidad de media a baja. Como rocas, se trata de materiales de dureza baja, en muchos sectores deleznables con la mano o con ayuda mecánica menor.

En cuanto a la presa misma, que data de principios del siglo veinte, se trata de una presa en arco, construida con enrocado con mortero de hormigón.

4. TRABAJO DE TERRENO

4.1. Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso.

La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo y coordenadas del embalse que sería diagnosticado.
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:
  - Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
  - 2 Distanciómetros laser (para mediciones de corta y larga longitud, respectivamente)
  - GPS (2) Magellan
  - 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

4.2. Estado Actual del Embalse

La visita al embalse Tranque La Luz se hizo el día 8 de Mayo del 2010.

La ficha de registro del embalse, cuyo formato fue entregado por la DGA, está organizada en tres Grupos de identificación; Antecedentes Generales, Ubicación del Embalse y Antecedentes Técnicos. En el Anexo 1 se incluye la ficha del Tranque La Luz.

4.3. Diagnóstico en Terreno

El Tranque La Luz se ubica dentro del complejo inmobiliario Curauma (km 95 de la ruta 68). En 1905 se construyó la planta hidroeléctrica El Sauce, para proveer de electricidad a los tranvías; para el funcionamiento de sus turbinas se construyó el Tranque La Luz (1910).

Hoy el tranque se utiliza para actividades recreativas (remo, velerismo, pesca, etc).

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe “verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos”.

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas e infraestructura fundamentalmente.

A continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

4.3.1. Propiedad

El embalse es de propiedad de Inmobiliaria Curauma S.A.

Los datos de contacto son:

- Cristián Colacci R., Gerente de Desarrollo, F: 32-2292476, 09-84648951
- Gabriel Juárez, Supervisor de Terreno en Curauma= 9-3462104

4.3.2. Descripción General

Este embalse, construido en 1910, tuvo como finalidad el funcionamiento de las turbinas de la central hidroeléctrica El Sauce, la cual a su vez abastecía de energía eléctrica a los tranvías de Valparaíso; se utilizó para ese fin hasta fines de 1996, cuando la operación de la planta fue discontinuada.

Actualmente está inserta en el complejo inmobiliario Curauma S.A., y forma parte de su entorno, y a su vez, es utilizado para actividades recreativas, tales como baño, remo, velerismo, pesca, competencias deportivas, etc.

El tranque mide 2.850 m lineales de largo, 180 a 200 m de ancho medio, lo que sumado a los sectores de cabezales oriente y poniente arroja una superficie total aproximada de 82,6 hectáreas.

Su alimentación es de aguas lluvias de esteros y quebradas que llegan el embalse. Cuando el vertedero del embalse Peñuelas funciona, esas aguas van a dar al estero Las Tablas, el que a su vez desemboca en el Tranque La Luz.

Tranque La Luz

El volumen máximo de esta tranque es de 6,3 millones de m3, inundando una superficie de 82,6 ha.

Tiene un muro de enrocado de hormigón en arco, de 23 m de altura, con un ancho de coronamiento de 3,8 m. La altura actual del agua en el embalse, medida desde su coronamiento es de 3,2 m. El muro se presenta en perfectas condiciones.

Ubicación del Muro en Arco

Muro Desde Estribo Izquierdo

Muro Desde Estribo Derecho

Antiguas Torres de Captación para Generación de Hidroelectricidad (hoy abandonadas)

4.3.3. Vertedero

Es un vertedero lateral con control a través de 2 compuertas planas de 2,1 m de ancho por 3,2 m de alto, separadas por un vano de hormigón. Dichas compuertas descargan a un túnel de hormigón de medio arco de 4,6 m de ancho por 5 m de altura.

El supervisor de terreno de Curauma, don Gabriel Juárez, señaló que cuando ocurren grandes lluvias, el túnel de descarga va a boca llena. El agua va a dar a un estero el cual se junta con el estero que nace en el muro del tranque, estero Los Azules, para finalmente llegar a la Laguna Verde.

A continuación se muestran algunas fotografías del vertedero, sus compuertas y el túnel.

Compuertas Sector Vertedero

Túnel de Descarga (a 15 m de las compuertas)

4.3.4. Cuenca Aportante

La cuenca aportante al tranque La Luz corresponde a varias cuencas menores. El estero Las Tablas constituye el principal curso permanente (pluvial) que alimenta el tranque, con un caudal promedio mensual de 24 l/s (concentra el 84% de los aportes de agua al tranque; fuente: Modificación Plan Regulador Comunal Valparaíso, Sector Tranque La Luz, IM de Valparaíso, Dirección de Obras, Abril de 2002). La cuenca aportante al Tranque La Luz (hasta la salida) es de 124,25 km^2 (fuente: Plan Maestro de Aguas Lluvias de Valparaíso, DOH, 2001).

4.3.5. Análisis de Daños

Conforme a lo observado el muro del embalse De la Luz tiene una altura máxima de unos 23 m y una longitud de aproximadamente 125 metros. El ancho del coronamiento es de unos 4 m, valor que aumenta en la medida que se baja en el muro, llegando a unos 8 m en la base de la presa.

En cuanto a la situación actual de la presa, durante la visita fue posible constatar que no sufrió daños por el terremoto. Al momento de la visita el embalse se encontraba con el agua unos 3,2 m bajo el coronamiento.

Se presenta, a continuación, una serie de fotografías del embalse

Fotografía Muro desde lado Izquierdo

Fotografía Coronamiento desde Estribo Derecho

Fotografía Muro desde Estribo Derecho

4.3.6. Zona afectada en caso de falla

En caso de una falla del muro del tranque, las aguas escurrirían a través el estero Los Azules, estero que finalmente descarga a la Laguna Verde (sector poblado de Laguna Verde, hacia el Sur de Valparaíso). No existen asentamientos humanos ni infraestructura que podría ser afectada por una falla.

4.3.7. Operatividad al momento de la visita

El tranque La Luz está operativo 100 %.

4.3.8. Operatividad en situación de lluvias

El vertedero se encuentra en buenas condiciones, y las veces que ha funcionado lo ha hecho sin problemas.

4.4. Conclusiones

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

i) El muro del Tranque La Luz no presenta daños atribuibles al terremoto del 27 de Febrero de 2010.
ii) El Tranque La Luz presenta un nivel de seguridad adecuado para condiciones de operación normales.
iii) El mantenimiento de las diferentes obras aparentemente es adecuado.

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	TRANQUE LA LUZ	
Propietario	Curauma S.A.	
RUT Propietario		
Año de construcción	1905	
Cuenca / Código DGA	Costera entre aconcagua y maipo/055	
Subcuenca / Código DGA	Lago Peñuelas/0551	
Fuente del recurso		

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	08-05-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	si
Altura del muro > 5 m	si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	V Región
Provincia	Valparaíso
Comuna	Valparaíso
Coordenadas UTM Der	
Coord. UTM Estribo Derecho	Norte= 6.331.153 Este= 257.805
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= 330 msnm C= I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	X
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	X
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	125 m
Ancho del coronamiento	D= C= 3,8 m I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	23 m
Profundidad máxima de agua en sector del muro	18 m (hoy)
Área estimada o calculada de la poza	
Ancho máximo de la poza	
Largo de la poza	
Volumen declarado o proyectado	

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	regular
Compacidad del material estructural	-
Uniformidad de los taludes	-
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	No
Grietas visibles y su ubicación	No
Indicios de deslizamientos y ubicación	No
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	No
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	No
Tipo de revestimiento del muro	Enrocado de hormigón consolidado

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	X
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	
Vertederos controlados por compuertas	X

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	X
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	Lateral con 2 compuertas planas de 2,1 m de ancho x 3,2 m de alto
Material constructivo	2 compuertas de acero separadas po un vano de hormigón
Estado de conservación y operatividad	Buena y 100 % operativo
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	2 torres de captación en desuso desde 1996; existe una válvula de 500 mm en el centro del muro, hoy en desuso
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	En desuso

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO AGUAS

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	Las aguas del vertedero (y en caso de falla del muro) descargan al estero
Densidad de población en las cercanías del tranque	Los Azules, y finalente llegan a la Laguna Verde; no hay casas ni infraestruct
Distancia hacia zonas agrícolas	
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	
Área de riego servida por el tranque analizado	

11. FOTOGRAFÍAS

Sector Muro por Estribo Izquierdo

Sector Compuertas (2) Vertedero

Sector Muro por Estribo Derecho

Túnel de Descarga

12. OBSERVACIONES

EMBALSE EL ESFUERZO
COMUNA DE QUINTERO

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1 Introducción 1
1.2 Objetivos Generales 2
1.3 Objetivos Específicos 2

2 ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1 Acceso a los Embalses Visitados 3

3 FUENTES DE INFORMACIÓN 5

4 TRABAJO DE TERRENO 5

4.1 Metodología 5
4.2 Estado Actual de los Embalses 6
4.3 Diagnóstico de Terreno 6
4.4 Recomendaciones Generales 9

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados a cada embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del embalse.

1.2 Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3 Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno de los embalses asignados; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2 ÁREA DE ESTUDIO

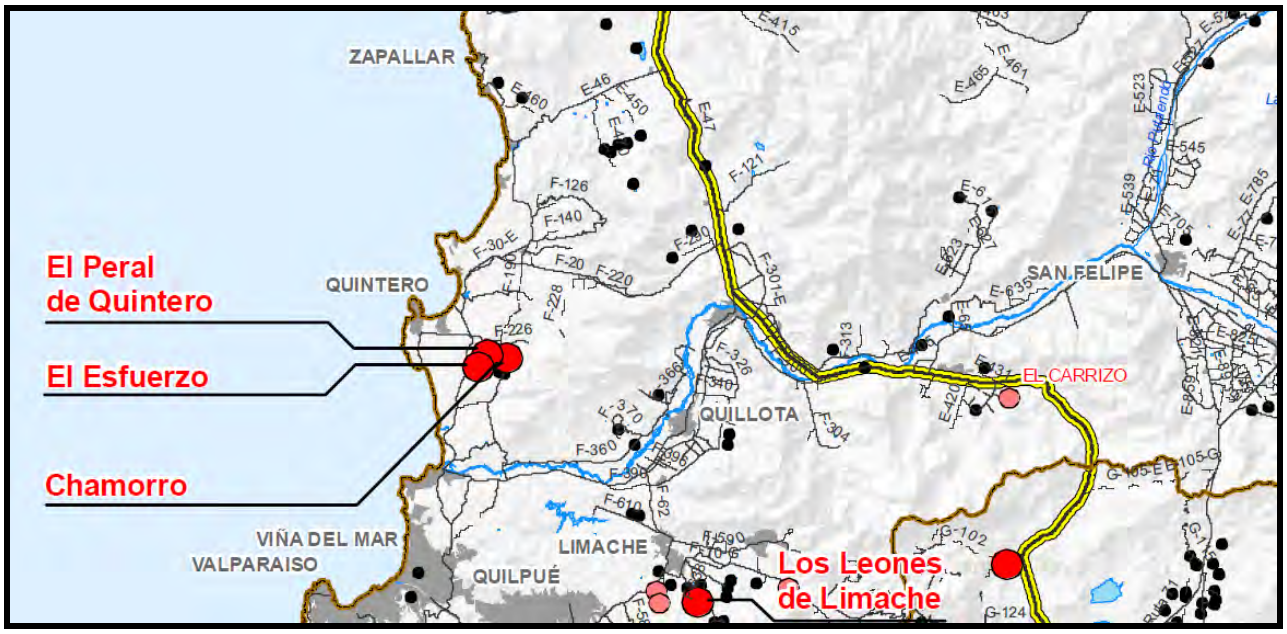
El área de estudio en esta visita corresponde a la V Región, donde se visitó el embalse El Esfuerzo (comuna de Quintero); sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes:

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)		
	Uso	Este	Norte
Embalse El Esfuerzo	19	269.391	6.366.198

2.1 Accesos al Embalse Visitado

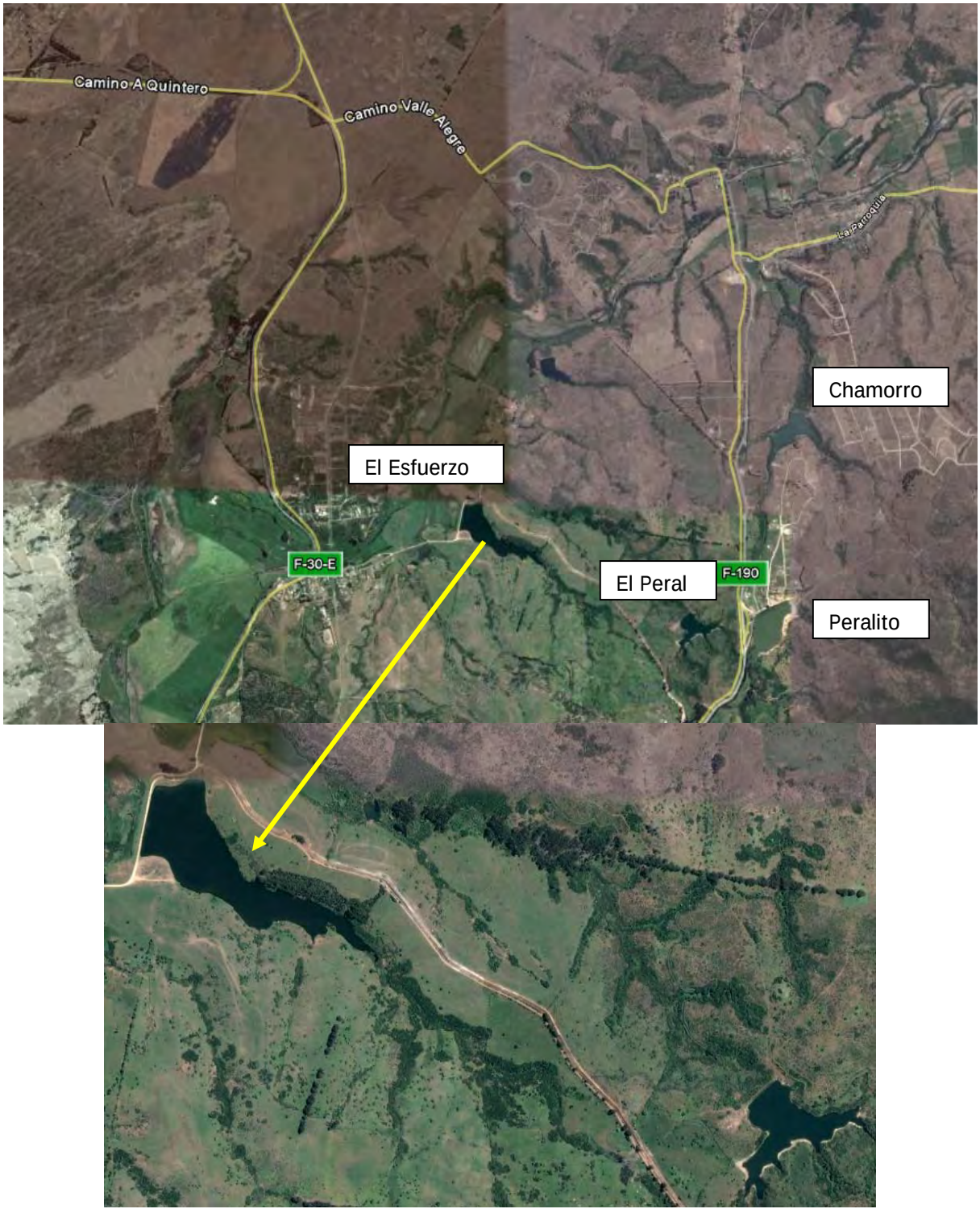
La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSE EL ESFUERZO



Por la ruta F-30 E, Con Con – Quintero, en el Puente Santa Julia se debe tomar el camino hacia el oriente (vecinal) bordeando el estero Santa Julia. Luego de 1,5 km se llega al muro del Embalse El Esfuerzo.

Acceso Específico Embalse El Esfuerzo



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
- Propietarios (particulares, asociaciones de regantes, juntas de vigilancia, etc.) de cada uno de los embalses.
- Visita a terreno.

4 TRABAJO DE TERRENO

4.1 Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso.

La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo de todas las regiones, Datum WGS 84, con la ubicación de cada uno de los embalses que serían diagnosticados
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
- 2 Distanciómetros laser (para mediciones de corta y larga longitud, respectivamente)
- GPS (2) Magellan
- 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 dado énfasis a la inclusión de fotos que muestren aspectos relevantes de los muros y/o de las obras anexas que conforman cada embalse.

4.2 Estado Actual del Embalse

Esta visita se hizo el día 11 de Marzo del 2010.

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.

Las fichas se incluyen en el Anexo 1. Además de la ficha, se anexan fotografías de sus principales obras.

4.3 Diagnóstico en Terreno

El embalse analizado se utliza para riego.

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe “verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos”.

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas fundamentalmente.

Las características de cada elemento del embalse se han incluido en las fichas de catastro (ver Anexo 1), mientras que a continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

- **Propiedad**

Propietario: Comunidad de Regantes Santa Julia
Domicilio: Camino Interior Santa Julia, Quintero.

- **Descripción**

Al momento de la visita, el embalse se encontraba operando a un 20% de su capacidad aproximadamente.

La geometría que se pudo observar del muro del embalse es la siguiente:

Ancho coronamiento: 4,6 m
Largo coronamiento: 200 m
Talud de aguas arriba: 40º
Talud aguas abajo: 40º
Altura total muro: 10 m
Altura coronamiento-nivel de agua: 8 m
Altura coronamiento-pie de talud aguas abajo: 12 m

El muro está compuesto por una arcilla gravosa de color café claro, plasticidad media y consistencia alta.
.

- **Vertedero**

Formado por canal en tierra, rústico, en el extremo Norte del muro. Se ve en regular estado y está operativo. Tiene un ancho basal de 3,5 m.

- **Cuenca Aportante**

Al igual que los embalses El Peral, Peralito y Chamorro, este embalse es alimentado por el canal El Mauco, proveniente del sistema de canales del Río Aconcagua. En forma secundaria tiene aportes de aguas lluvias.

- **Análisis de Daños**

No se detectaron grietas ni fisuras en el coronamiento ni taludes del muro del embalse.

No se observaron filtraciones directas en el talud de aguas abajo. No obstante, se observa la presencia de humedales y vegetación al pie del

talud aguas abajo, por lo que es muy probable que el embalse se encuentre con filtraciones permanentes.

- **Zona afectada en caso de falla**

En caso de falla podría afectar algunas parcelas, potreros forrajeros, y eventualmente la ruta F-30-E.

- **Operatividad al momento de la visita**

Al momento de la visita, el embalse estaba 100 % operativo, su válvula de entrega está en buenas condiciones.

- **Operatividad en situación de lluvias**

El vertedero lateral del que dispone el embalse está operativo, y sin obstáculos.

4.4 Recomendaciones Generales

El embalse se encuentra operando, sin grietas ni fisuras y en buen estado.

La filtraciones que existen, que no son visibles como afloramientos de agua, son antiguas, no atribuibles al sismo y se manifiestan con vegetación en el muro y el "humedal" menor al pie del talud aguas abajo. Este embalse ha estado en esta situación de operación por años, y se observó que está en mejores condiciones de mantención que su similar El Peral.

FOTOGRAFÍAS

- **Vista General del embalse y Muro**

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	EMBALSE EL ESFUERZO	
Propietario	Com. Aguas Santa Julia	
RUT Propietario		
Año de construcción		
Cuenca / Código DGA	Costera Ligua-Aconcagua/053	
Subcuenca / Código DGA	Cost. Est. Catapilco y Río Aconcagua/0532	
Fuente del recurso	Canal Mauco - Río Aconcagua	

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	11-03-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	Si
Altura del muro > 5 m	Si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	De Valparaíso
Provincia	Valparaiso
Comuna	Quintero
Coordenadas UTM Der	
Coordenadas UTM Centro	Norte= 6.365.020 Este=269.391
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= C= I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	X
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	X
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	200 m
Ancho del coronamiento	D= C= 4.6 m I=
Desarrollo del talud aguas abajo	12 m
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas conocida	4.0 m
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	10
Profundidad máxima de agua en sector del muro	8
Área estimada o calculada de la poza	8.0 Ha
Ancho máximo de la poza	220
Largo de la poza	400
Volumen declarado o proyectado	350 mil m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Geometría regular, taludes parejos con inclinación 1:1
Compacidad del material estructural	Presa compacta
Uniformidad de los taludes	Talud uniforme.
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	No
Grietas visibles y su ubicación	No
Indicios de deslizamientos y ubicación	No
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	No
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	No
Tipo de revestimiento del muro	Muro de arcilla gravosa

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	X
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	X
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	X
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	
Trapezoidales	X
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	Canal
Material constructivo	Excavado en tierra, rústico.
Estado de conservación y operatividad	Sin problemas, en operación.
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	Ancho 3.5 m.

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Carga tubería fierro fundido.
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	Operativo.

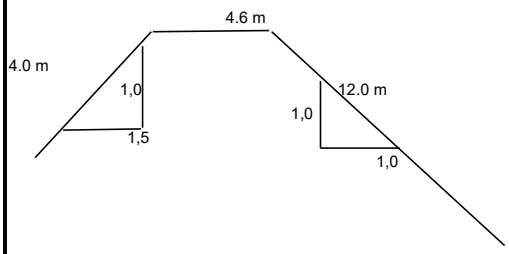
10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	Canal en dirección a campos de forraje de animales y cultivos temporada.
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	1.0 km
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	1.0 km
Densidad de población en las cercanías del tranque	Casas Valle de Santa Julia a una cota superior al cauce de evacuación
Distancia hacia zonas agrícolas	100 m
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	3.0 km a ruta F 30 y Puente Santa Julia
Área de riego servida por el tranque analizado	Fundo Santa Julia

11. MONOGRAFÍA

VISTA GENERAL DEL MURO Y EMBALSE

SECCIÓN TÍPICA DEL MURO



ZONA INUNDACIÓN

12. OBSERVACIONES

Buen estado, operativo a un 20 % de su capacidad.
No se ven filtraciones o daños. Una falla del embalse podría afectar algunas parcelas, potreros y eventualmente la ruta F-30-E

EMBALSE EL PERAL
COMUNA DE QUINTERO

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1 Introducción 1
1.2 Objetivos Generales 2
1.3 Objetivos Específicos 2

2 ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1 Acceso a los Embalses Visitados 3

3 FUENTES DE INFORMACIÓN 5

4 TRABAJO DE TERRENO 5

4.1 Metodología 5
4.2 Estado Actual de los Embalses 6
4.3 Diagnóstico de Terreno 6
4.4 Recomendaciones Generales 8

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados a cada embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del embalse.

1.2 Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3 Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno de los embalses asignados; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2 ÁREA DE ESTUDIO

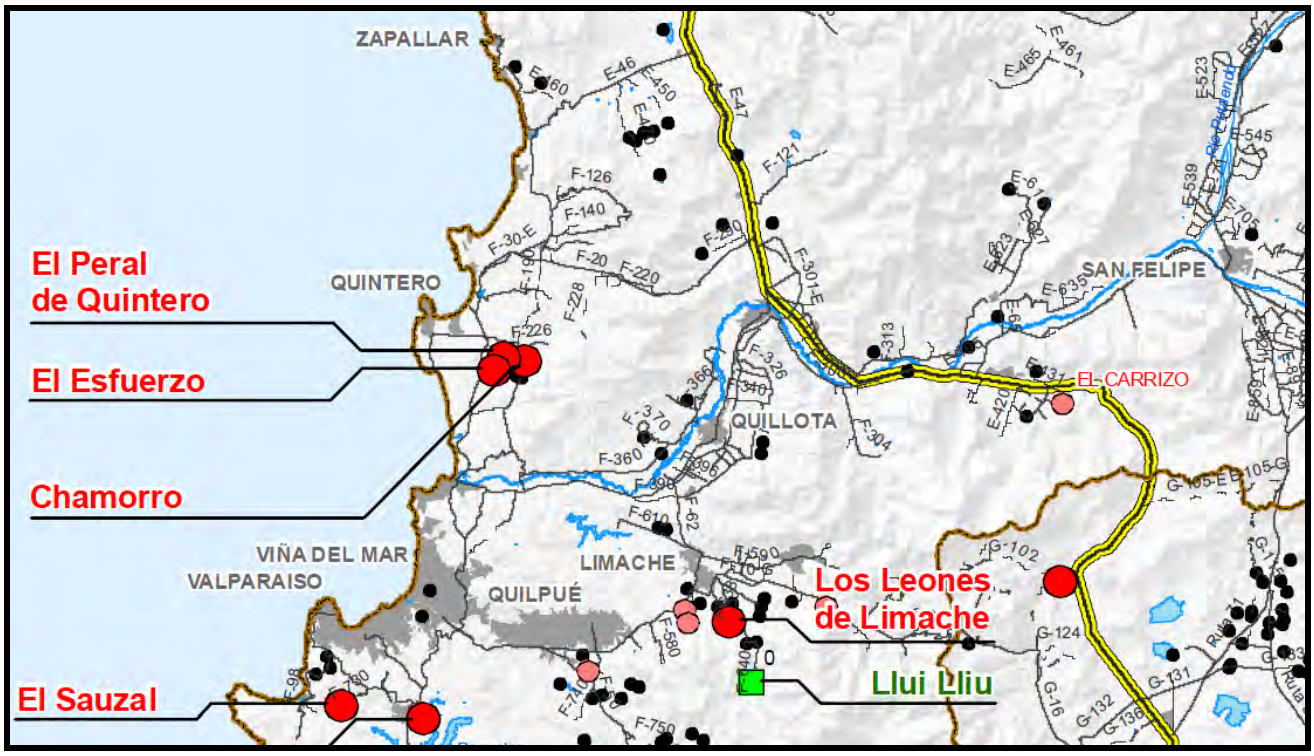
El área de estudio en esta visita corresponde a la V Región, donde se visitó el embalse El Peral (comuna de Quintero); sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes:

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)		
	Uso	Este	Norte
Embalse El Peral	19	270.005	6.366.198

2.1 Accesos al Embalse Visitado

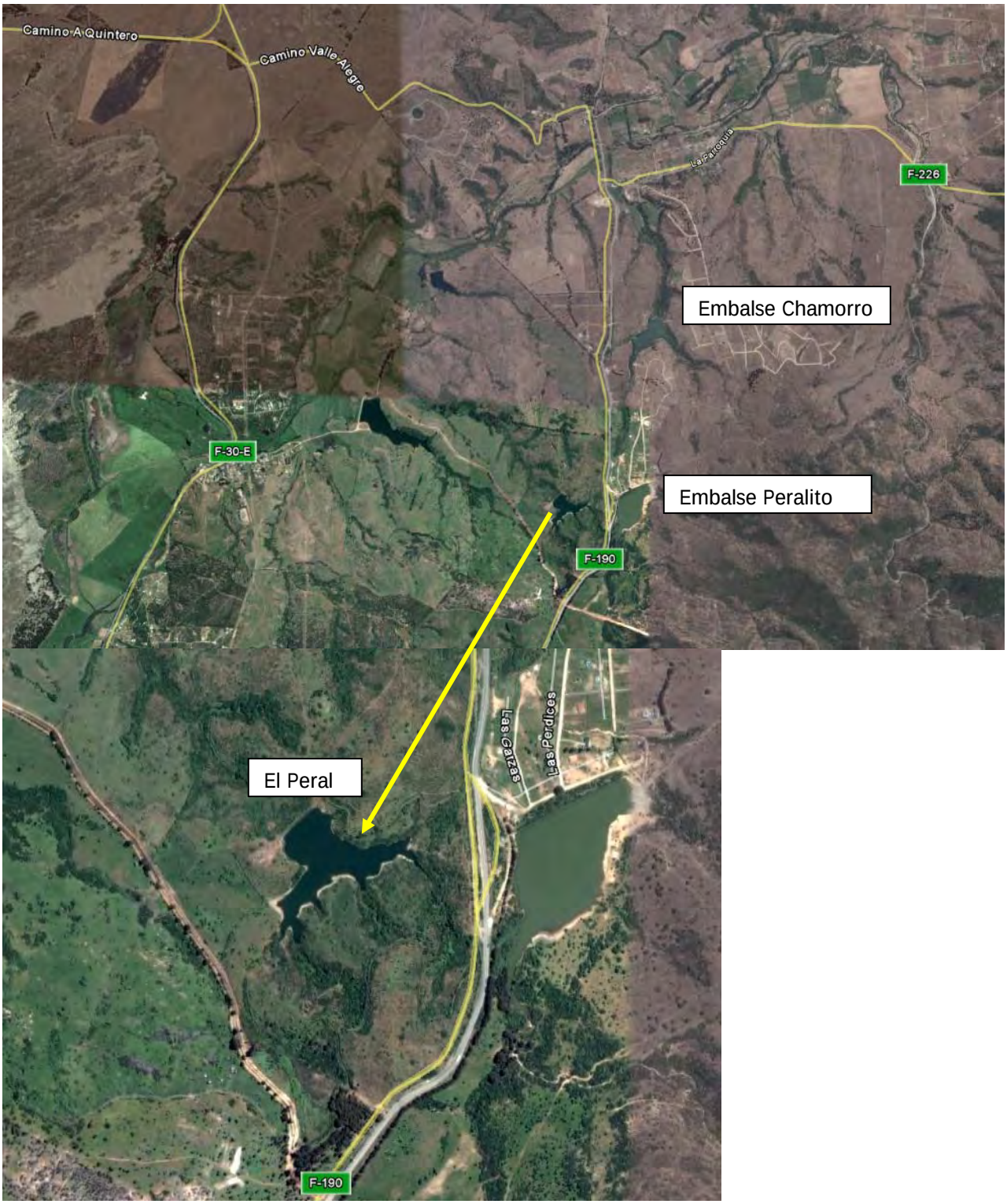
La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSE EL PERAL



Por la ruta F-30 E, Con Con – Quintero, en el Puente Santa Julia se debe tomar el camino hacia el oriente (vecinal) bordeando el estero Santa Julia. Se cruza por el muro del Embalse El Esfuerzo y por un camino que bordea las casas del Fundo Santa Julia, y se llega al Embalse El Peral.

Acceso Específico Embalse El Peral



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
- Propietarios (particulares, asociaciones de regantes, juntas de vigilancia, etc.) de cada uno de los embalses.
- Visita a terreno

4 TRABAJO DE TERRENO

4.1 Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso.

La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo de todas las regiones, Datum WGS 84, con la ubicación de cada uno de los embalses que serían diagnosticados
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
- 2 Distanciómetros laser (para mediciones de corta y larga longitud, respectivamente)
- GPS (2) Magellan
- 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 dado énfasis a la inclusión de fotos que muestren aspectos relevantes de los muros y/o de las obras anexas que conforman cada embalse.

4.2 Estado Actual del Embalse

Esta visita se hizo el día 11 de Marzo del 2010.

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.

Las fichas se incluyen en el Anexo 1. Además de la ficha, se anexan fotografías de sus principales obras.

4.3 Diagnóstico en Terreno

El embalse analizado se utiliza para riego.

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe "verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos".

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas fundamentalmente.

Las características de cada elemento del embalse se han incluido en las fichas de catastro (ver Anexo 1), mientras que a continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

- **Propiedad**

Propietario: Camilo Larraín
Domicilio: Fundo Santa Julia, Quintero.

- **Descripción:**

Al momento de la visita, el embalse se encontraba operando a un 60% de su capacidad aproximadamente.

La geometría que se pudo observar del muro del embalse es la siguiente:

Ancho coronamiento: 3 m
Largo coronamiento: 120 m
Talud de aguas arriba: 40º
Talud aguas abajo: 40º
Altura total muro: 10 m
Altura coronamiento-nivel de agua: 4 m
Altura coronamiento-pie de talud aguas abajo: 12 m

El muro está compuesto por una arcilla algo limosa de color café claro, plasticidad media y consistencia alta.

- **Vertedero**

Está formado por un canal de tierra, rústico, en el extremo Norte del muro. Se observa en buen estado y operativo. Tiene un ancho basal de 3,5 m, altura 1,0 m.

- **Cuenca Aportante**

Este embalse es alimentado por el canal El Mauco, proveniente del sistema de canales del Río Aconcagua. En forma secundaria tiene aportes de aguas lluvias; la cuenca es pequeña y existen varias quebradas menores que derivan las aguas a otros lugares.

- **Análisis de Daños:**

No se detectaron grietas ni fisuras en el coronamiento ni taludes del muro del embalse.

No se observaron filtraciones directas en el talud de aguas abajo. No obstante, se observa la presencia de humedales y vegetación al pie del talud aguas abajo, por lo que es muy probable que el embalse se encuentre con filtraciones permanentes.

- **Zona afectada en caso de falla**

  Una falla del embalse podría afectar algunos galpones y caballerizas del fundo, además de potreros forrajeros de ganado.

- **Operatividad al momento de la visita**

  En el momento de la visita, este embalse se encontraba 100% operativo. Su válvula de entrega está en buenas condiciones y operativa.

- **Operatividad en situación de lluvias**

  El vertedero lateral del que dispone el embalse está operativo y no tiene obstáculos visibles.

4.4 Recomendaciones Generales

El embalse está en perfecto estado de operatividad. No requiere medidas adicionales.

Las filtraciones que existen, pero que no son evidentes como afloramientos de agua, son antiguas, no atribuibles al sismo y se manifiestan con vegetación en el muro y el "humedal" al pie del talud aguas abajo.

Se recomienda analizar con mayor profundidad la magnitud de las filtraciones que se producen al pie del talud de aguas abajo, de modo de controlarlas.

FOTOGRAFÍAS

➢ Vistas Generales del Embalse

- **Muro**

- **Compuerta de Descarga**

- **Vertedero**

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	EMBALSE EL PERAL	
Propietario	Fundo Santa Julia, Camilo Larraín	
RUT Propietario		
Año de construcción		
Cuenca / Código DGA	Costera Ligua-Aconcagua/053	
Subcuenca / Código DGA	Cost. Est. Catapilco y Río Aconcagua/0532	
Fuente del recurso	Canal Mauco - Río Aconcagua	

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	11-03-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	Si
Altura del muro > 5 m	Si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	De Valparaíso
Provincia	Valparaiso
Comuna	Quintero
Coordenadas UTM Der	
Coordenadas UTM Centro	Norte= 6,366,198 Este=270,005
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= C= I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	X
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	X
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	x
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	120
Ancho del coronamiento	D= C= 3.0 I=
Desarrollo del talud aguas abajo	12 m
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas conocida	4.0 m
Paramentos verticales	10.0 m
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	10
Profundidad máxima de agua en sector del muro	4.0
Área estimada o calculada de la poza	870
Ancho máximo de la poza	120
Largo de la poza	58
Volumen declarado o proyectado	120,000 m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Geometría regular
Compacidad del material estructural	Alta
Uniformidad de los taludes	Uniformes
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	No
Grietas visibles y su ubicación	No
Indicios de deslizamientos y ubicación	No
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	NA
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	No
Tipo de revestimiento del muro	Muro de arcilla limosa

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	X
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	
Vertederos controlados por compuertas	X

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	
Trapezoidales	X
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	Canal Abierto
Material constructivo	Rústico, tierra
Estado de conservación y operatividad	Sin problemas, en operación.
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	Ancho 3.5 m, alto 1.0 m

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Carga tubería fierro fundido.
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	Operativo.

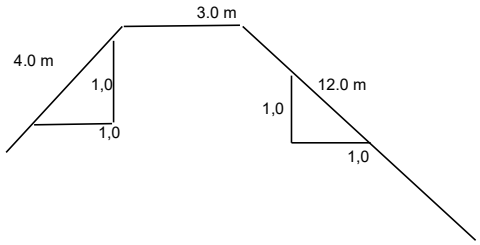
10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	Canal en dirección a campos de forraje de animales y cultivos temporada.
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	2.5
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	1.0 km
Densidad de población en las cercanías del tranque	Casas Fundo Santa Julia, galpones y caballerizas.
Distancia hacia zonas agrícolas	100 m
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	5.0 km a ruta F 30 y Puente Santa Julia
Área de riego servida por el tranque analizado	Fundo Santa Julia

11. FOTOGRAFIAS

VISTA GENERAL

SECCIÓN TÍPICA DEL MURO



MURO

VERTEDERO

12. OBSERVACIONES

Buen estado, operativo. Lleno a 60 % de su capacidad.
Su colapso afectaría solo campos, la infraestructura vial esta a 5 km y a una cota superior (puente Santa Julia).

EMBALSES
REGIÓN VII

EMBALSE VIENA
COMUNA DE RÍO CLARO

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1 Introducción 1
1.2 Objetivos Generales 2
1.3 Objetivos Específicos 2

2 ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1 Acceso al Embalse Visitado 3

3 FUENTES DE INFORMACIÓN 4

4 TRABAJO DE TERRENO 4

4.1 Metodología 4
4.2 Estado Actual del Embalse 5
4.3 Diagnóstico de Terreno 6
4.4 Recomendaciones Generales 8

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados a cada embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del embalse.

1.2 Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3 Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno de los embalses asignados; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2 ÁREA DE ESTUDIO

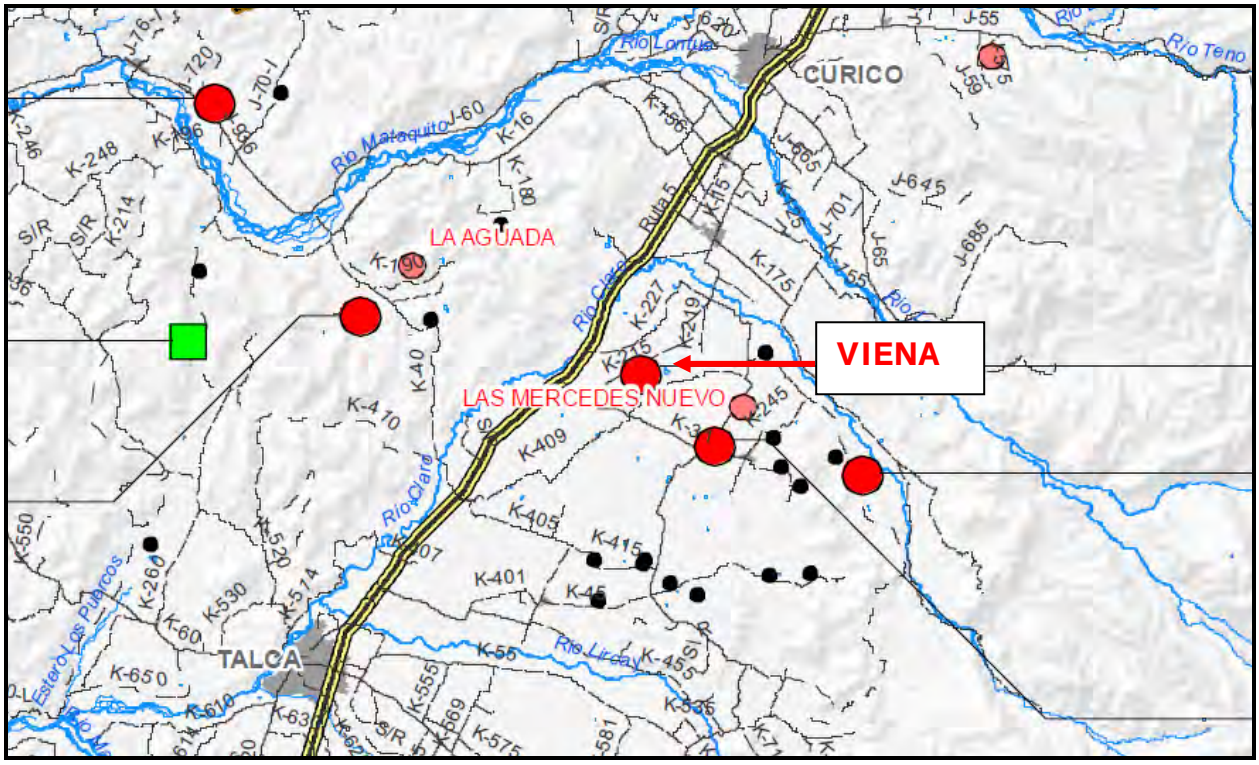
El área de estudio en esta visita corresponde a la VII Región, donde se visitó el denominado Embalse Viena; sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes.

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
	Uso	Este	Norte	msnm
Embalse Viena	19	287.795	6.100.831	247

2.1 Accesos al Embalse Visitado

La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSE VIENA



- Acceso Específico Embalse Viena, Fundo Los Robles, Cumpeo, VII Región

Por la ruta 5 Sur se debe llegar al cruce Cumpeo – Camarico, km 222 de la Ruta 5 Sur e ingresar por el hacia el oriente.

Avanzar 3 km por el camino a Cumpeo y desviarse al nororiente hacia el sector Escudo de Chile que después se denomina Camino a Molina. El recorrido aproximado es de 9,5 km.

Acceso Específico al Embalse Viena

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
- Visita a terreno.

4 TRABAJO DE TERRENO

4.1 Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso.

La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo de todas las regiones, Datum WGS 84, con la ubicación de cada uno de los embalses que serían diagnosticados
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:
- Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
- 2 Distanciómetros laser (para mediciones de corta y larga longitud, respectivamente)
- GPS (2) Magellan
- 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 dado énfasis a la inclusión de fotos que muestren aspectos relevantes de los muros y/o de las obras anexas que conforman cada embalse.

4.2 Estado Actual del Embalse

Esta visita se hizo el día 6 de Marzo del 2010.

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.

La ficha del Embalse Viena se incluye en el Anexo 1. Además de la ficha, se anexan fotografías de sus principales obras.

4.3 Diagnóstico en Terreno

El embalse Viena corresponde a un embalse de riego.

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe "verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos".

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas fundamentalmente.

Las características de cada elemento del embalse se han incluido en las fichas de catastro (ver Anexo 1), mientras que a continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

- **Embalse Viena, Provincia de Talca, Comuna de Río Claro.**

  - **Propiedad:**

    El embalse Viena se ubica en el Fundo Los Robles, el que pertenece a la empresa Gonzagri Ltda., cuyos datos son los siguientes:

    Domicilio: Arturo Prat 330, Of. 202, Curicó.
    Teléfono: 75 – 54 33 20
    Propietario: Sr. Benjamín González

  - **Descripción:**

    Se ubica en la Comuna de Río Claro al interior del Fundo Los Robles. Este embalse tiene una capacidad aproximada de 400.000 m3. Abastece de agua de riego al Fundo Los Robles (frutales). Está confinado por 3 muros de tierra homogéneos de limo y arena. El muro principal (Muro 1) tiene una orientación Norte Sur y una longitud de 313 m. El muro Sur (Muros 2 y 3) tiene una longitud de 327 m, con un ancho de coronamiento de 3,5 m; la longitud máxima del talud es de 9 m, con un promedio de 7 m; el ángulo del pie con respecto a la horizontal varía entre 42° y 46°, se infiere que el talud es 1:1. De aquí se deduce que la altura máxima es 6.7 m y una media de 5,0 m.

    Posiblemente el muro esté fundado sobre un estrato de suelo arcilloso bajo el cual se debería encontrar un depósito fluvial del Río Claro.

El año 2009 tuvo una reparación mayor en que se usó una cubierta de bolones como contención aguas arribas del muro, y como geotextil aparentemente se utilizaron sacos plásticos unidos.

- **Vertedero:**

El vertedero lateral corresponde a un canal que recoge las excedencias aguas arriba. Existe un vertedero de fondo en el muro 2 accionado por una válvula de compuerta, la que al momento de la visista se desconoce si funciona en forma correcta.

- **Cuenca Aportante**

Este embalse se alimenta de un canal proveniente del Río Claro. La cuenca está dividida por campos y canales de riego que interceptan las aguas. Directamente hacia aguas arribas se estima la cuenca en 3.150 ha, aproximadamente.

- **Análisis de Daños**

De acuerdo con lo informado en terreno, antes del sismo del 27 de Febrero de 2010 no existían fisuras o grietas en el coronamiento del muro. Por lo tanto, a consecuencia del sismo ocurrido los Muros 1, 2 y 3 tienen grietas longitudinales en el 75 % de su longitud; se trata de grietas profundas de corte, de más de 2 m de profundidad en varios sectores.

Existen importantes derrumbes hacia aguas arriba, que en varios sectores de los Muros 1, 2 y 3 provoca que el ancho de coronamiento se reduzca a 1,5 m (principalmente en el Muro 2).

No existen filtraciones hacia aguas abajo.

Las grietas se observan con descensos significativos, signo inequívoco de que el muro se encuentra colapsado y que el talud construido aguas arriba (aparentemente 1:1) no fue suficiente para soportar el sismo ocurrido. Las fallas observadas son típicas de muros con taludes empinados en suelos no significativamente cohesivos.

El talud aguas abajo presenta una falla similar en un tramo localizado, esto quiere decir que la inclinación de ese talud fue adecuada a la magnitud de este sismo. La diferencia fundamental entre un lado del muro y otro es la existencia de agua en el talud de aguas arriba, lo que naturalmente cambia su condición de diseño.

- **Zona afectada en caso de falla**

La zona potencialmente afectada está constituida por plantaciones de manzanos y un potrero preparado para plantar otros frutales. No afecta población o infraestructura vial en forma inmediata. A 600 m al Sur del embalse pasa el camino de Camarico a Molina, y en su costado Sur existe un sector con 13 casas y un galpón.

Con la cantidad de agua embalsada que el embalse tiene hoy, un colapso del muro no produciría daños a las personas, viviendas o infraestructura vial, sólo a las plantaciones antes señaladas.

- **Operatividad al momento de la visita**

Al momento de la visita el embalse tenía un tercio de su capacidad total, no existe suministro eléctrico por lo que no se ha probado el funcionamiento de las bombas. La estructura de hormigón que soporta una tubería de captación ha colapsado, no se ve que la tubería tenga daños. El vertedero de fondo existente en el Muro 2 tampoco ha sido probado.

El embalse puede operar mediante el uso de bombas de las que dispone el predio (petroleras y eléctricas).

- **Operatividad en situación de lluvias**

El vertedero lateral del que dispone el embalse está operativo, sin embargo comienza a funcionar cuando el nivel de aguas alcanza su cota máxima.

Considerando los daños del embalse, se recomienda que el nivel de agua no supere una altura de un 30% de la altura máxima.

4.4 Recomendaciones Generales

En este caso, la DGA debe oficiar al propietario del Fundo Los Robles, en orden a requerir la pronta reparación del embalse con apego a la normativa técnica vigente. Las recomendaciones más importantes y urgentes son las siguientes:

- No superar la altura actual de agua en el embalse, puede provocar un colapso mayor del muro y provocar el vaciado de éste.

- En cuanto se pueda, se debe vaciar el embalse, remover toda la zona de falla, recolocar en forma controlada el material con un talud adecuado al sismo de diseño.

- Hay que destacar que para determinar en forma más precisa las labores de reparación que se requieren, es necesario realizar un estudio específico de estabilidad de taludes que considere el tipo de material de la presa y la geometría a lograr para efectos de un sismo acorde a la NCh 433. Igual verificación se debe hacer para el talud de aguas abajo.

- Mientras el embalse se mantenga en el estado en que está actualmente, se recomienda que los niveles de agua se mantengan controlados; no llenar el embalse más allá del 30 % de su capacidad. De acuerdo con las mediciones hechas en terreno, la cota de agua que corresponde al 30 % de su capacidad es de 3,5 m medidos en vertical desde la cota de coronamiento del muro.

- Dado que no se ha verificado el correcto funcionamiento del vertedero de fondo, se debiera excavar el vertedero lateral, bajando la cota de salida para asegurar que el embalse no supere el 30% de su cota de aguas máximas.

- Una vez ejecutada la reconstrucción del muro, el llenado debe ser controlado por etapas a ½, ¾ y el total de la altura. Cada vez que se cumpla una etapa se debe esperar dos días para continuar con la otra, a fin de verificar o descartar posibles filtraciones.

- Se recomienda instalar reglas limnimétricas para el control de los niveles del embalse.

FOTOGRAFÍAS

EMBALSE VIENA
COMUNA DE RÍO CLARO

EMBALSE VIENA
ZONAS CON DAÑOS

FOTOS MURO 1

MURO 2

SECTOR UNIÓN MUROS 2 Y 3

MURO 3

MURO 3

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	Embalse Viena	
Propietario	Fundo Los Robles - Benjamin Gonzalez	
RUT Propietario		
Año de construcción	Reparación mayor año 2009	
Cuenca / Código DGA	rio maule/073	
Subcuenca / Código DGA	rio claro/0737	
Fuente del recurso	Río Claro	

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	05-03-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	Si
Altura del muro > 5 m	Si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Del Maule
Provincia	Talca
Comuna	Rio Claro
Coordenadas UTM Der	
Coordenadas UTM Centro	Norte= 6100831 Este=287795
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= C= 247 m I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	X
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	X
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos: Captación desde canal con compuerta y cámara.	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	578
Ancho del coronamiento	D= C= 3.0 I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= 40° I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= 40° I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	9.2
Profundidad máxima de agua en sector del muro	7.5
Área estimada o calculada de la poza	10.80 Ha
Ancho máximo de la poza	370
Largo de la poza	310
Volumen declarado o proyectado [m3]	404,550

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Geometría Regular, muro en mal estado.
Compacidad del material estructural	Derrumbes. En zonas sanas el muro es compacto.
Uniformidad de los taludes	Si.
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	Si, tres depresiones importantes de longitud media 6 m.
Grietas visibles y su ubicación	Longitudinales en coronamiento.
Indicios de deslizamientos y ubicación	Si, en todo el muro hacia el interior.
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	No se aprecian sectores saturados.
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	No se observan filtraciones.
Tipo de revestimiento del muro	Muro de Tierra (arcilla) homogéneo

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	X
Vertederos laterales	X
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	
Vertederos controlados por compuertas	X

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	X
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	X

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	Vertedero Lateral, canal en tierra
Material constructivo	Tierra.
Estado de conservación y operatividad	Operativo, canal limpio. Compuertas de vertero inferior operativa
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	60x80 (ancho x alto)

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Hormigón.
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	Desconocido.

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	No existe cauce, solo plantaciones.
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	7:0 km, sector Escudo de Chile.
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	NA
Densidad de población en las cercanías del tranque	Baja
Distancia hacia zonas agrícolas	Inmerso en zonas agrícolas
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	1.0 Km, camino Camarico a Molina
Área de riego servida por el tranque analizado	Desconocida. Fundo Los Robles.

11. MONOGRAFÍA

Planta del muro (forma y dimensiones)

Obra de evacuación

12. OBSERVACIONES

Embalse Viena pertenece a Fundo Los Robles, propiedad de Benjamín Gonzalez.
El embalse fue reparado el año 2009, en que se instaló enrocado de protección al muro (se ven bolones, nada de rocas), se usaron
sacos plásticos en lugar de geotextil.
Tiene grietas y desprendimientos en el 75 % de la longitud del muro.
No existe filtración hacia el exterior del embalse.
Se considera que es recuperable.
Cuidador del fundo permitió el paso, no fue posible hablar con el administrador o propietarios.

SEGUNDA VISITA
EMBALSE VIENA

INDICE

1. Introducción 1

2. Recomendaciones Efectuadas en base a la Primera Visita.....1

2.1. Recomendaciones Generales.....1

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita 2

EMBALSE VIENA
SEGUNDA VISITA TECNICA

1. Introducción

Debido al terremoto ocurrido en la zona central sur del país el 27 de febrero del año en curso, muchas represas sufrieron considerables daños en su estructura y obras anexas. Por este motivo, la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas efectuó un proceso de fiscalización de la situación que presentan varios embalses en el área afectada por dicho terremoto. Dicha fiscalización entregó para cada uno de los embalses visitados recomendaciones para las reparaciones, en caso que estas fueran necesarias.

Como una segunda etapa al proceso de fiscalización, se efectuó una segunda visita a los embalses ya visitados, para examinar la situación que presentaban estos embalses a varios meses de entregado el primer informe.

Como parte de estas segundas visitas, se encargó a la Consultora Aquaterra Ingenieros Ltda. la inspección del Embalse Viena, ubicado en la comuna de Río Claro, VII Región. Las coordenadas UTM, Datum WGS 84, del embalse son: 287.795 Este y 6.100.831 Norte.

En la Inspección, que se efectuó el día Sábado 18 de Diciembre de 2010, participaron los ingenieros civiles Jaime Vargas y Kricor Bzdigian.

2. Recomendaciones Efectuadas en base a la Primera Visita

Como consecuencia de la primera visita se elaboró un informe con las recomendaciones generales que se incluyen a continuación:

2.1. Recomendaciones Generales

Las recomendaciones más importantes y urgentes fueron las siguientes:

- No superar la altura actual de agua en el embalse, puede provocar un colapso mayor del muro y provocar el vaciado de éste.

- En cuanto se pueda, se debe vaciar el embalse, remover toda la zona de falla, recolocar en forma controlada el material con un talud adecuado al sismo de diseño.

- Hay que destacar que para determinar en forma más precisa las labores de reparación que se requieren, es necesario realizar un estudio específico de estabilidad de taludes que considere el tipo de material de la presa y la geometría a lograr para efectos de un sismo acorde a la NCh 433. Igual verificación se debe hacer para el talud de aguas abajo.

- Mientras el embalse se mantenga en el estado en que está actualmente, se recomienda que los niveles de agua se mantengan controlados; no llenar el embalse más allá del 30 % de su capacidad. De acuerdo con las mediciones hechas en terreno, la cota de agua que corresponde al 30 % de su capacidad es de 3,5 m medidos en vertical desde la cota de coronamiento del muro.

- Dado que no se ha verificado el correcto funcionamiento del vertedero de fondo, se debiera excavar el vertedero lateral, bajando la cota de salida para asegurar que el embalse no supere el 30% de su cota de aguas máximas.

- Una vez ejecutada la reconstrucción del muro, el llenado debe ser controlado por etapas a ½, ¾ y el total de la altura. Cada vez que se cumpla una etapa se debe esperar dos días para continuar con la otra, a fin de verificar o descartar posibles filtraciones.

- Se recomienda instalar reglas limnimétricas para el control de los niveles del embalse.

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita

Al momento de efectuarse la segunda visita, el muro del embalse Viena presentaba signos de reparación, pero temporales e insuficientes. A continuación se señala lo que se pudo observar en esta segunda visita:

- Durante la época en que comenzaron a efectuarse las labores de reparación, trabajos que duraron 1 mes, comenzaron las lluvias y hubo que suspender dicha reparación.
- Las labores de reparación que alcanzaron a efectuarse consistieron en la remoción del material del muro hasta aproximadamente 1 a 2 m desde el nivel de terreno original, para luego colocar material seleccionado y compactado con

rodillo. Las densidades de compactación fueron controladas a través de un laboratorio ubicado en Talca.

- El trabajo faltante consiste en rellenar los 2 extremos de los muros (aproximadamente 1 m de altura), de modo que queden a la misma altura que en la parte central.
- A raíz de las lluvias y del fuerte oleaje en el embalse, se fueron produciendo socavaciones puntuales en el talud de aguas arriba, lo que produjo deslizamientos de dicho talu. Debido a ello, se colocó una manga plástica en el tercio central del muro.
- El ancho de coronamiento del muro, en algunos sectores, alcanza de 10 a 12 m, lo que da seguridad al funcionamiento estructural de éste, independiente de la presencia de algunas grietas menores.
- Es recomendable que la manga plástica se coloque a lo largo de todo el muro del embalse.
- Por el lado Norte del muro, se observaron filtraciones al pie.
- Según lo señalado por don Hernán Gajardo, encargado de la operación del embalse, los trabajos de reparación continuarán a fines de Febrero y principios de Marzo del 2011.
- No obstante que al momento de la visita el embalse se encontraba operativo, se recomienda concluir los trabajos antes señalados para que éste pueda operar con normalidad y seguridad.

A continuación se incluyen algunas fotografías que describen la situación actual del embalse Viena.

Grietas Observadas en la Primera Visita

Mismo Sector Observado en la Segunda Visita

Grietas en Sector Balsa de Bombeo

Mismo Sector Observado en Segunda Visita (mirado desde ángulo contrario)

Derrumbes Observados en Primera Visita

Mismo Sector Observado en Segunda Visita

Protección de Talud de Aguas Arriba Con Manga Plástica (sector tercio central)

Zona Donde se Observa parte del Desnivel que Falta por Nivelar

Zona de Talud de Aguas Arriba Socavada
(necesario colocar manga plástica)

Filtraciones al Pie

EMBALSE RINCONADA DE ITAHUE
COMUNA DE MOLINA

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1. Introducción 1

1.2. Objetivos Generales 2

1.3. Objetivos Específicos 2

2. ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1. Accesos al Embalse Visitado 3

3. FUENTES DE INFORMACIÓN 5

3.1. Antecedentes Geológicos 6

3.2. Antecedentes Geotécnicos 8

4. TRABAJO DE TERRENO 9

4.1. Metodología 9

4.2. Estado Actual del Embalse 9

4.3. Diagnóstico en Terreno 10

4.3.1. Propiedad 11
4.3.2. Descripción General 11
4.3.3. Vertedero 13
4.3.4. Cuenca Aportante 13
4.3.5. Zona afectada en caso de falla 13
4.3.6. Operatividad al momento de la visita 13
4.3.7. Operatividad en situación de lluvias 14

4.4. Conclusiones 14

4.5. Recomendaciones 14

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados al embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del mismo.

1.2. Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3. Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno del embalse asignado; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2. ÁREA DE ESTUDIO

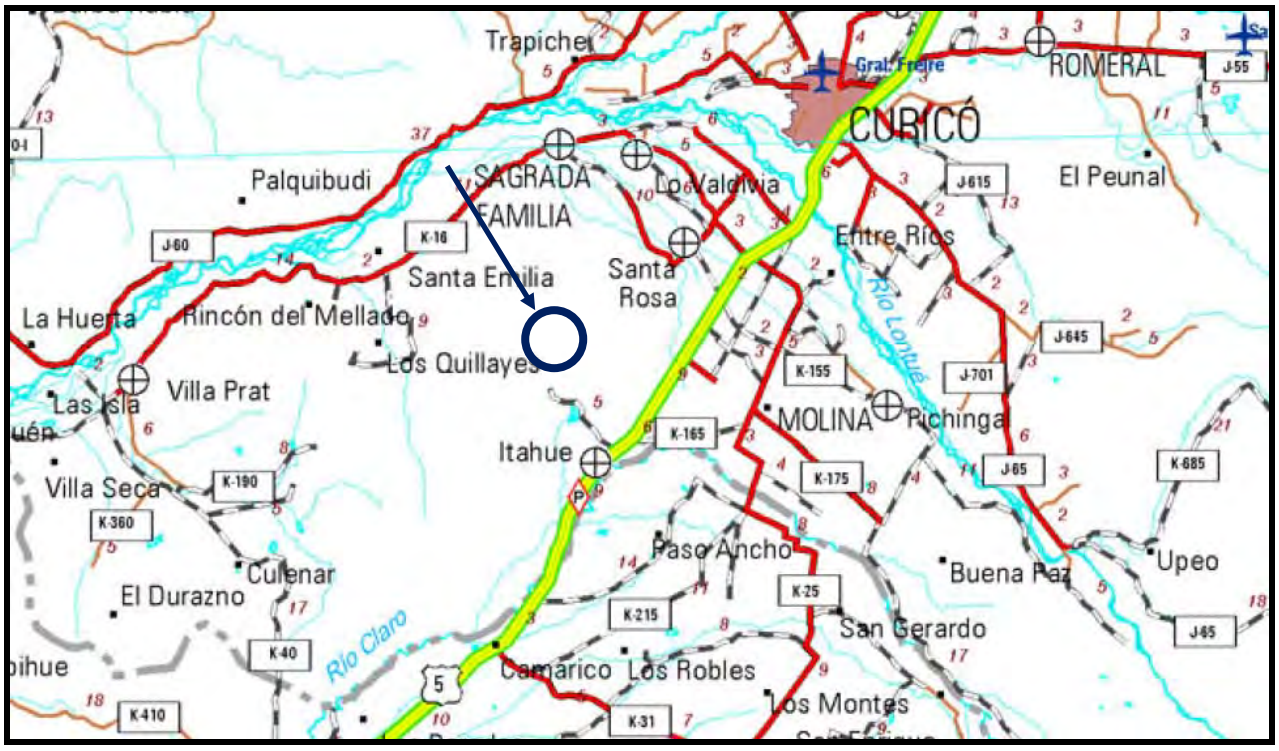
El área de estudio en esta visita corresponde a la VII Región del Maule, comuna de Molina, Provincia de Curicó, donde se visitó el denominado Embalse Rinconada de Itahue; sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes (centro del muro).

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
	Uso	Norte	Este	msnm
Embalse Rinconada de Itahue	19	6.110.920	282.769	219

2.1. Accesos al Embalse Visitado

La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

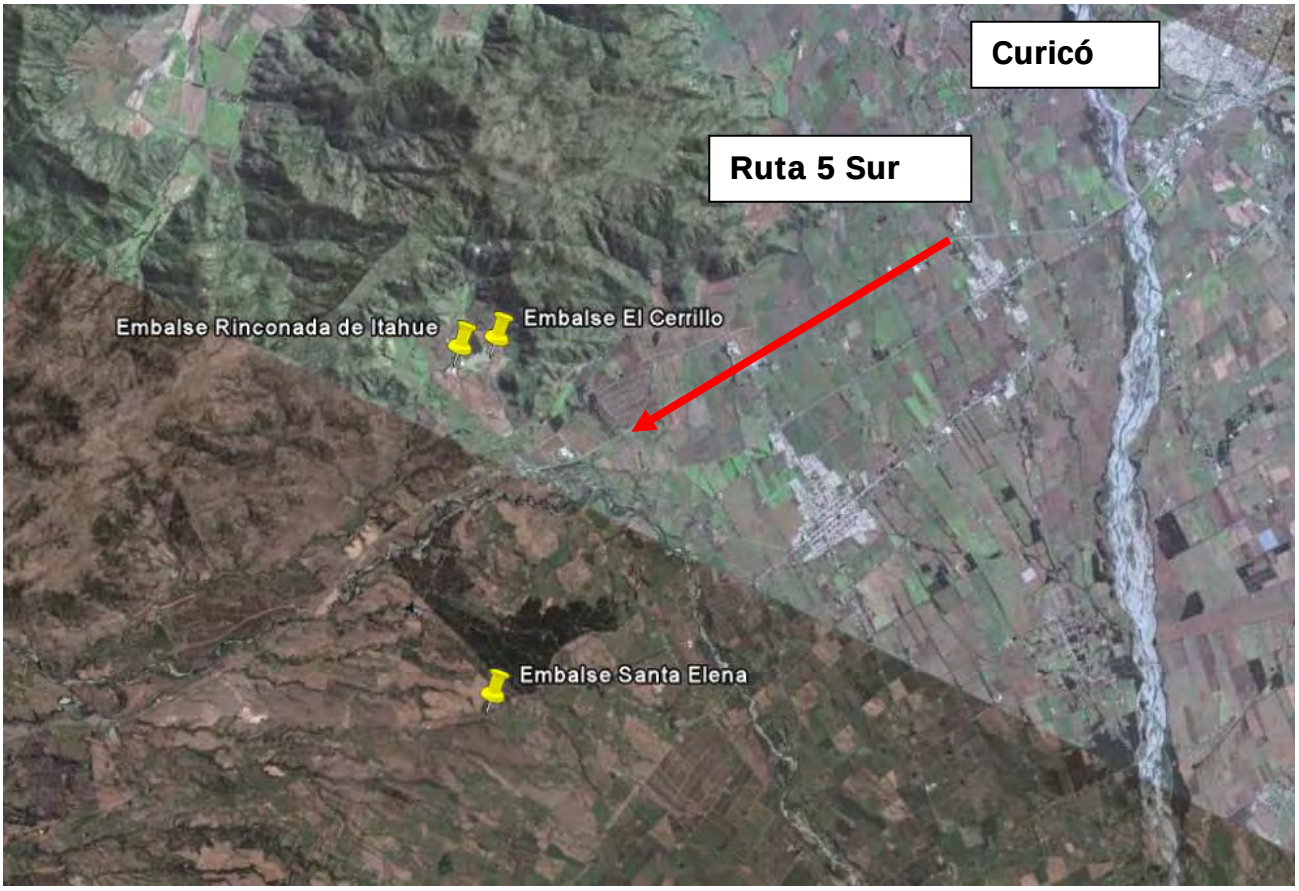
FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSE RINCONADA DE ITAHUE



- **Acceso Específico Embalse Rinconada de Itahue**

Por la ruta 5 Sur, de Norte a Sur, pasar por Curicó y seguir hacia el Sur. Antes de llegar a Itahue (1,6 km antes) doblar hacia la derecha por enlace Pulmodón Itahue Ruta 5 Sur. Desde dicho enlace avanzar 1 km hacia el Oeste; luego doblar a la derecha por 300 m y luego a la izquierda avanzando por 1,4 km, doblar nuevamente a la izquierda y a 800 m se llega al embalse Rinconada de Itahue; está muy cerca del embalse El Cerrillo, ubicándose a 200 m al Oeste de éste.

UBICACIÓN ESPECÍFICA



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
- Visita a terreno.
- Carta Geológica de Chile

3.1. Antecedentes Geológicos

La geología de la cuenca del Maule posee diversas formaciones rocosas entre ellas destacan:

- **Sector bajo de la cuenca:**

Rocas Jig, del tipo intrusiva del Jurásico Inferior. Dioritas, gabros y monzodioritas de piroxeno, dioritas cuarcíferas y granodioritas y tonalitas de hornblenda y biotita.

Rocas Pz4a, del tipo metamórficas del Silúrico-Carbonífero. Esquistos muscovíticos y metabasales, metachert y serpentinas con metamorfismos de alto gradiente P/T y metamorfismo del Carbonífero Temprano.

Rocas Pz4b, del tipo sedimentaria del Silúrico-Carbonífero. Pizarras, filitas y metareniscas con metamorfismo de bajo gradiente del carbonífero temprano.

Rocas CPg, del tipo intrusiva del Carbonífero-Pérmico. Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas de hornblenda y biotita, localmente de muscovita.

Rocas Kia2, del tipo volcano-sedimentario del Cretácico inferior alto-cretácico superior bajo. Secuencias sedimentarias sedimentarias y volcánicas, rocas epiclásticas, piroclásticas, lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.

- **Sector medio de la cuenca:**

Rocas Pl3t, del tipo volcánicas del Pleistoceno. Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso.

Rocas Q1, del tipo sedimentarias del Pleistoceno-Holoceno. Depósitos aluviales coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.

Rocas Kia3, del tipo volcánicas del Cretácico inferior alto. Secuencias y complejos volcánicos continentales, lavas y brechas basálticas a andesíticas, rocas piroclásticas, andesíticas a riolítcas.

Rocas Ki2m, del tipo volcanosedimentario del Neocomiano. Secuencias volcánicas y sedimentarias marinas; lavas andesíticas y basálticas, tobas y brechas volcánicas y sedimentarias de areniscas y calizas fosilíferas Rocas Tr1m, del tipo sedimentario del Triásico Superior. Secuencias sedimentarias marinas y transicionales; areniscas conglomerados, limonitas y calizas.

- **Zona alta de la cuenca:**

Rocas OM2c, del tipo volcanosedimentario del Oligoceno-Mioceno. Secuencia volcanosedimentaria; lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas.

Rocas PPl3, del tipo volcánicas del Plioceno-Pleistoceno. Secuencias y centros volcánicas parcialmente erodados, lavas basálticas con intercalaciones de tobas y conglomerados.

Rocas Q3i, del tipo volcánico del Cuaternario. Estrato volcanes y complejos volcánicos; lavas basálticas a riolíticas, domos y depósitos piroclásticos andesíticos-basálticos a dacíticos; principalmente calcoalcalinos.

Rocas Mg, del tipo intrusiva del Mioceno. Granodioritas, dioritas, tonalitas.

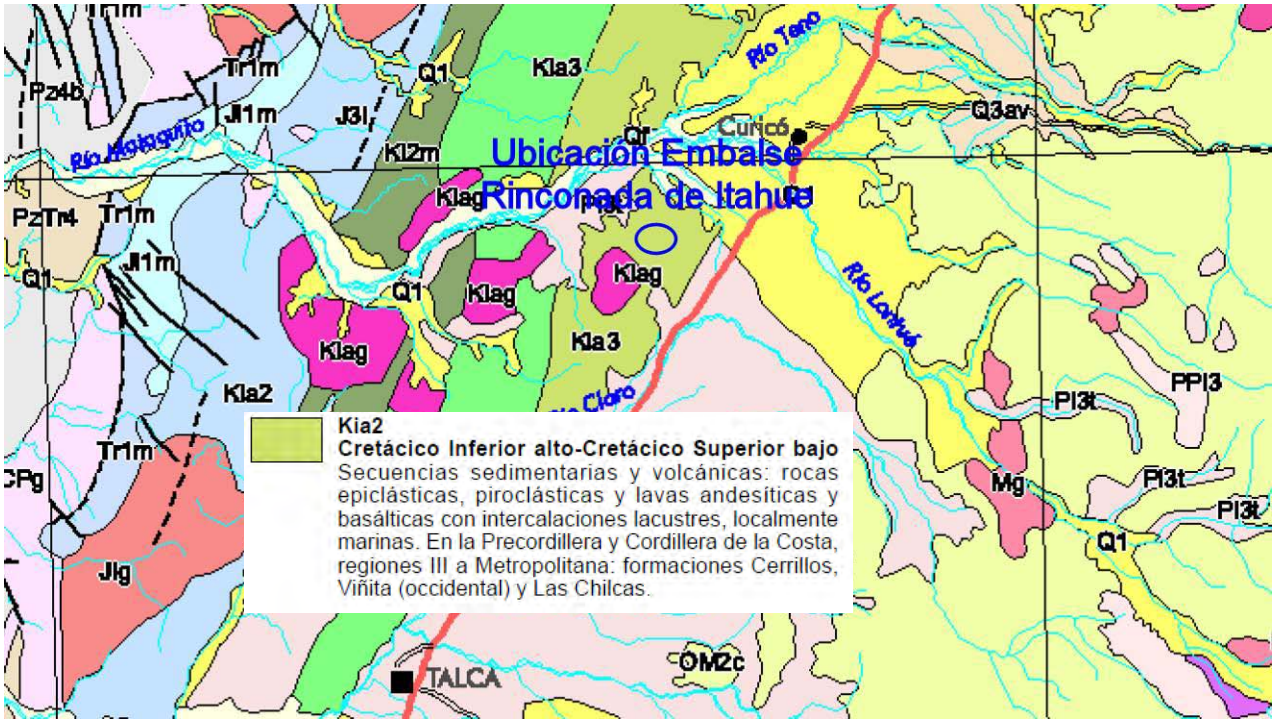
Rocas PPl1r, del tipo sedimentaria del Plioceno-Pleistoceno. Depósitos de remoción en masa: brechas polimicticas con matriz de arena-limo en proporción variable de flujo o deslizamiento gravitacional.

En la cuenca existe influencia volcánica por los volcanes Descabezado Grande (Estratovolcán, histórico cuya última erupción fue registrada en junio de 1932), Descabezado Chico, Quizapu, Nevado de Longaví (Estratovolcanes del Holoceno sin registro de su última erupción), San Pedro (Estratovolcanes del Holoceno sin registro de su última erupción) y volcán Laguna del Maule (Estratovolcanes del Holoceno sin registro de su última erupción).

En particular, la zona del proyecto se encuentra en la unidad Pl3t.

En la siguiente figura se muestra la geología de la zona de interés.

Mapa Geológico del Sector



3.2. Antecedentes Geotécnicos

De la visita efectuada, en la cual se observaron cortes en diferentes sectores cercanos al embalse Rinconada de Itahue, es posible establecer que los suelos donde se encuentra fundado el embalse corresponden a arenas limosas compactas, de color café claro. Son suelos de plasticidad baja, compacidad alta, humedad natural baja y permeabilidad de media a baja.

En cuanto a la presa misma, esta se encuentra formada por rellenos de arenas limosas (correspondiente a los mismos materiales indicados en el párrafo anterior), de color café claro. La compacidad que tienen los materiales colocados en el muro es desconocida, su plasticidad es de media a baja y la permeabilidad asociada es de media a baja.

4. TRABAJO DE TERRENO

4.1. Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso. La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo y coordenadas de los embalses que serían diagnosticados.
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:
  - Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
  - 1 Distanciómetro laser (PCE-LRF 600) y una huincha metálica (para mediciones de larga y corta longitud, respectivamente)
  - GPS (2) Magellan
  - 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

4.2. Estado Actual del Embalse

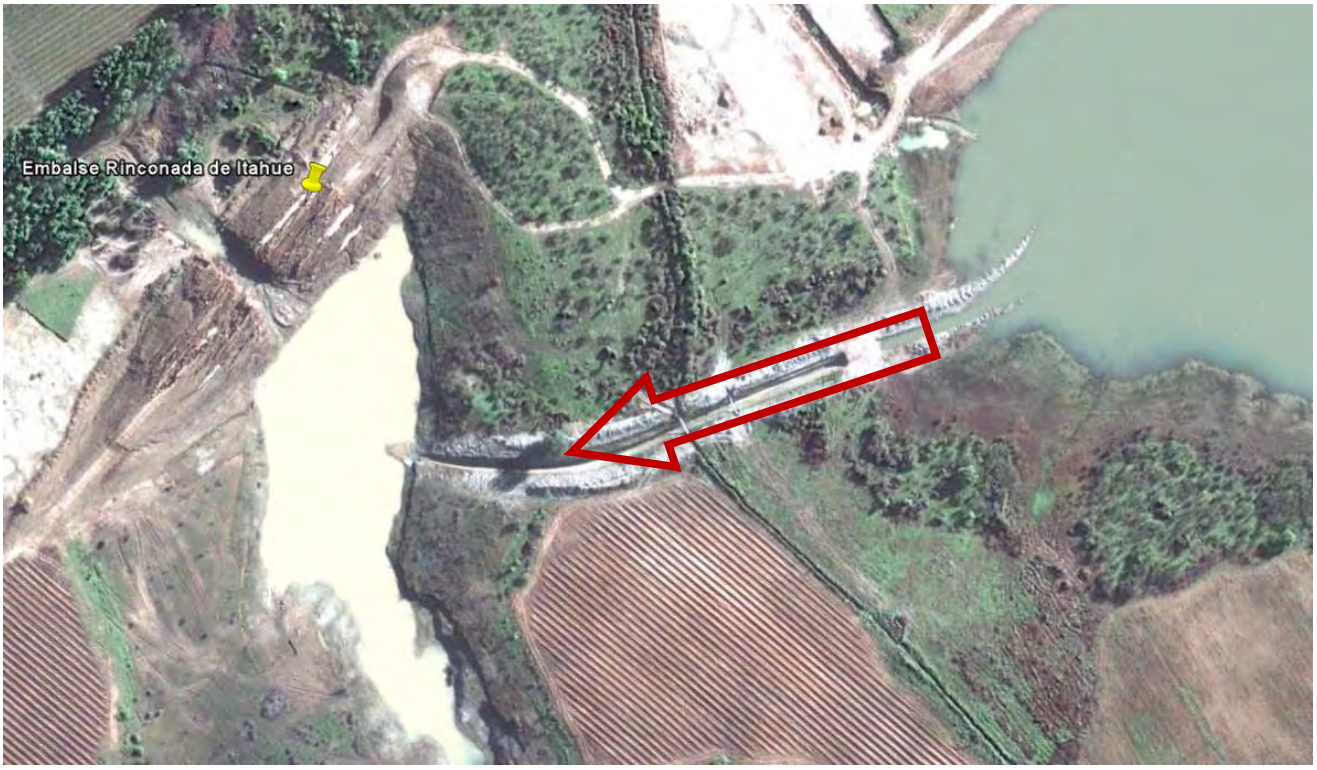
La visita al embalse Rinconada de Itahue se realizó el día Lunes 6 de Septiembre de 2010.

La ficha de registro del embalse, cuyo formato fue entregado por la DGA, está organizada en tres Grupos de identificación; Antecedentes Generales, Ubicación del Embalse y Antecedentes Técnicos. Esta ficha no fue llenada debido a que el embalse se encuentra destruido.

4.3. Diagnóstico en Terreno

El embalse Rinconada de Itahue, tiene como uso en riego, pero hoy se encuentra destrudido por el terremoto. Tiene una conexión directa con el Embalse El Cerrillo a través de una zanja de 8 m de altura y taludes 4:1 (V:H).

Conexión Embalses El Cerrillo y Rinconada de Itahue



Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe “verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos”.

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas e infraestructura fundamentalmente.

A continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

4.3.1. Propiedad

Los propietarios del embalse son:

Martino Semprevivo, José Devillaine, Angela Devillaine, Rinaldo Semprevivo, Bruno Devillaine y Gino Solari.

Los datos de contacto son:

- Administrador Sr. Martino Semprevivo:98860269

4.3.2. Descripción General

Conforme a lo observado el muro del embalse Rinconada de Itahue corresponde a una presa homogénea, orientada aproximadamente en dirección norte-sur. La longitud del muro es de aproximadamente 240 m; la altura máxima del muro es de unos 7 m.

En cuanto a la situación actual de la presa, esta es de destrucción total. Durante la visita fue posible constatar gravísimos daños en el muro.

Al momento de la visita el embalse se encontraba sin agua ya que se había materializado un canalón para evitar que el embalse juntara agua.

Los daños corresponden a deslizamientos completos de gran parte del muro. La longitud de la zona destruida es casi toda la extensión del muro.

Se presenta, a continuación, una serie de fotografías de los daños producidos por el terremoto del 27 de febrero en el embalse.

Vista del Coronamiento Desde el Centro Hacia el Estribo Norte

Vista del Coronamiento Desde el Centro al Estribo Sur

Forado para Evacuar el Agua del Embalse

4.3.3. Vertedero

No se observó ni tampoco se informó que existiera vertedero

4.3.4. Cuenca Aportante

El embalse Rinconada de Itahue se alimenta del embalse El Cerrillo, y su cuenca aportante es un porcentaje mínimo de la del embalse El Cerrillo.

4.3.5. Zona afectada en caso de falla

De acuerdo con lo observado en terreno y lo señalado por el operador del embalse, no existen zonas potenciales de falla.

4.3.6. Operatividad al momento de la visita

Al momento de la visita, el embalse no se encontraba operativo.

4.3.7. Operatividad en situación de lluvias

De acuerdo con lo informado por el encargado de la operación del embalse Sr. Martirio Seprevivo, nunca han tenido problemas en situaciones de lluvias importantes.

4.4. Conclusiones

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

i) El muros del embalse Rinconada de Itahue presentan graves deslizamientos y grietas longitudinales en prácticamente toda su extensión.
ii) Los deslizamientos involucran la totalidad del muro, mientras que las grietas son de tal magnitud en su extensión y profundidad que no hacen posible considerar una reparación parcial.
iii) Las grietas tienen espesores variables entre cincuenta centímetros y dos metros.
iv) La profundidad de las grietas probablemente involucra todo el muro
v) La erosión producida por el oleaje en el talud de aguas arriba, que dejó la parte superior del talud muy empinada, fue un factor que incrementó los daños producidos por el terremoto.

4.5. Recomendaciones

a) Acciones Inmediatas

Se considera, que la situación actual del embalse Rinconada de Itahue es de extremo peligro. Bajo ninguna circunstancia se deberá permitir el llenado (ni total ni parcial) del embalse. Es más, se considera necesario impedir que el agua del embalse El Cerrillo alimente el embalse (ello ya se cumple hoy en día pues la alimentación está cerrada.

b) Reparaciones Necesarias

Se considera que no es posible reparar los daños existentes en los muros del embalse Rinconada de Itahue, sin llegar a una reconstrucción casi completa. Para estos efectos se requiere de un proyecto de ingeniería que establezca mediante un modelación matemática de la presa, que considere además un sismo de diseño adecuado, los taludes tanto de aguas arriba como de aguas abajo que garanticen un funcionamiento seguro tanto para la situación estática como dinámica.

SEGUNDA VISITA
EMBALSE RINCONADA DE ITAHUE

INDICE

1. Introducción 1

2. Conclusiones y Recomendaciones efectuadas en base a la Primera Visita. 1

2.1. Conclusiones.....1

2.2. Recomendaciones 2

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita 2

EMBALSE RINCONADA DE ITAHUE
SEGUNDA VISITA TECNICA

1. Introducción

Debido al terremoto ocurrido en la zona central sur del país el 27 de febrero del año en curso, muchas represas sufrieron considerables daños en su estructura y obras anexas. Por este motivo, la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas efectuó un proceso de fiscalización de la situación que presentan varios embalses en el área afectada por dicho terremoto. Dicha fiscalización entregó para cada uno de los embalses visitados recomendaciones para las reparaciones, en caso que estas fueran necesarias.

Como una segunda etapa al proceso de fiscalización, se efectuó una segunda visita a los embalses ya visitados, para examinar la situación que presentaban estos embalses a varios meses de entregado el primer informe.

Como parte de estas segundas visitas, se encargó a la Consultora Aquaterra Ingenieros Ltda. la inspección del Embalse Rinconada de Itahue, ubicado en la comuna de Molina, VII Región. Las coordenadas UTM, Datum WGS 84, del embalse son: 282.769 Este y 6.110.920 Norte.

En la Inspección, que se efectuó el día Domingo 19 de Diciembre de 2010, participaron los ingenieros civiles Jaime Vargas y Kricor Bzdigian.

2. Conclusiones y Recomendaciones efectuadas en base a la Primera Visita.

Como consecuencia de la primera visita, se elaboró un informe con conclusiones y recomendaciones para la reparación del muro del embalse. Dichas conclusiones y recomendaciones fueron las siguientes:

2.1. Conclusiones

i) El muros del embalse Rinconada de Itahue presentan graves deslizamientos y grietas longitudinales en prácticamente toda su extensión.

ii) Los deslizamientos involucran la totalidad del muro, mientras que las grietas son de tal magnitud en su extensión y profundidad que no hacen posible considerar una reparación parcial.
iii) Las grietas tienen espesores variables entre cincuenta centímetros y dos metros.
iv) La profundidad de las grietas probablemente involucra todo el muro
v) La erosión producida por el oleaje en el talud de aguas arriba, que dejó la parte superior del talud muy empinada, fue un factor que incrementó los daños producidos por el terremoto.

2.2. Recomendaciones

a) Acciones Inmediatas

Se considera, que la situación actual del embalse Rinconada de Itahue es de extremo peligro. Bajo ninguna circunstancia se deberá permitir el llenado (ni total ni parcial) del embalse. Es más, se considera necesario impedir que el agua del embalse El Cerrillo alimente el embalse (ello ya se cumple hoy en día pues la alimentación está cerrada.

b) Reparaciones Necesarias

Se considera que no es posible reparar los daños existentes en los muros del embalse Rinconada de Itahue, sin llegar a una reconstrucción casi completa. Para estos efectos se requiere de un proyecto de ingeniería que establezca mediante un modelación matemática de la presa, que considere además un sismo de diseño adecuado, los taludes tanto de aguas arriba como de aguas abajo que garanticen un funcionamiento seguro tanto para la situación estática como dinámica.

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita

Al momento de efectuarse la segunda visita, el embalse Rinconada de Itahue presenta las mismas características de destrucción total que lo observado en la primera visita; no se ha llevado a cabo ningún tipo de reparación. Al momento de la visita había algo de agua en el embalse (acumulación de aguas lluvias, nivel de agua aproximadamente bajo los 4 m del coronamiento del sector del muro destruido); el embalse no se encuentra operativo ni en condiciones de operar bajo ningún punto de vista.

A continuación se presentan algunas fotografías obtenidas en esta segunda visita.

Varias Fotografías Muro Norte Destruido

Agua en el Embalse Destruido

EMBALSE EL CERRILLO
COMUNA DE MOLINA

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1. Introducción 1

1.2. Objetivos Generales 2

1.3. Objetivos Específicos 2

2. ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1. Accesos al Embalse Visitado 3

3. FUENTES DE INFORMACIÓN 5

3.1. Antecedentes Geológicos 5

3.2. Antecedentes Geotécnicos 7

4. TRABAJO DE TERRENO 8

4.1. Metodología 8

4.2. Estado Actual del Embalse 8

4.3. Diagnóstico en Terreno 9

4.3.1. Propiedad 9
4.3.2. Descripción General 9
4.3.3. Vertedero 14
4.3.4. Cuenca Aportante 15
4.3.5. Zona afectada en caso de falla 15
4.3.6. Operatividad al momento de la visita 16
4.3.7. Operatividad en situación de lluvias 16

4.4. Conclusiones 16

4.5. Recomendaciones 16

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados al embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del mismo.

1.2. Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3. Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno del embalse asignado; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2. ÁREA DE ESTUDIO

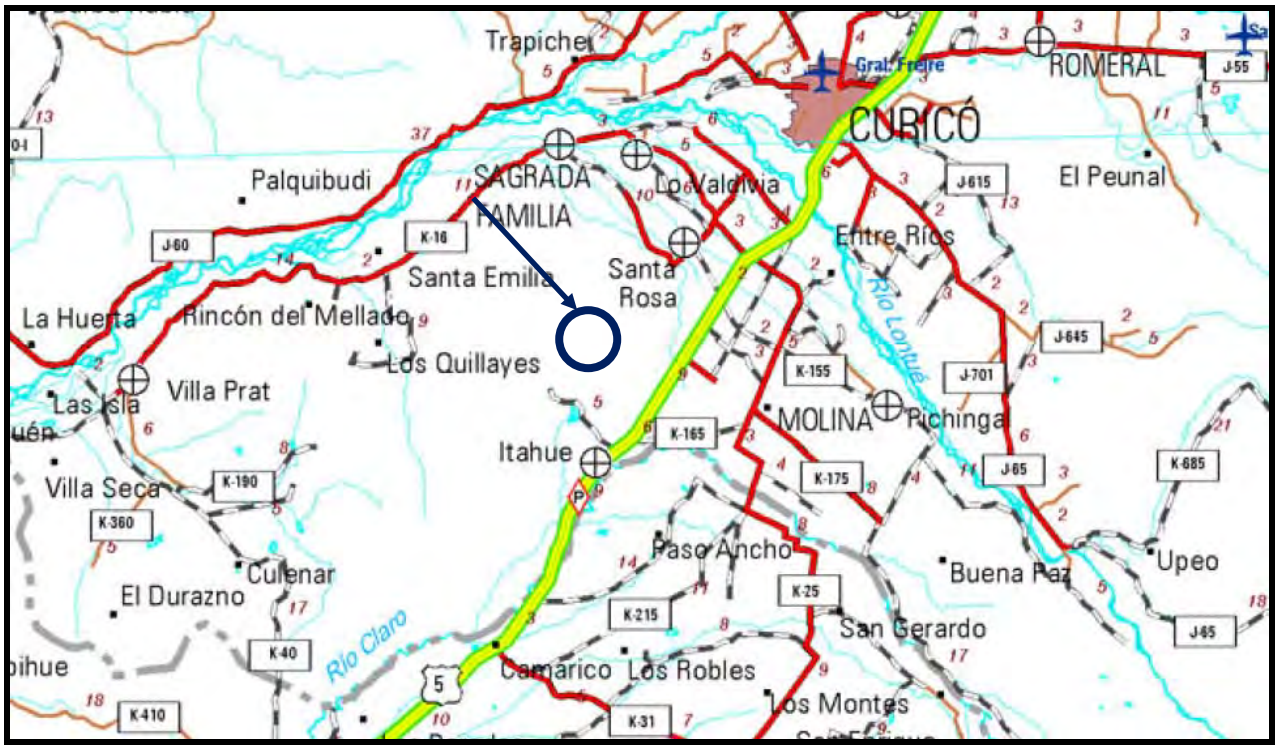
El área de estudio en esta visita corresponde a la VII Región del Maule, comuna de Molina, Provincia de Curicó, donde se visitó el denominado Embalse El Cerrillo; sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes (centro del muro).

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
	Uso	Norte	Este	msnm
Embalse El Cerrillo	19	6.111.238	283.053	212

2.1. Accesos al Embalse Visitado

La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

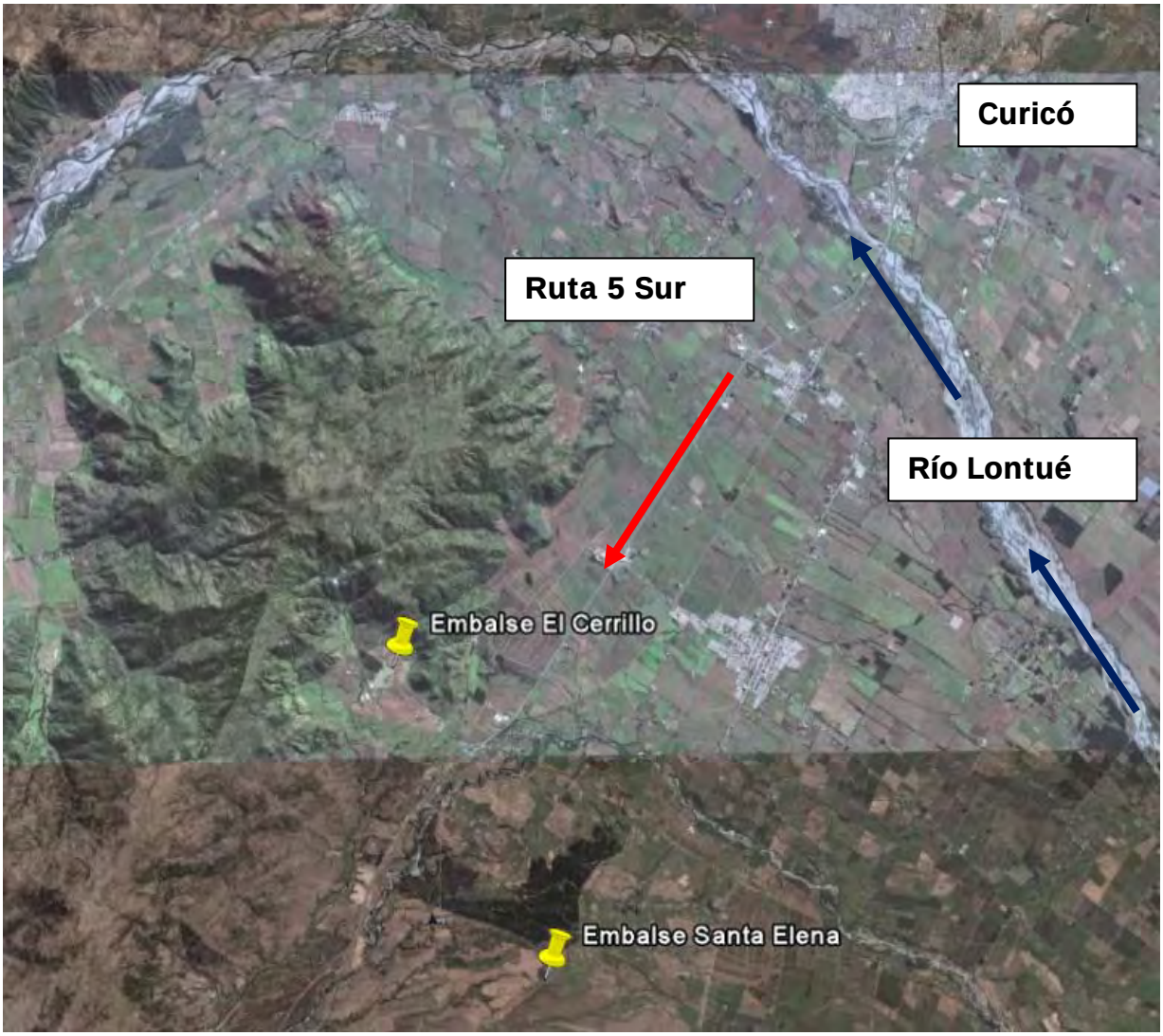
FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSE EL CERRILLO

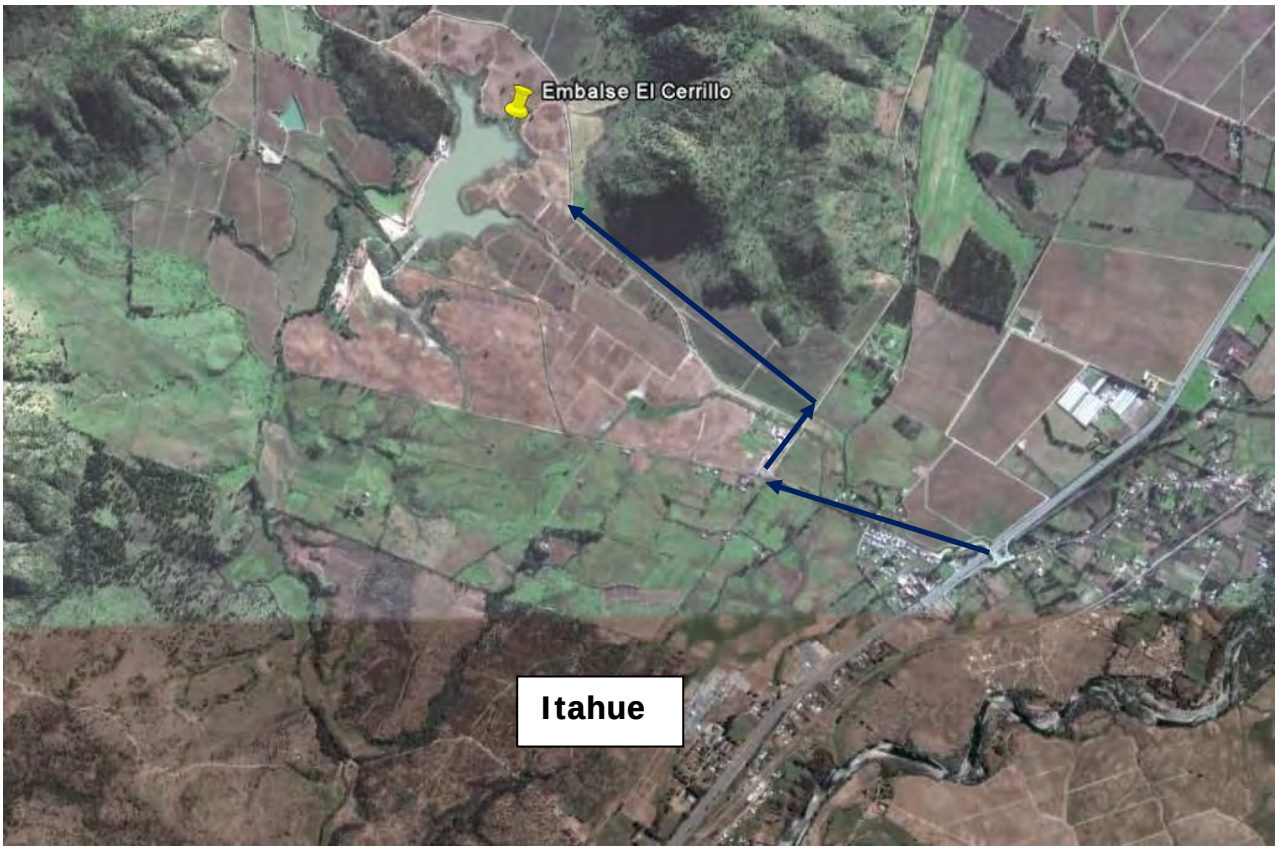


- **Acceso Específico Embalse El Cerrillo**

Por la ruta 5 Sur, de Norte a Sur, pasar por Curicó y seguir hacia el Sur. Antes de llegar a Itahue (1,6 km antes) doblar hacia la derecha por enlace Pulmodón Itahue Ruta 5 Sur. Desde dicho enlace avanzar 1 km hacia el Oeste; luego doblar a la derecha por 300 m y luego a la izquierda avanzando por 1,4 km llegando al embalse El Cerrillo.

UBICACIÓN ESPECÍFICA





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
- Visita a terreno.
- Carta Geológica de Chile

3.1. Antecedentes Geológicos

La geología de la cuenca del Maule posee diversas formaciones rocosas entre ellas destacan:

- **Sector bajo de la cuenca:**

Rocas Jig, del tipo intrusiva del Jurásico Inferior. Dioritas, gabros y monzodioritas de piroxeno, dioritas cuarcíferas y granodioritas y tonalitas de hornblenda y biotita.

Rocas Pz4a, del tipo metamórficas del Silúrico-Carbonífero. Esquistos muscovíticos y metabasales, metachert y serpentinas con metamorfismos de alto gradiente P/T y metamorfismo del Carbonífero Temprano.

Rocas Pz4b, del tipo sedimentaria del Silúrico-Carbonífero. Pizarras, filitas y metareniscas con metamorfismo de bajo gradiente del carbonífero temprano.

Rocas CPg, del tipo intrusiva del Carbonífero-Pérmico. Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas de hornblenda y biotita, localmente de muscovita

Rocas Kia2, del tipo volcano-sedimentario del Cretácico inferior alto-cretácico superior bajo. Secuencias sedimentarias sedimentarias y volcánicas, rocas epiclásticas, piroclásticas, lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.

- **Sector medio de la cuenca:**

Rocas Pl3t, del tipo volcánicas del Pleistoceno. Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso.

Rocas Q1, del tipo sedimentarias del Pleistoceno-Holoceno. Depósitos aluviales coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.

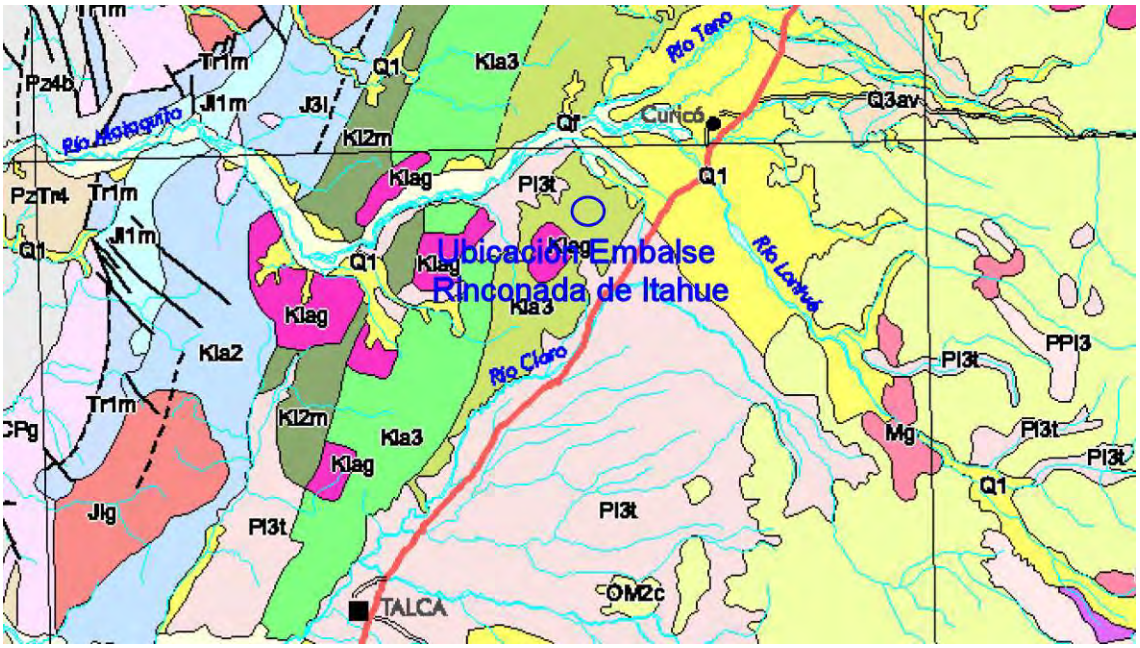
Rocas Kia3, del tipo volcánicas del Cretácico inferior alto. Secuencias y complejos volcánicos continentales, lavas y brechas basálticas a andesíticas, rocas piroclásticas, andesíticas a riolítcas.

Rocas Ki2m, del tipo volcanosedimentario del Neocomiano. Secuencias volcánicas y sedimentarias marinas; lavas andesíticas y basálticas, tobas y brechas volcánicas y sedimentarias de areniscas y calizas fosilíferas Rocas Tr1m, del tipo sedimentario del Triásico Superior. Secuencias sedimentarias marinas y transicionales; areniscas conglomerados, limonitas y calizas.

En particular, la zona del proyecto se encuentra en las unidades Kia2.

En la siguiente figura se muestra la geología del sector de interés.

Figura 1
Mapa Geológico del Sector



3.2. Antecedentes Geotécnicos

De la visita efectuada, en la cual se observaron cortes en diferentes sectores cercanos al embalse El Cerrillo y en especial los cortes donde se obtuvo material para la reconstrucción del embalse, es posible establecer que los suelos donde se encuentra fundado el embalse corresponden a arenas limosas, de color café claro. Son suelos de plasticidad baja, compacidad alta, humedad natural baja y permeabilidad de media a baja.

En cuanto a la presa misma, esta se encuentra formada por rellenos de arenas limosas (correspondiente a los mismos materiales indicados en el párrafo anterior), de color café claro. La compacidad que tienen los materiales colocados en el muro es de media a alta, su plasticidad es de media a baja y la permeabilidad asociada es de media a baja.

4. TRABAJO DE TERRENO

4.1. Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso. La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo y coordenadas de los embalses que serían diagnosticados.
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
- 1 Distanciómetro laser (PCE-LRF 600) y una huincha metálica (para mediciones de larga y corta longitud, respectivamente)
- GPS (2) Magellan
- 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

4.2. Estado Actual del Embalse

La visita al embalse El Cerrillo se realizó el día Lunes 6 de Septiembre de 2010.

La ficha de registro del embalse, cuyo formato fue entregado por la DGA, está organizada en tres Grupos de identificación; Antecedentes Generales, Ubicación del Embalse y Antecedentes Técnicos. En el Anexo 1 se incluye la ficha del embalse El Cerrillo.

4.3. Diagnóstico en Terreno

El embalse El Cerrillo, tiene como finalidad el riego de 110 hás de Ciruelos, 15 Hás de Manzanos y agua para 1.200 cabezas de ganado. Este embalse es alimentado por aguas lluvias provenientes de quebradas que llegan al embalse. El terremoto produjo serios daños los cuales hoy se encuentran reparados.

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe "verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos".

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas e infraestructura fundamentalmente.

A continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

4.3.1. Propiedad

Los propietarios del embalse son:

Martino Semprevivo, José Devillaine, Angela Devillaine, Rinaldo Semprevivo, Bruno Devillaine y Gino Solari.

Los datos de contacto son:

- Administrador Sr. Martino Semprevivo:98860269

4.3.2. Descripción General

De la información obtenida de la visita, es posible establecer que el embalse El Cerrillo sufrió severos daños por causa del terremoto del 27 de febrero. La gravedad de los daños y la necesidad de contar con agua para riego en la temporada de riego que viene, llevó a los propietarios a demoler prácticamente la totalidad del muro para reconstruirlo con nuevo material y con una geometría más segura.

El muro del embalse El Cerrillo (construido en 1997) se orienta aproximadamente en dirección norte sur, y tiene una longitud de aproximadamente 310 metros. La altura máxima del muro es de unos 7 m; su volumen máximo es de 350.000 m3.

El muro reparado, tiene un ancho de coronamiento de unos 7 m. Los taludes son de aproximadamente 30°, tanto para aguas arriba como para aguas abajo, aunque los

primeros 30 metros contados desde el estribo Norte tienen un talud de aguas arriba de 21° (se desconoce la razón de esta diferencia).

Al momento de la visita el nivel del agua en el embalse era de 1,5 m bajo el nivel del coronamiento.

Es importante destacar que el muro presenta abundantes filtraciones al pie del talud de aguas abajo. Estas son captadas y conducidas mediante canales excavados para estos efectos. Este aspecto de la presa debe ser estudiado y resuelto a la brevedad ya que puede ser potencialmente peligroso.

En general y considerando que no ha pasado mucho tiempo desde la reparación (como máximo 2 a 3 meses), el muro se observa sano, con la excepción de 2 grietas longitudinales en el sector central del muro. Ambas grietas miden unos 15 m de longitud y tienen un espesor máximo de 5 cm; se estima que la profundidad de las grietas son de 3 m. Dado que no ha habido sismos de importancia en el sector, se asocian las grietas observadas a acomodaciones del material del muro, lo que podría indicar una compactación poco adecuada en el sector.

En relación a la seguridad que tenga la presa, no es posible establecerla sin conocer el estudio técnico de estabilidad de taludes que definió su geometría, ni sin tener los antecedentes relativos a las granulometrías, permeabilidades y ensayes de compactación de los suelos utilizados. Tampoco se sabe si se consideró para el diseño (de existir éste) algún sismo apropiado para la zona.

Por último, se insiste en la necesidad de estudiar el potencial peligro que revisten las filtraciones al pie del talud de aguas abajo.

Se presenta, a continuación, una serie de fotografías de la visita efectuada.

Fotografía del Muro Reconstruido
(vista de Estribo Sur hacia el Norte)

Sector de Empréstito para Reparación y Canalón del Vertedero

Filtraciones al Pie del talud de Aguas Abajo

Filtraciones al Pie del talud de Aguas Abajo

Grieta Longitudinal

Detalle de Grieta Longitudinal

4.3.3. Vertedero

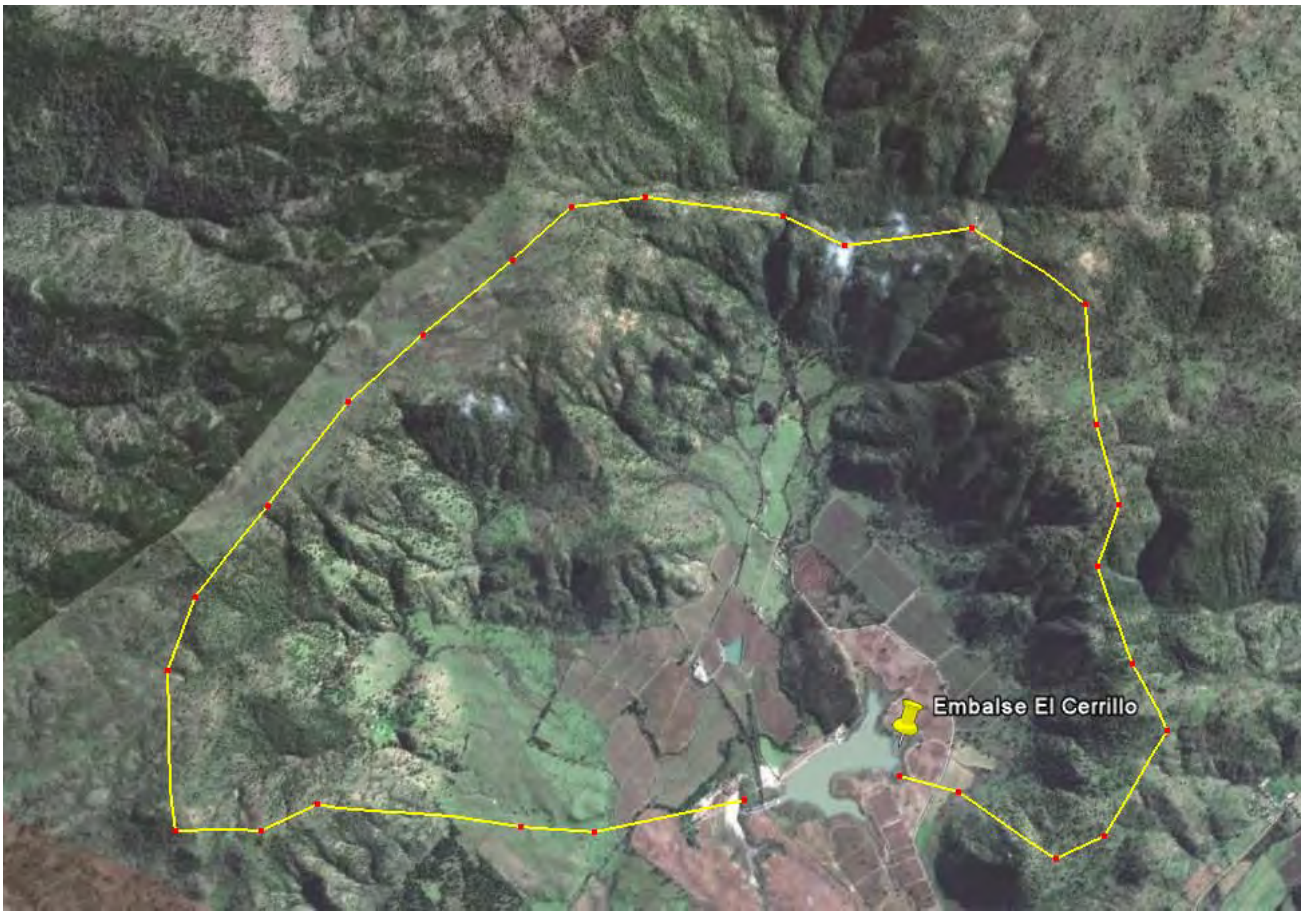
Dispone de un vertedero frontal de longitud 14 m y altura de 2,5 m; es un muro de albañilería de ladrillo revestido con cemento.

Vertedero Embalse El Cerrillo

4.3.4. Cuenca Aportante

El embalse El Cerrillo tiene una cuenca aportante pluvial que se muestra a continuación.

Cuenca Aportante Embalse El Cerrillo (1.012 hás)



4.3.5. Zona afectada en caso de falla

De acuerdo con lo observado en terreno y lo señalado por el operador del embalse, no existen zonas potenciales de falla, excepto un área agrícola ubicada al Noroeste del muro principal.

4.3.6. Operatividad al momento de la visita

Al momento de la visita, el embalse se encontraba operativo. La obra de entrega consiste en un tubo de acero de 300 mm ubicado en el estribo derecho del muro, el cual está conectado a un pozo de succión y éste a una sala de bombas (caseta de riego).

4.3.7. Operatividad en situación de lluvias

De acuerdo con lo informado por el encargado de la operación del embalse Sr. Martirio Seprevivo, nunca han tenido problemas en situaciones de lluvias importantes.

4.4. Conclusiones

En base a lo ya establecido las conclusiones del diagnóstico son las siguientes:

i) El muro del embalse El Cerrillo ha sido reconstruido completamente, producto de los daños sufridos por el terremoto del 27 de Febrero de 2010.
ii) Se desconoce el proyecto de reconstrucción (si existe), así como los antecedentes de mecánica de suelos de la construcción (granulometrías, ensayes de compactación, etc.)
iii) Existen grietas longitudinales en el sector central del muro que hacen dudar de la seguridad de la presa.
iv) El talud de aguas arriba no cuenta con protección contra el oleaje.
v) Existen abundantes filtraciones al pie del talud de aguas abajo que deberán analizarse a fin de determinar su eventual peligrosidad.
vi) El poco tiempo transcurrido desde la reconstrucción del muro (dos a tres meses) no permite establecer la existencia de asentamientos, deformaciones ni otros defectos propios del efecto del transcurso del tiempo sobre el muro compactado.

4.5. Recomendaciones

Se considera necesario solicitar al propietario del embalse los antecedentes relativos al proyecto de reconstrucción, así como los antecedentes relativos a controles de compactación y de calidad de los materiales utilizados; también los antecedentes topográficos relativos a la geometría final del muro.

De existir estos antecedentes, se deberán revisar por un especialista para asegurar la estabilidad de la presa.

De no existir, se deberá solicitar al propietario que efectúe a la brevedad los estudios y trabajos geotécnicos necesarios para definir la situación actual del embalse.

Si bien tanto las grietas existentes como las filtraciones al pie no son de peligro inmediato, se considera conveniente mantener el nivel del agua en el embalse unos 3 m bajo la cota de coronamiento.

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	EMBALSE EL CERRILLO	
Propietario	Martino Semprevivo, José Devillaine, Angela Devillaine, Rinaldo Semprevivo, Bruno Devillaine y Gino Solari.	
RUT Propietario		
Año de construcción	1997	
Cuenca / Código DGA	rio maule/ 073	
Subcuenca / Código DGA	rio claro/ 0737	
Fuente del recurso		

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	06-09-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	si
Altura del muro > 5 m	si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Región del Maule
Provincia	Curicó
Comuna	Molina
Coordenadas UTM Estribo Der.	
Coord. UTM Centro del Muro	N: 6.111.238; E: 283.053
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS 84 Huso 19
Altitud	D= C= 212 msnm I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	X
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	Agua para Animales

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	X
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	310 m
Ancho del coronamiento	D= C= 7 m I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas conocida	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= 30 ° I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= 30 ° I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	
Profundidad máxima de agua en sector del muro	-
Área estimada o calculada de la poza	12 ha
Ancho máximo de la poza	320 m
Largo de la poza	650 m
Volumen declarado o proyectado	350.000 m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Regular
Compacidad del material estructural	Alta
Uniformidad de los taludes	Uniformes
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	No
Grietas visibles y su ubicación	Si
Indicios de deslizamientos y ubicación	No
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	No
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	Si
Tipo de revestimiento del muro	Arenas Limosas Café Claro

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	X
Vertederos laterales	
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	X
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	X
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	X
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	Frontal de Pared Gruesa
Material constructivo	Albañilería de Ladrillo Revestido con Cemento
Estado de conservación y operatividad	Operativo
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	Longitud de 14 m y altura de 2,5 m

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Tubo por debajo del muro hacia una sala de bombas
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	Operativo

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO AGUAS

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	
Densidad de población en las cercanías del tranque	
Distancia hacia zonas agrícolas	aledañas al muro principal
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	
Área de riego servida por el tranque analizado	

11. FOTOGRAFÍAS

Vista General

Grieta en Muro

Muro del Embalse

Vertedero

12. OBSERVACIONES

SEGUNDA VISITA
EMBALSE EL CERRILLO

INDICE

1. Introducción 1

2. Conclusiones y Recomendaciones efectuadas en base a la Primera Visita. 1

2.1. Conclusiones.....1

2.2. Recomendaciones 2

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita 2

EMBALSE EL CERRILLO
SEGUNDA VISITA TECNICA

1. Introducción

Debido al terremoto ocurrido en la zona central sur del país el 27 de febrero del año en curso, muchas represas sufrieron considerables daños en su estructura y obras anexas. Por este motivo, la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas efectuó un proceso de fiscalización de la situación que presentan varios embalses en el área afectada por dicho terremoto. Dicha fiscalización entregó para cada uno de los embalses visitados recomendaciones para las reparaciones, en caso que estas fueran necesarias.

Como una segunda etapa al proceso de fiscalización, se efectuó una segunda visita a los embalses ya visitados, para examinar la situación que presentaban estos embalses a varios meses de entregado el primer informe.

Como parte de estas segundas visitas, se encargó a la Consultora Aquaterra Ingenieros Ltda. la inspección del Embalse El Cerrillo, ubicado en la comuna de Molina, VII Región. Las coordenadas UTM, Datum WGS 84, del embalse son: 283.053 Este y 6.111.238 Norte.

En la Inspección, que se efectuó el día Domingo 19 de Diciembre de 2010, participaron los ingenieros civiles Jaime Vargas y Kricor Bzdigian.

2. Conclusiones y Recomendaciones efectuadas en base a la Primera Visita.

Como consecuencia de la primera visita, se elaboró un informe con conclusiones y recomendaciones para la reparación del muro del embalse. Dichas conclusiones y recomendaciones fueron las siguientes:

2.1. Conclusiones

i) El muro del embalse El Cerrillo ha sido reconstruido completamente, producto de los daños sufridos por el terremoto del 27 de Febrero de 2010.

ii) Se desconoce el proyecto de reconstrucción (si existe), así como los antecedentes de mecánica de suelos de la construcción (granulometrías, ensayes de compactación, etc.)

iii) Existen grietas longitudinales en el sector central del muro que hacen dudar de la seguridad de la presa.
iv) El talud de aguas arriba no cuenta con protección contra el oleaje.
v) Existen abundantes filtraciones al pie del talud de aguas abajo que deberán analizarse a fin de determinar su eventual peligrosidad.
vi) El poco tiempo transcurrido desde la reconstrucción del muro (dos a tres meses) no permite establecer la existencia de asentamientos, deformaciones ni otros defectos propios del efecto del transcurso del tiempo sobre el muro compactado.

2.2. Recomendaciones

Se considera necesario solicitar al propietario del embalse los antecedentes relativos al proyecto de reconstrucción, así como los antecedentes relativos a controles de compactación y de calidad de los materiales utilizados; también los antecedentes topográficos relativos a la geometría final del muro.

De existir estos antecedentes, se deberán revisar por un especialista para asegurar la estabilidad de la presa.

De no existir, se deberá solicitar al propietario que efectúe a la brevedad los estudios y trabajos geotécnicos necesarios para definir la situación actual del embalse.

Si bien tanto las grietas existentes como las filtraciones al pie no son de peligro inmediato, se considera conveniente mantener el nivel del agua en el embalse unos 3 m bajo la cota de coronamiento.

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita

Al momento de efectuarse la segunda visita, el muro del Embalse El Cerrillo se pudo constatar lo siguiente:

- No se observaron las grietas detectadas en la primera visita, debido a que las aguas lluvias produjeron arrastre de sedimentos superficiales que rellenaron dichas grietas.
- El estado actual del embalse es similar al observado en la primera visita efectuada durante el mes de Septiembre de 2010. El embalse se encuentra operativo, con un nivel de agua de 2 m bajo el coronamiento.
- Persisten las filtraciones observadas en la primera visita.
- Se pudo observar una calicata excavada al centro del muro.

A continuación se presentan algunas fotografías obtenidas en esta segunda visita.

Vista Muro Principal

Calicata Construida en el Centro del Muro

Filtraciones al Pie de Muro

EMBALSE CAMARICO
COMUNA DE RÍO CLARO

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1. Introducción 1

1.2. Objetivos Generales 2

1.3. Objetivos Específicos 2

2. ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1. Accesos al Embalse Visitado 3

3. FUENTES DE INFORMACIÓN 5

3.1. Antecedentes Geológicos 6

3.2. Antecedentes Geotécnicos 7

4. TRABAJO DE TERRENO 8

4.1. Metodología 8

4.2. Estado Actual del Embalse 8

4.3. Diagnóstico en Terreno 9

4.3.1. Propiedad 9
4.3.2. Descripción General 9
4.3.3. Vertedero 12
4.3.4. Cuenca Aportante 13
4.3.5. Zona afectada en caso de falla 13
4.3.6. Operatividad al momento de la visita 15
4.3.7. Operatividad en situación de lluvias 16

4.4. Conclusiones 16

4.5. Recomendaciones 17

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados al embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del mismo.

1.2. Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3. Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno del embalse asignado; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2. ÁREA DE ESTUDIO

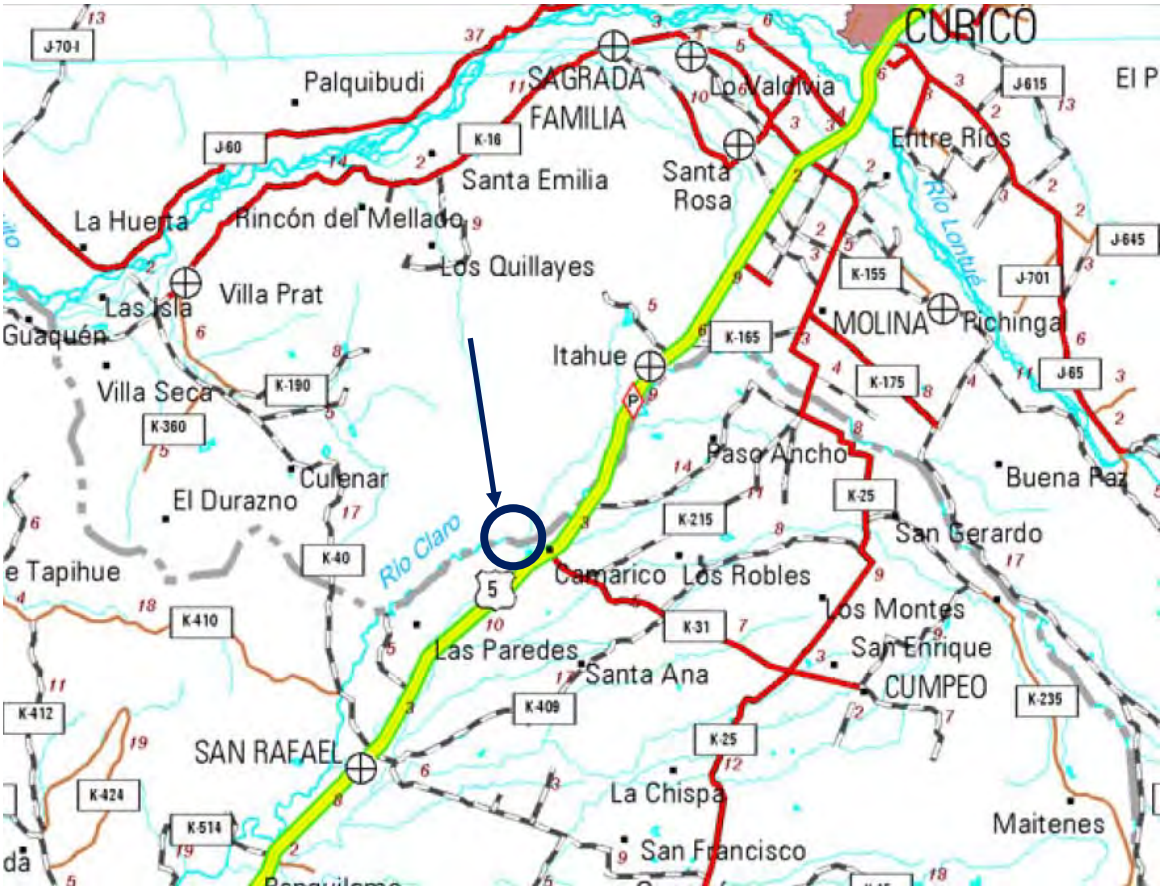
El área de estudio en esta visita corresponde a la VII Región del Maule, comuna de Río Claro, Provincia de Talca, donde se visitó el denominado Embalse Camarico; sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes (lado Sur; existe muro en todo el contorno).

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
	Uso	Norte	Este	msnm
Embalse Camarico	19	6.099.739	278.398	193

2.1. Accesos al Embalse Visitado

La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

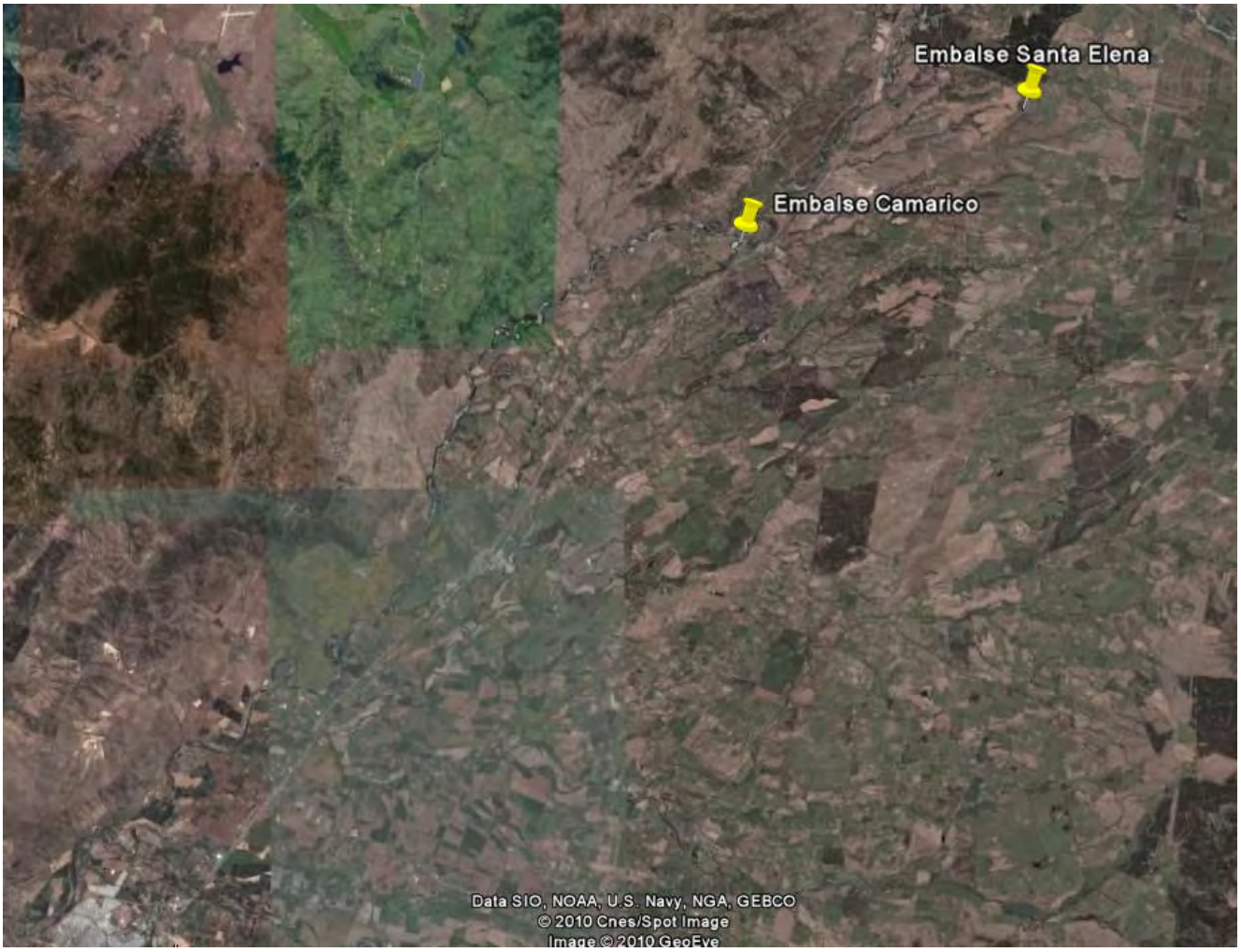
FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSE CAMARICO

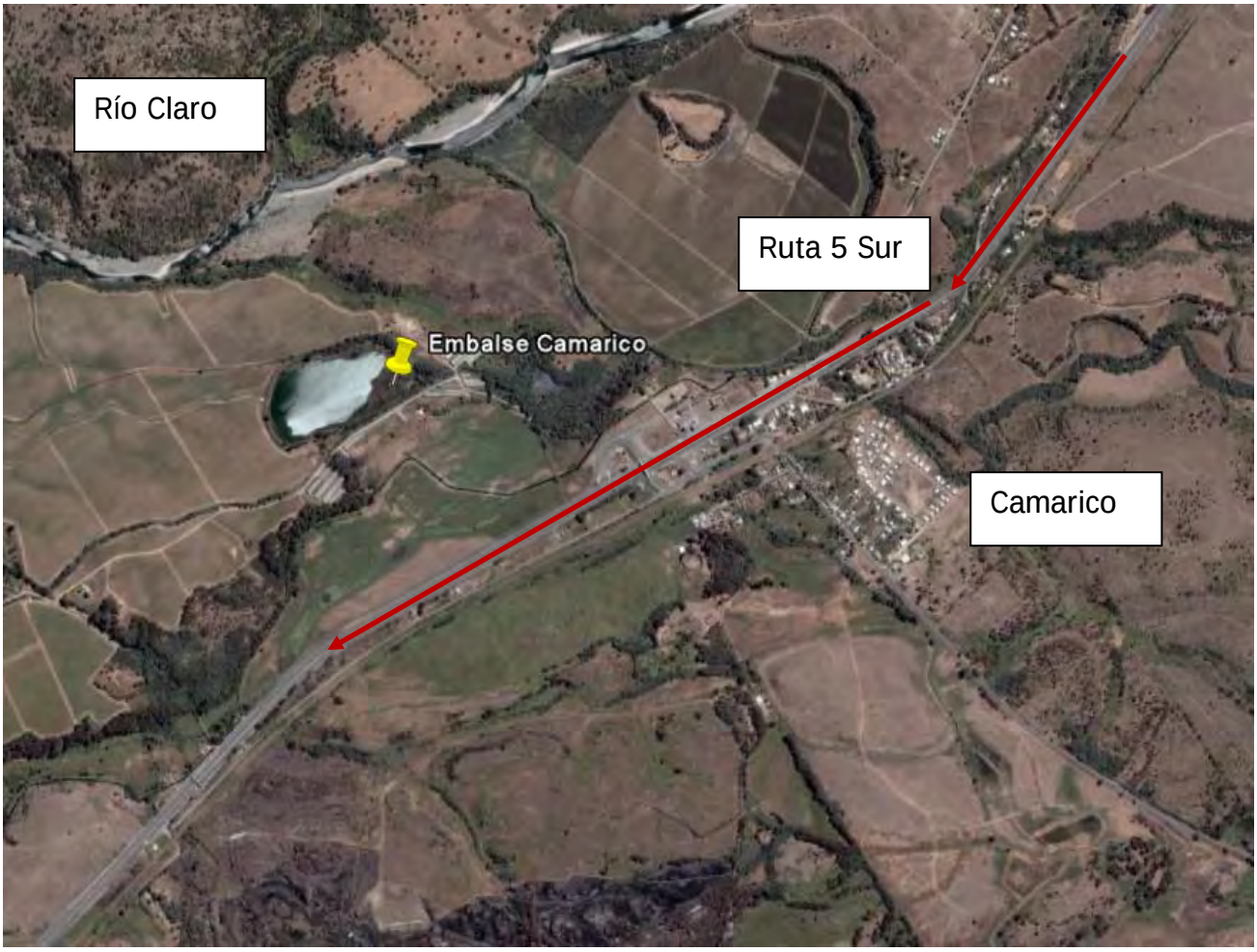


- **Acceso Específico Embalse Camarico**

Por la ruta 5 Sur, el embalse se localiza entre Curicó y Talca, aproximadamente 28 km al Norte de Talca, por la ruta 5 Sur. El embalse se ubica al costado Oeste de la carretera, frente a Camarico.

UBICACIÓN ESPECÍFICA





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
- Visita a terreno.
- Carta Geológica de Chile

3.1. Antecedentes Geológicos

La geología de la cuenca del Maule posee diversas formaciones rocosas entre ellas destacan:

- **Sector bajo de la cuenca:**

Rocas Jig, del tipo intrusiva del Jurásico Inferior. Dioritas, gabros y monzodioritas de piroxeno, dioritas cuarcíferas y granodioritas y tonalitas de hornblenda y biotita.

Rocas Pz4a, del tipo metamórficas del Silúrico-Carbonífero. Esquistos muscovíticos y metabasales, metachert y serpentinas con metamorfismos de alto gradiente P/T y metamorfismo del Carbonífero Temprano.

Rocas Pz4b, del tipo sedimentaria del Silúrico-Carbonífero. Pizarras, filitas y metareniscas con metamorfismo de bajo gradiente del carbonífero temprano

Rocas CPg, del tipo intrusiva del Carbonífero-Pérmico. Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas de hornblenda y biotita, localmente de muscovita.

Rocas Kia2, del tipo volcano-sedimentario del Cretácico inferior alto-cretácico superior bajo. Secuencias sedimentarias sedimentarias y volcánicas, rocas epiclásticas, piroclásticas, lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.

- **Sector medio de la cuenca:**

Rocas Pl3t, del tipo volcánicas del Pleistoceno. Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso.

Rocas Q1, del tipo sedimentarias del Pleistoceno-Holoceno. Depósitos aluviales coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.

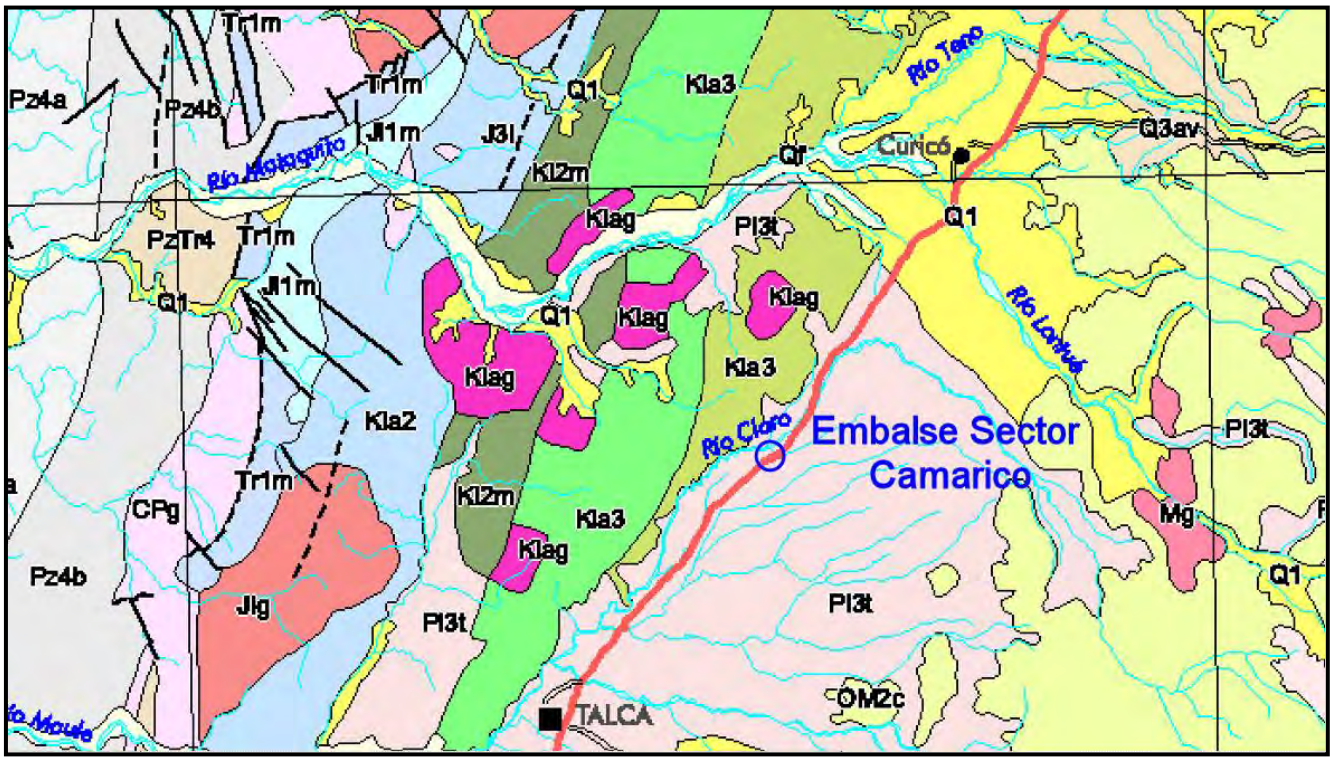
Rocas Kia3, del tipo volcánicas del Cretácico inferior alto. Secuencias y complejos volcánicos continentales, lavas y brechas basálticas a andesíticas, rocas piroclásticas, andesíticas a riolítcas.

Rocas Ki2m, del tipo volcanosedimentario del Neocomiano. Secuencias volcánicas y sedimentarias marinas; lavas andesíticas y basálticas, tobas y brechas volcánicas y sedimentarias de areniscas y calizas fosilíferas Rocas Tr1m, del tipo sedimentario del Triásico Superior. Secuencias sedimentarias marinas y transicionales; areniscas conglomerados, limonitas y calizas.

En particular, la zona del proyecto se encuentra en la unidad Pl3t.

En la figura siguiente se puede observar el mapa geológico del sector.

Mapa Geológico del Sector



3.2. Antecedentes Geotécnicos

De la visita efectuada, en la cual se observaron cortes en diferentes sectores cercanos al embalse Sector Camarico, es posible establecer que los suelos donde se encuentra fundado el embalse corresponden a arenas arcillo limosas o arenas limo arcillosas, de colores café claro o café. Son suelos de plasticidad media a baja, compacidad media a alta, humedad natural baja y permeabilidad de media a baja.

En cuanto a la presa misma, esta se encuentra formada por rellenos de arenas arcillo limosas (correspondiente a los mismos materiales indicados en el párrafo anterior), de color café. La compacidad que tienen los materiales colocados en el muro es alta, su plasticidad es de media a baja y la permeabilidad asociada es de media a baja.

4. TRABAJO DE TERRENO

4.1. Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso. La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo y coordenadas de los embalses que serían diagnosticados.
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:
  - Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
  - 1 Distanciómetro laser (PCE-LRF 600) y una huincha metálica (para mediciones de larga y corta longitud, respectivamente)
  - GPS (2) Magellan
  - 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

4.2. Estado Actual del Embalse

La visita al embalse Camarico se realizó el día Martes 7 de Septiembre de 2010.

La ficha de registro del embalse, cuyo formato fue entregado por la DGA, está organizada en tres Grupos de identificación; Antecedentes Generales, Ubicación del Embalse y Antecedentes Técnicos. En el Anexo 1 se incluye la ficha del embalse Camarico.

4.3. Diagnóstico en Terreno

El embalse Camarico, tiene como finalidad el riego de Viñas, y se alimenta del canal Purísima (ancho 4 m y taludes 3:1 (V:H)). Actualmente los muros del embalse (perimetrales) se está reparando producto de los daños sufridos durante el terremoto del 27 de Febrero.

Al momento de la visita el embalse se encontraba vacío y en proceso de reparación.

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe "verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos".

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas e infraestructura fundamentalmente.

A continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

4.3.1. Propiedad

El embalse es de propiedad de Inverco (Inversiones y Comercio).

Los datos de contacto son:

- Gerente Sr. Rodrigo Facuse
- Encargado de Bodegaje del Vino Sr. Genaro Muñoz: 95486615

4.3.2. Descripción General

El Embalse Sector Camarico está formado por un cuatro muros de forma aproximadamente rectangular, de 350 por 150 m. Es decir, el perímetro total es de aproximadamente 1.000 m. Los muros pueden identificarse aproximadamente por los signos cardinales.

De la información obtenida de la visita, es posible establecer que el embalse Camarico sufrió severos daños por causa del terremoto del 27 de Febrero. Los daños se refieren a derrumbes generalizados de los muros Este y Sur, que tienen alturas máximas del orden de los 4 m. Los muros Norte y Oeste, por ser de menor altura (como máximo 2 m) no presentan daños importantes.

De acuerdo con lo observado, el muro original tenía un ancho de coronamiento de unos 3 m y taludes con inclinación de unos 30°, tanto aguas arriba como aguas abajo.

La gravedad de los daños y la necesidad de contar con agua para riego en la temporada de que se avecina, ha llevado a los propietarios a efectuar reparaciones en los muros dañados. Las reparaciones, que aparentemente siguen un proyecto que no es conocido por esta oficina, consisten en remover los 2 m superiores, para desde allí reconstruir el muro con iguales características al muro original.

Al momento de la visita, se estaba efectuando la reparación, faltando todavía aproximadamente un 50% del muro Este y la totalidad del muro Sur.

Por motivo de las obras de reparación el embalse que se están realizando en la actualidad, éste se encontraba vacío, sin embargo, se informó que en el momento de ocurrencia del terremoto el embalse se encontraba lleno.

En cuanto a la seguridad de esta presa, no es posible determinarla, sin conocer el estudio técnico de estabilidad de taludes que definió la geometría de la presa, ni sin tener los antecedentes relativos a las granulometrías, permeabilidades y ensayes de compactación de los suelos utilizados. Tampoco se sabe si se consideró para el diseño algún sismo apropiado para la zona.

Se presenta, a continuación, una serie de fotografías de la visita efectuada.

Reparaciones en Muro Este

Muro Sur

Talud Aguas Abajo Muro Sur

Coronamiento Muro Sur al Llegar a Muro Oeste

4.3.3. Vertedero

El vertedero se ubicaba a un costado del sector de entrega para riego; hoy se encuentra destruido.

Sector Vertedero (destruido)

4.3.4. Cuenca Aportante

El embalse Camarico no tiene cuenca aportante (se alimenta del canal Purísima).

4.3.5. Zona afectada en caso de falla

La potencial zona de falla corresponde a viñas aledañas al embalse; de hecho, cuando se produjo el terremoto, el agua del embalse desembocaron por el lado Sur como un aluvión, yéndose por una quebrada y afectando a las Viñas (no hay casas cercanas). Hacia el lado Sureste y Norte hay unos galpones para chancherías, las que se podrían ver afectadas en caso de falla del muro de ese costado (la falla se produjo por el lado Norte).

Embalse Camarico

Sector donde se produjo la Falla del Muro Este

4.3.6. Operatividad al momento de la visita

Al momento de la visita, el embalse no se encuentra operativo (vacío) y está en proceso de reparación.

Embalse en Proceso de Reparación (Muro Sur)

4.3.7. Operatividad en situación de lluvias

De acuerdo con lo informado por el encargado del bodegaje, como su alimentación es controlada por compuertas y no posee cuenca aportante, nunca han tenido problemas en situaciones de lluvias importantes.

4.4. Conclusiones

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

i) Los muros Sur y Este del embalse Sector Camarico están siendo reparados.
ii) Se desconoce el proyecto de reparación, así como los antecedentes de mecánica de suelos de la construcción (granulometrías, ensayes de compactación, etc.)

iii) Los muros originales que se han conservado sin reparación (muros Oeste y Norte) y que son de baja altura, se observan relativamente bien.

iv) El talud de aguas arriba no cuenta con protección contra el oleaje, lo que puede ocasionar la erosión del muro.

v) El poco tiempo transcurrido desde que comenzó la reparación del muro (una o dos semanas) no permite establecer la existencia de asentamientos, deformaciones ni otros defectos propios del efecto del transcurso del tiempo sobre el muro compactado.

4.5. Recomendaciones

Se considera necesario solicitar al propietario del embalse los antecedentes relativos al proyecto de reconstrucción, así como los antecedentes relativos a controles de compactación y de calidad de los materiales utilizados, y los antecedentes topográficos relativos a la geometría final del muro.

De existir estos antecedentes, se deberán revisar por un especialista para asegurar la estabilidad de la presa.

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	EMBALSE CAMARICO	
Propietario	INVERCO	
RUT Propietario		
Año de construcción		
Cuenca / Código DGA	rio maule/ 073	
Subcuenca / Código DGA	rio claro/ 0737	
Fuente del recurso	Canal Purísima	

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	07-09-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	si
Altura del muro > 5 m	si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Región del Maule
Provincia	Talca
Comuna	Río Claro
Coordenadas UTM Lado Sur	Norte= 6.099.739 Este= 278.398
Coord. UTM Sureste Muro	
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS 84 Huso 19
Altitud	Lado Sur= 193 msnm C= I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	X
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	X
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	350 m x 150 m muros perimetrales
Ancho del coronamiento	D= C= 3 m I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas conocida	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= 30 º I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= 30 º I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	
Profundidad máxima de agua en sector del muro	-
Área estimada o calculada de la poza	5,3 hás
Ancho máximo de la poza	150 m
Largo de la poza	350 m
Volumen declarado o proyectado	158.000 m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según tabla)	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Irregular
Compacidad del material estructural	Alta
Uniformidad de los taludes	No Uniformes
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	Si
Grietas visibles y su ubicación	Si
Indicios de deslizamientos y ubicación	Si (lado Este y Sur)
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	No
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	No. Antes del terremoto sí
Tipo de revestimiento del muro	

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	Vertedero Destruido por el Terremoto
Material constructivo	
Estado de conservación y operatividad	No Operativo (vacío en proceso de reparación)
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	3 m coronamiento, muros perimetrales de 350 m x 150 m, de altura máxima 4 m

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Compuerta que entregaba a canal; destruida
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	No Operativo

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO AGUAS

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	Viñas y galpones (chancherías)
Densidad de población en las cercanías del tranque	
Distancia hacia zonas agrícolas	
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	
Área de riego servida por el tranque analizado	

11. FOTOGRAFÍAS

Vista General

Maquinaria en Proceso de Reparación del Muro Sur

Sector por donde Colapsó el Muro Este

Canal Purísima (alimenta el embalse)

12. OBSERVACIONES

SEGUNDA VISITA
EMBALSE CAMARICO

INDICE

1. Introducción 1

2. Conclusiones y Recomendaciones efectuadas en base a la Primera Visita. 1

2.1. Conclusiones.....1

2.2. Recomendaciones 2

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita 2

EMBALSE CAMARICO
SEGUNDA VISITA TECNICA

1. Introducción

Debido al terremoto ocurrido en la zona central sur del país el 27 de febrero del año en curso, muchas represas sufrieron considerables daños en su estructura y obras anexas. Por este motivo, la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas efectuó un proceso de fiscalización de la situación que presentan varios embalses en el área afectada por dicho terremoto. Dicha fiscalización entregó para cada uno de los embalses visitados recomendaciones para las reparaciones, en caso que estas fueran necesarias.

Como una segunda etapa al proceso de fiscalización, se efectuó una segunda visita a los embalses ya visitados, para examinar la situación que presentaban estos embalses a varios meses de entregado el primer informe.

Como parte de estas segundas visitas, se encargó a la Consultora Aquaterra Ingenieros Ltda. la inspección del Embalse Camarico, ubicado en la comuna de Río Claro, VII Región. Las coordenadas UTM, Datum WGS 84, del embalse son: 278.398 Este y 6.099.739 Norte.

En la Inspección, que se efectuó el día Domingo 19 de Diciembre de 2010, participaron los ingenieros civiles Jaime Vargas y Kricor Bzdigian.

2. Conclusiones y Recomendaciones efectuadas en base a la Primera Visita.

Como consecuencia de la primera visita, se elaboró un informe con conclusiones y recomendaciones para la reparación del muro del embalse. Dichas conclusiones y recomendaciones fueron las siguientes:

2.1. Conclusiones

i) Los muros Sur y Este del embalse Sector Camarico están siendo reparados.
ii) Se desconoce el proyecto de reparación, así como los antecedentes de mecánica de suelos de la construcción (granulometrías, ensayes de compactación, etc.)

iii) Los muros originales que se han conservado sin reparación (muros Oeste y Norte) y que son de baja altura, se observan relativamente bien.
iv) El talud de aguas arriba no cuenta con protección contra el oleaje, lo que puede ocasionar la erosión del muro.
v) El poco tiempo transcurrido desde que comenzó la reparación del muro (una o dos semanas) no permite establecer la existencia de asentamientos, deformaciones ni otros defectos propios del efecto del transcurso del tiempo sobre el muro compactado.

2.2. Recomendaciones

Se considera necesario solicitar al propietario del embalse los antecedentes relativos al proyecto de reconstrucción, así como los antecedentes relativos a controles de compactación y de calidad de los materiales utilizados, y los antecedentes topográficos relativos a la geometría final del muro.

De existir estos antecedentes, se deberán revisar por un especialista para asegurar la estabilidad de la presa.

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita

Al momento de efectuarse la segunda visita, el muro del Embalse Camarico ya había sido reparado completamente. A continuación se señala lo que se pudo observar en esta segunda visita:

- Este embalse, el cual se encontraba vacío, fue reparado completamente; se observó una correcta reparación. Actualmente no estaba operando (pero está operativo).
- Los taludes resultantes posterior a la reparación efectuada fueron de 1:2,5 (V:H) aguas arriba y 1:1,5 (V:H) aguas abajo.
- El ancho de coronamiento resultante fue de 6 m, aproximadamente.
- El vertedero que se construyó consiste en una compuerta, que además funciona como compuerta de entrega.
- Existe una segunda obra de entrega que consiste en un cajón de hormigón emplazado en el talud de aguas arriba, sector muro Oeste.

A continuación se presentan algunas fotografías obtenidas en esta segunda visita.

Reparaciones en Muro Este Primera Visita

Mismo Sector Observado en Segunda Visita

Compuerta de Entrega y Vertedero y Muro Sur Reparado

Muro Norte

Muro Oeste

Muro Este Situación Actual

Muro Este Situación Primera Visita

EMBALSE ASTILLERO ALTO - DON ADOLFO
COMUNA DE PENCAHUE

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1. Introducción 1

1.2. Objetivos Generales 2

1.3. Objetivos Específicos 2

2. ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1. Accesos al Embalse Visitado 3

3. FUENTES DE INFORMACIÓN 5

3.1. Antecedentes Geológicos 5

3.2. Antecedentes Geotécnicos 7

4. TRABAJO DE TERRENO 7

4.1. Metodología 7

4.2. Estado Actual del Embalse 8

4.3. Diagnóstico en Terreno 8

4.3.1. Propiedad 9
4.3.2. Descripción General 9
4.3.3. Vertedero 14
4.3.4. Cuenca Aportante 16
4.3.5. Zona afectada en caso de falla 17
4.3.6. Operatividad al momento de la visita 19
4.3.7. Operatividad en situación de lluvias 21

4.4. Conclusiones 21

4.5. Recomendaciones 21

ANEXOS

ANEXO 1 FICHAS DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados al embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del mismo.

1.2. Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3. Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno del embalse asignado; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2. ÁREA DE ESTUDIO

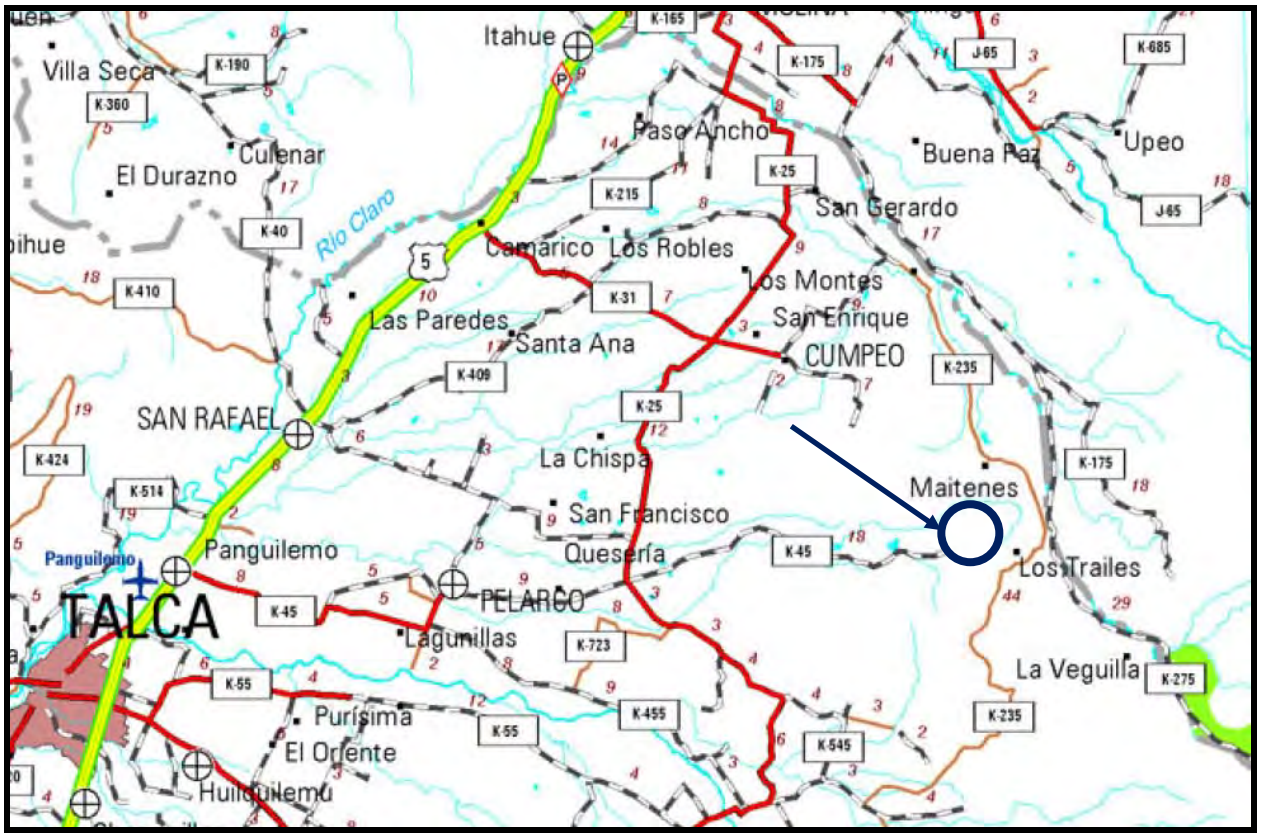
El área de estudio en esta visita corresponde a la VII Región del Maule, comuna de Pelarco, Provincia de Talca, donde se visitó el denominado Embalse Astillero Alto; sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes (Estribo Izquierdo).

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
	Uso	Norte	Este	msnm
Embalse Astillero Alto	19	6.083.573	300.196	429

2.1. Accesos al Embalse Visitado

La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

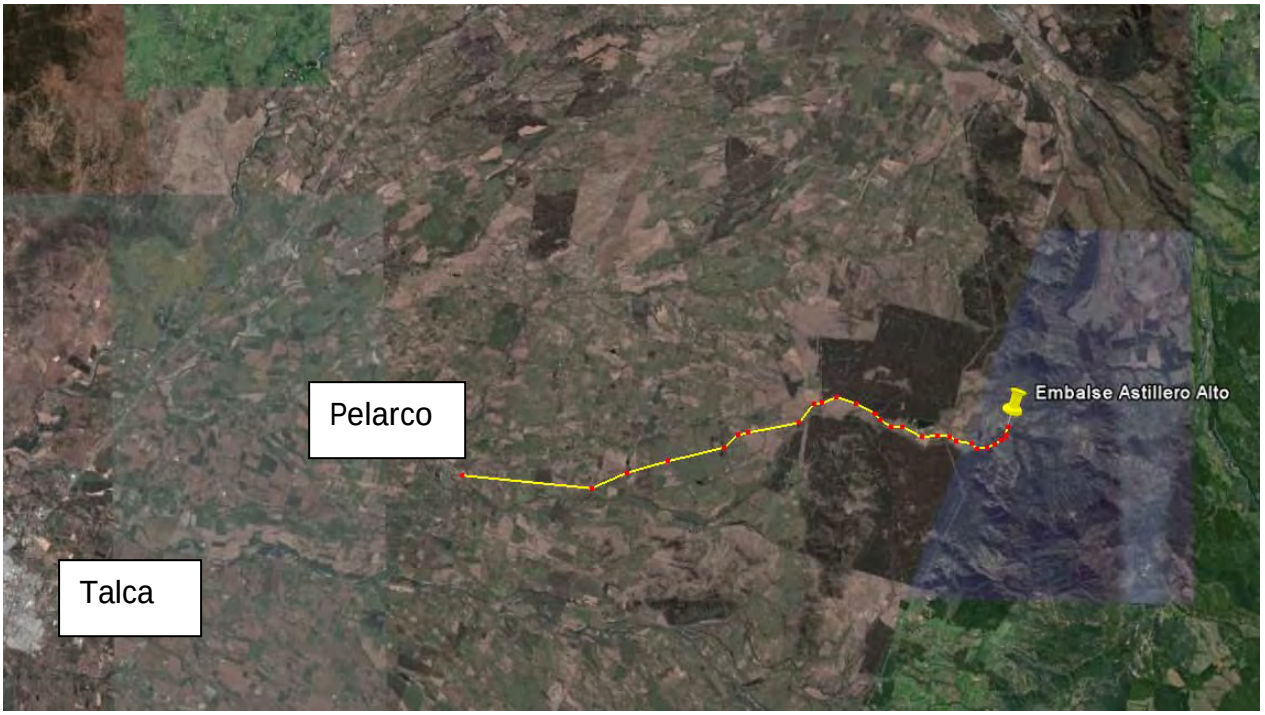
FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSE ASTILLERO ALTO



- **Acceso Específico Embalse Astillero Alto**

Por la ruta 5 Sur, de Norte a Sur, llegar a Talca, tomar la ruta K-45 hacia el Este hasta llegar a Pelarco. Desde Pelarco seguir por la ruta K-45 hacia el Este por aproximadamente 24 km, llegando al embalse.

UBICACIÓN ESPECÍFICA



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
- Visita a terreno.
- Carta Geológica de Chile

3.1. Antecedentes Geológicos

La geología de la cuenca del Maule posee diversas formaciones rocosas entre ellas destacan:

• Sector bajo de la cuenca:

Rocas Jig, del tipo intrusiva del Jurásico Inferior. Dioritas, gabros y monzodioritas de piroxeno, dioritas cuarcíferas y granodioritas y tonalitas de hornblenda y biotita.
Rocas Pz4a, del tipo metamórficas del Silúrico-Carbonífero. Esquistos muscovíticos y metabasales, metachert y serpentinas con metamorfismos de alto gradiente P/T y metamorfismo del Carbonífero Temprano.

Rocas Pz4b, del tipo sedimentaria del Silúrico-Carbonífero. Pizarras, filitas y metareniscas con metamorfismo de bajo gradiente del carbonífero temprano.

Rocas CPg, del tipo intrusiva del Carbonífero-Pérmico. Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas de hornblenda y biotita, localmente de muscovita.

Rocas Kia2, del tipo volcano-sedimentario del Cretácico inferior alto-cretácico superior bajo. Secuencias sedimentarias sedimentarias y volcánicas, rocas epiclásticas, piroclásticas, lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.

• Sector medio de la cuenca:

Rocas Pl3t, del tipo volcánicas del Pleistoceno. Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso.

Rocas Q1, del tipo sedimentarias del Pleistoceno-Holoceno. Depósitos aluviales coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.

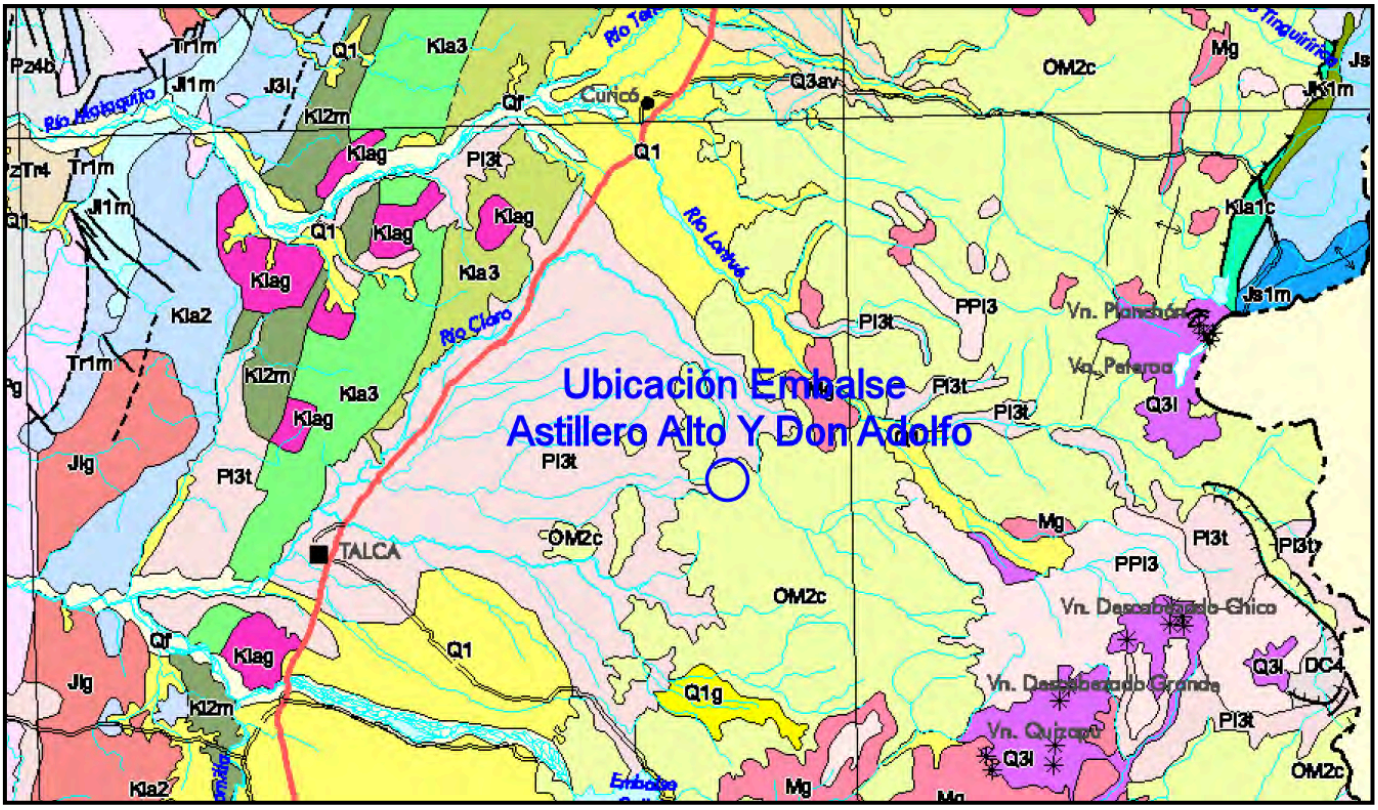
Rocas Kia3, del tipo volcánicas del Cretácico inferior alto. Secuencias y complejos volcánicos continentales, lavas y brechas basálticas a andesíticas, rocas piroclásticas, andesíticas a riolítcas.

Rocas Ki2m, del tipo volcanosedimentario del Neocomiano. Secuencias volcánicas y sedimentarias marinas; lavas andesíticas y basálticas, tobas y brechas volcánicas y sedimentarias de areniscas y calizas fosilíferas Rocas Tr1m, del tipo sedimentario del Triásico Superior. Secuencias sedimentarias marinas y transicionales; areniscas conglomerados, limonitas y calizas.

En particular, la zona del proyecto se encuentra en las unidades OM2c y PL3t.

En la figura siguiente se muestra la geología de la zona de interés.

Mapa Geológico del Sector



Pl3t
Pleistoceno
Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso. En la Depresión Central y valles de la Cordillera Principal, regiones V a VII: Ignimbrita Pudahuel y Toba Loma Seca.

OM2c
Oligoceno-Mioceno
Secuencias volcanosedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas. En la Cordillera Principal, regiones I a IX: formaciones Lupica, Escabroso, Abanico, Coya-Machalí, Cura-Mallín (inferior).

3.2. Antecedentes Geotécnicos

De la visita efectuada, en la cual se observaron cortes en diferentes sectores cercanos al embalse Astillero Alto y Don Adolfo y en especial los cortes donde se obtuvo material para la reconstrucción del embalse, es posible establecer que los suelos donde se encuentra fundado el embalse corresponden a arcillas areno limosas, de color café. Son suelos de plasticidad media, compacidad alta, humedad natural baja y permeabilidad de media a baja.

En cuanto a la presa misma, esta se encuentra formada por rellenos de arenas arcillo limosas y arenas limo arcillosas (correspondientes a materiales similares a los indicados en el párrafo anterior). La compacidad que tienen los materiales colocados en el muro es de media a alta, su plasticidad es de media a baja y la permeabilidad asociada es de media a baja.

4. TRABAJO DE TERRENO

4.1. Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso. La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo y coordenadas de los embalses que serían diagnosticados.
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:
  - Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
  - 1 Distanciómetro laser (PCE-LRF 600) y una huincha metálica (para mediciones de larga y corta longitud, respectivamente)
  - GPS (2) Magellan
  - 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

4.2. Estado Actual del Embalse

La visita al embalse Astillero Alto se realizó el día Martes 7 de Septiembre de 2010.

La ficha de registro del embalse, cuyo formato fue entregado por la DGA, está organizada en tres Grupos de identificación; Antecedentes Generales, Ubicación del Embalse y Antecedentes Técnicos. En el Anexo 1 se incluye la ficha del embalse Astillero Alto.

4.3. Diagnóstico en Terreno

El embalse Astillero Alto, es utilizado para el riego de 62 hás de maíz semillero y empastado. Se construyó el año 1950, y sufrió severos daños por el terremoto, daños que fueron reparados por la empresa Cepia Ltda. Este embalse es alimentado de aguas lluvias y del estero Lo Vargas. La longitud total del muro aproximada es de 200 m, el cual tiene una forma de "L".

Al momento de la visita el agua se encontraba a una altura aproximada de 2,5 m entre el coronamiento y el agua.

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe "verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos".

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas e infraestructura fundamentalmente.

A continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

4.3.1. Propiedad

El embalse es de propiedad de la Sociedad Agrícola Astillero Alto Ltda. y Agrícola Don Adolfo Limitada.

Los datos de contacto son:

- Sr. Gustavo Díaz: 93331264
- Sr. Roberto de La Mare: 92229336

4.3.2. Descripción General

De la información obtenida de la visita, es posible establecer que el embalse Astillero Alto y Don Adolfo sufrió severos daños por causa del terremoto del 27 de Febrero de 2010. La gravedad de los daños y la necesidad de contar con agua para riego en la temporada de riego que viene, llevó a los propietarios a reparar prácticamente la totalidad del muro. El proyecto de reparación lo efectuó la empresa Cepia y consistió básicamente en remover los 3 m superiores del muro, reponiéndolos con nuevo material y dándole una altura mayor en 1,5 ms.

El muro del embalse Astillero Alto y Don Adolfo se orienta aproximadamente en dirección Norte Sur, y tiene una longitud total de aproximadamente 200 m. La altura máxima del muro es de unos 12 m. Según se informó el muro original tenía taludes de aguas arriba de 1:2,5 (V:H) y de aguas abajo de 1:2 (V:H). El ancho de coronamiento era de 6 m.

El muro reparado tiene un ancho de coronamiento de 4,5 m (debería haber sido de 5 m según informó el el Sr. Rodrigo Quintanilla de Cepia, profesional que se encontraba in situ en el momento de la visita). Los taludes son de aproximadamente 32°, tanto para aguas arriba como para aguas abajo en los primeros 2 m. Para el caso del talud de aguas abajo, bajo los 2 m el talud es de 20°. El talud de aguas

arriba bajo los 2 m no pudo ser medido debido a que en momento de la visita se encontraba con agua.

Al momento de la visita el nivel del agua en el embalse era de 1,5 m bajo el nivel del coronamiento. La altura máxima del muro es de aproximadamente 4 m.

Es importante destacar que el muro reparado presenta abundantes filtraciones en dos sectores, una en el estribo izquierdo, que al parecer es antigua y que se ubica al pie del talud, y otra ubicada del centro del muro hacia el estribo derecho, que aparece unos 4 m bajo el coronamiento. Estas filtraciones, y en especial la segunda, deben ser estudiadas y resueltas a la brevedad ya que pueden ser potencialmente peligrosas.

Considerando que no ha pasado mucho tiempo desde la reparación (como máximo 2 meses) y que por lo tanto pueden presentarse problemas adicionales en el tiempo, el muro se observa en regular estado.

En efecto, se observan 2 grietas longitudinales aproximadamente en el sector central del muro. Ambas grietas miden unos 15 m de longitud, tienen un espesor máximo de 15 cm y una profundidad estimada en 3 m. Dado que no ha habido sismos de importancia en el sector, se asocian las grietas observadas a acomodaciones del material del muro, lo que podría indicar una compactación poco adecuada o taludes muy exigidos. Este tema debiera analizarse con mayor profundidad, ya que es una situación peligrosa.

Por otra parte, se observan numerosas cárcavas superficiales debido a la erosión del agua lluvia sobre el material. Este problema deberá resolverse ya que también es potencialmente peligroso.

Con relación a la seguridad que tenga la presa, no es posible establecerla sin analizar en detalle el estudio técnico de estabilidad de taludes que definió su geometría, ni sin tener los antecedentes relativos a las granulometrías, permeabilidades y ensayes de compactación de los suelos utilizados. Tampoco se sabe si el sismo considerado para el diseño es apropiado para la zona.

Por último, se insiste en la necesidad de estudiar el potencial peligro que revisten las filtraciones tanto al pie como en la zona media del talud de aguas abajo.

Se presenta, a continuación, una serie de fotografías de la visita efectuada.

Fotografía del Muro Reconstruido Mirando desde Estribo Izquierdo (La poza que se ve a la izquierda corresponde a Filtraciones)

Cárcavas Superficiales por Erosión de Agua Lluvia en Estribo Izquierdo

Primera Grieta en Zona Central Del Muro

Segunda Grieta en Zona Central del Muro

Segunda Grieta Longitudinal

Afloramiento de Filtraciones a Medio Talud

Cárcavas Superficiales por Erosión

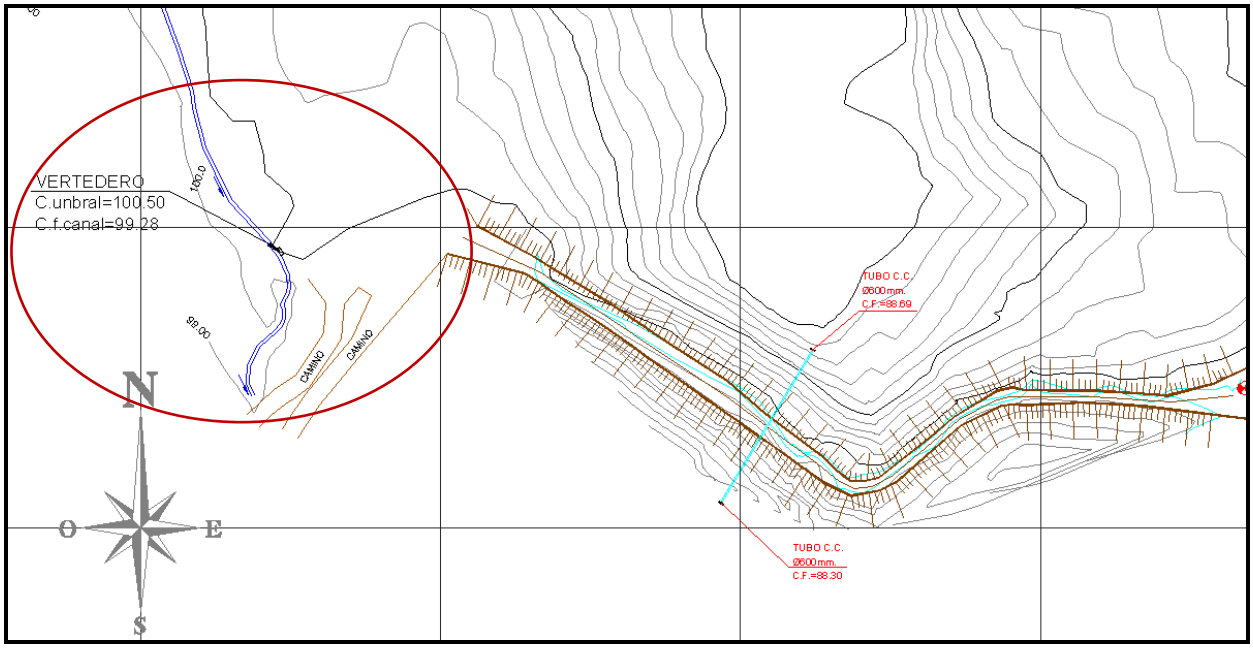
4.3.3. Vertedero

El vertedero del embalse corresponde a una estructura de hormigón de largo 1,3 m y espesor 0,2 m, sin estructura de control. El vertedero descarga a un canal de contorno el que descarga a su vez a un cauce sin nombre; en las siguientes fotografías se muestra el vertedero, el cual está operativo.

Vertedero Embalse Astillero Alto

En la Figura 4.3.3-1 se muestra la ubicación del vertedero en planta.

FIGURA 4.3.3-1
UBICACIÓN VERTEDERO



4.3.4. Cuenca Aportante

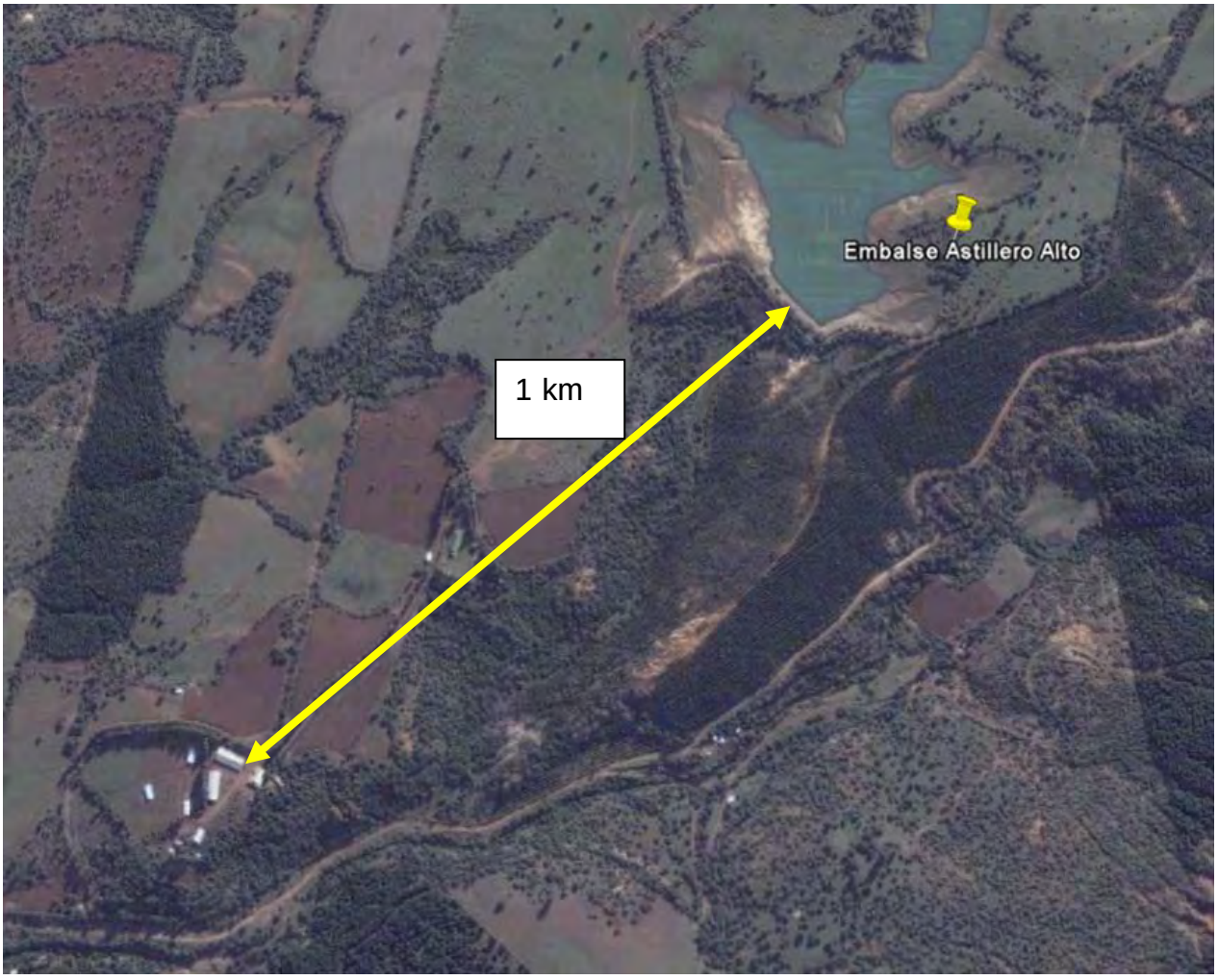
El embalse Astillero Alto es llenado con aguas lluvias y aguas que provienen del estero Lo Vargas que ascienden a 90 l/s como promedio anual.

Cuenca Aportante (aproximada); 728 hás

4.3.5. Zona afectada en caso de falla

La zona afectada en caso de falla corresponde a las casas patronales que se localizan a 1 km del muro del embalse.

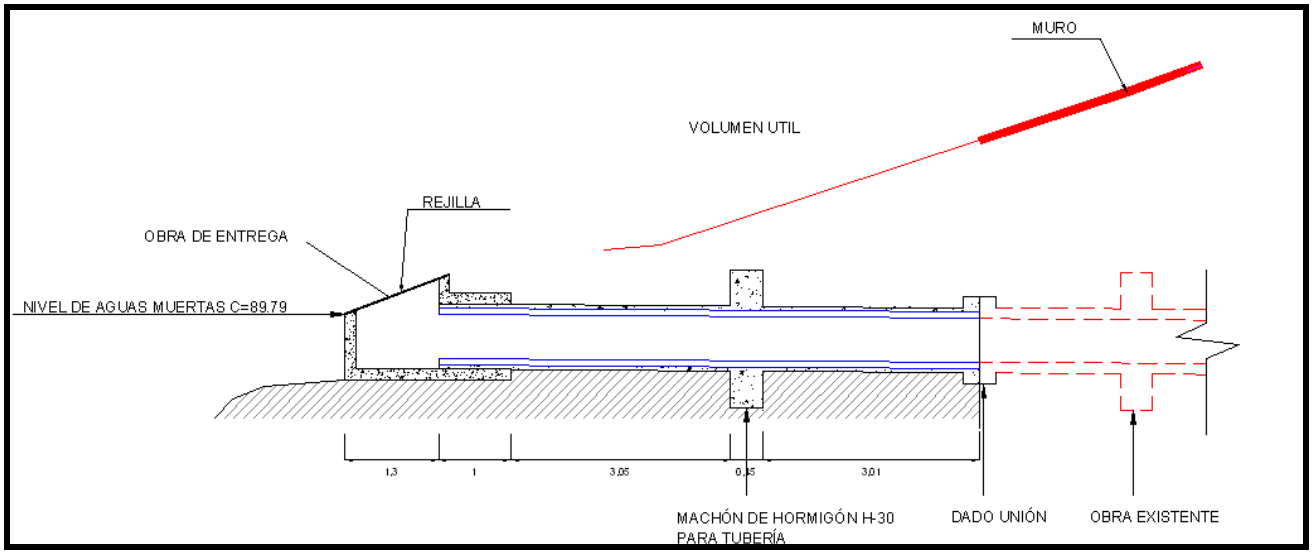
Zona Afectada en Caso de Falla



4.3.6. Operatividad al momento de la visita

Al momento de la visita, el embalse se encontraba operativo; su volumen máximo es de 621.000 m3 (Cepia Ingenieros, Mayo 2010). La obra de toma está constituida por un tubo de CC de 600 mm de diámetro, dispuesto como se indica en el siguiente esquema.

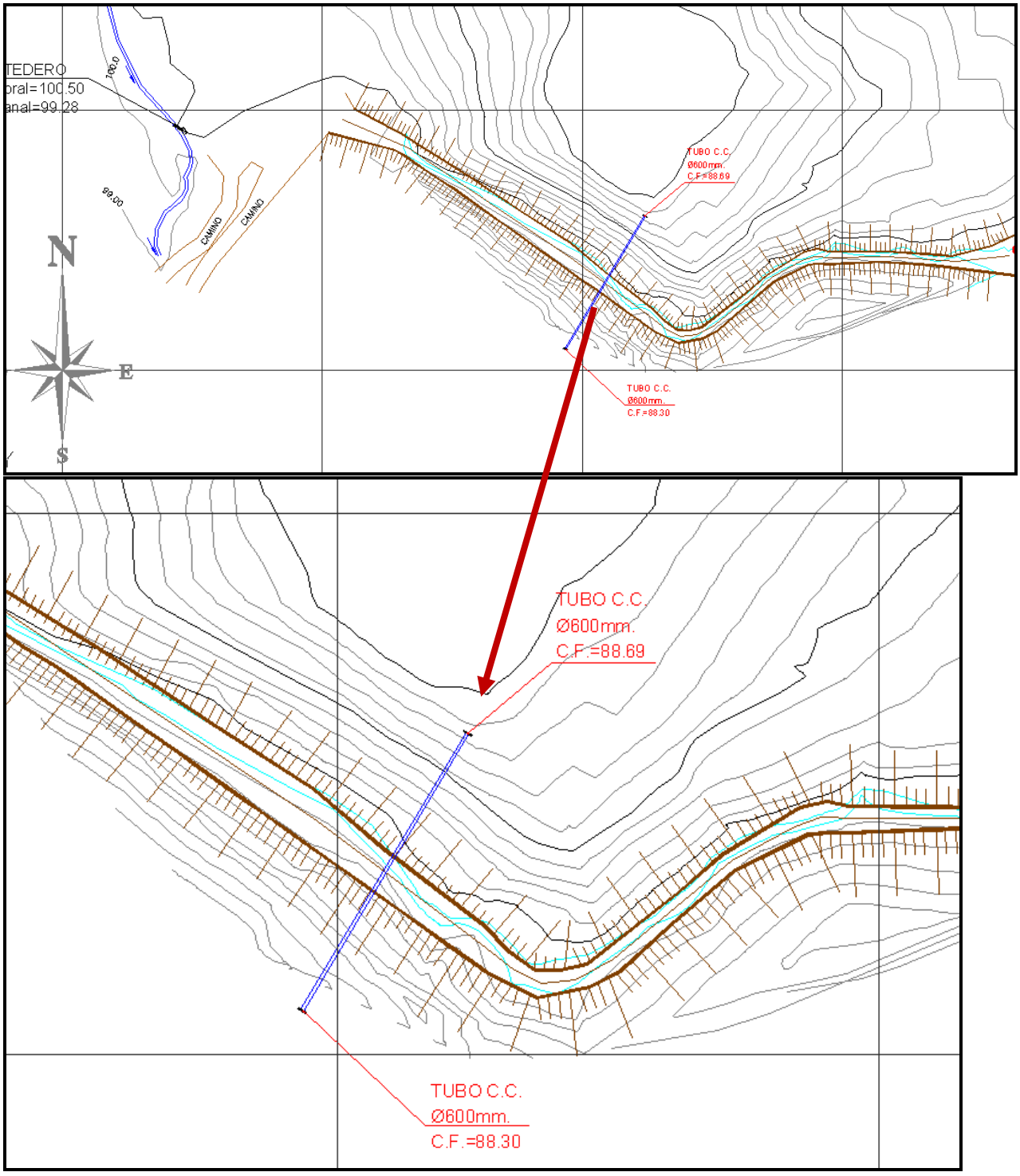
Obra de Toma



Esta obra descarga a un canal, a través del cual se riegan 62 hás de maíz semillero.

La ubicación de la obra de toma en planta se muestra en la Figura 4.3.6-1 siguiente.

FIGURA 4.3.6-1
UBICACIÓN DE OBRA DE TOMA



4.3.7. Operatividad en situación de lluvias

De acuerdo con lo observado en terreno y a los informes de la empresa Cepia Ingenieros, quiénes hicieron el proyecto de reparación del embalse posterior al terremoto del 27 de Febrero, en situaciones de lluvias importantes el embalse se ha comportado bien y el vertedero ha funcionado correctamente.

4.4. Conclusiones

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

i) El muro del embalse Astillero Alto Y Don Adolfo ha sido reconstruido completamente en sus 3 m superiores.
ii) Se deberá analizar el proyecto de reconstrucción efectuado, así como los antecedentes de mecánica de suelos de la construcción (granulometrías, ensayes de compactación, etc.) para poder determinar si son los adecuados.
iii) La existencia de importantes grietas longitudinales en el sector central del muro ya reparado (longitud de 15 m, espesor de 15 cm y profundidad de 3 m, aproximadamente) y la existencia de notorias filtraciones a media falda en el talud de aguas abajo hacen dudar de la seguridad de la presa.
iv) El talud de aguas arriba no cuenta con protección contra el oleaje.
v) Existen abundantes filtraciones al pie del talud de aguas abajo que deberán analizarse a fin de determinar su eventual peligrosidad.
vi) El poco tiempo transcurrido desde la reconstrucción del muro (2 o 3 meses) no permite establecer la existencia de asentamientos, deformaciones ni otros defectos propios del efecto del transcurso del tiempo sobre el muro compactado.

4.5. Recomendaciones

Se considera necesario que un Ingeniero Especialista en Presas estudie con detención el proyecto de reparación efectuado por la consultora Cepia y los resultados de ensayes de control realizados durante la construcción, de modo de determinar la seguridad que tiene este embalse.

No obstante lo anterior, las importantes grietas que han aparecido en el muro reparado y la existencia de notorias filtraciones a media falda del talud de aguas abajo, hacen dudar de la seguridad de la obra, por lo cual se recomienda mantener el nivel del agua, como máximo, 5 m bajo el nivel de coronamiento.

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	EMBALSE ASTILLERO ALTO	
Propietario	Soc. Agr. Astillero Alto Ltda. y	
	Agr. Don Adolfo Ltda.	
RUT Propietario		
Año de construcción	1950	
Cuenca / Código DGA	rio maule/ 073	
Subcuenca / Código DGA	rio claro/ 0737	
Fuente del recurso		

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	07-09-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	si
Altura del muro > 5 m	si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Región del Maule
Provincia	Talca
Comuna	Pelarco
Coordenadas UTM Estribo Derecho	
Coord. UTM Centro Muro	
Coordenadas UTM Izq	Norte= 6.083.573 Este= 300.196
Datum	WGS 84 Huso 19
Altitud	D= C= I= 429 msnm

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	X
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	X
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	
Longitud del coronamiento	200 m
Ancho del coronamiento	D= C= 6 m I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= 27 ° I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= 27 ° I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	
Profundidad máxima de agua en sector del muro	-
Área estimada o calculada de la poza	60.743 m2
Ancho máximo de la poza	320 m
Largo de la poza	500 m
Volumen declarado o proyectado	621.000 m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Regular
Compacidad del material estructural	Alta
Uniformidad de los taludes	Uniformes
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	No
Grietas visibles y su ubicación	Si
Indicios de deslizamientos y ubicación	No
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	Si, 3 m
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	Si
Tipo de revestimiento del muro	

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	X
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	X
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	X
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	X
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	Cajón Abierto de Hormigón
Material constructivo	Hormigón
Estado de conservación y operatividad	Operativo
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	1,3 m de largo, muros de 0,2 m

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Tubo CC , D= 600 mm, fondo del embalse, esn sector muro
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	Operativo

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO AGUAS

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	
Densidad de población en las cercanías del tranque	za 1 km se ubican las casas patronales
Distancia hacia zonas agrícolas	
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	
Área de riego servida por el tranque analizado	

11. FOTOGRAFÍAS

Muro del Embalse

Vertedero

Grietas en Muro

Obra de Entrega para Riego

12. OBSERVACIONES

SEGUNDA VISITA
EMBALSE ASTILLERO ALTO - DON ADOLFO

INDICE

1. Introducción 1

2. Conclusiones y Recomendaciones efectuadas en base a la Primera Visita. 1

2.1. Conclusiones.....1

2.2. Recomendaciones 2

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita 2

EMBALSE ASTILLERO ALTO
SEGUNDA VISITA TECNICA

1. Introducción

Debido al terremoto ocurrido en la zona central sur del país el 27 de febrero del año en curso, muchas represas sufrieron considerables daños en su estructura y obras anexas. Por este motivo, la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas efectuó un proceso de fiscalización de la situación que presentan varios embalses en el área afectada por dicho terremoto. Dicha fiscalización entregó para cada uno de los embalses visitados recomendaciones para las reparaciones, en caso que estas fueran necesarias.

Como una segunda etapa al proceso de fiscalización, se efectuó una segunda visita a los embalses ya visitados, para examinar la situación que presentaban estos embalses a varios meses de entregado el primer informe.

Como parte de estas segundas visitas, se encargó a la Consultora Aquaterra Ingenieros Ltda. la inspección del Embalse Astillero Alto, ubicado en la comuna de Pencahue, VII Región. Las coordenadas UTM, Datum WGS 84, del embalse son: 300.196 Este y 6.083.573 Norte.

En la Inspección, que se efectuó el día Sábado 18 de Diciembre de 2010, participaron los ingenieros civiles Jaime Vargas y Kricor Bzdigian.

2. Conclusiones y Recomendaciones efectuadas en base a la Primera Visita.

Como consecuencia de la primera visita, se elaboró un informe con conclusiones y recomendaciones para la reparación del muro del embalse. Dichas conclusiones y recomendaciones fueron las siguientes:

2.1. Conclusiones

i) El muro del embalse Astillero Alto Y Don Adolfo ha sido reconstruido completamente en sus 3 m superiores.

ii) Se deberá analizar el proyecto de reconstrucción efectuado, así como los antecedentes de mecánica de suelos de la construcción (granulometrías, ensayes de compactación, etc.) para poder determinar si son los adecuados.

iii) La existencia de importantes grietas longitudinales en el sector central del muro ya reparado (longitud de 15 m, espesor de 15 cm y profundidad de 3 m, aproximadamente) y la existencia de notorias filtraciones a media falda en el talud de aguas abajo hacen dudar de la seguridad de la presa.

iv) El talud de aguas arriba no cuenta con protección contra el oleaje.

v) Existen abundantes filtraciones al pie del talud de aguas abajo que deberán analizarse a fin de determinar su eventual peligrosidad.

vi) El poco tiempo transcurrido desde la reconstrucción del muro (2 o 3 meses) no permite establecer la existencia de asentamientos, deformaciones ni otros defectos propios del efecto del transcurso del tiempo sobre el muro compactado.

2.2. Recomendaciones

Se considera necesario que un Ingeniero Especialista en Presas estudie con detención el proyecto de reparación efectuado por la consultora Cepia y los resultados de ensayes de control realizados durante la construcción, de modo de determinar la seguridad que tiene este embalse.

No obstante lo anterior, las importantes grietas que han aparecido en el muro reparado y la existencia de notorias filtraciones a media falda del talud de aguas abajo, hacen dudar de la seguridad de la obra, por lo cual se recomienda mantener el nivel del agua, como máximo, 5 m bajo el nivel de coronamiento.

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita

Al momento de efectuarse la segunda visita, el muro del Embalse Astillero Alto no presentaba evidencias de ninguna reparación. La situación del estado actual del embalse sigue siendo la misma en que se encontraba el muro en la primera visita, incluso en algunas partes del muro, la situación ahora es aún peor. A continuación se señala lo que se pudo observar en esta segunda visita:

- El embalse está operando, pero debido a las importantes grietas que han aparecido en el muro reparado y la existencia de notorias filtraciones a media falda del talud de aguas abajo, hacen dudar de la seguridad de la obra, por lo cual se recomienda mantener el nivel del agua, como máximo, 5 m bajo el nivel de coronamiento, para posteriormente efectuar las reparaciones que corresponden.
- Se presentan las mismas grietas observadas en la primera visita, pero algunas de ellas han sido tapadas por material superficial arrastrado por las lluvias.

- El talud de aguas arriba se encuentra bastante erosionado, lo cual induce nuevas grietas que antes no existían.
- Las evidentes filtraciones observadas en la primera visita aún se mantienen; incluso aparecen a la misma cota del agua en el embalse.
- La cota de agua del embalse ahora se encuentra aproximadamente 1 a 2 m más bajo que en la primera visita.
- El ancho del coronamiento se ha ido angostando producto de la erosión que han ido produciendo las lluvias.
- De acuerdo con lo observado, no se ha hecho ninguna de las reparaciones recomendadas en la primera visita efectuada.

A continuación se presentan algunas fotografías obtenidas en esta segunda visita.

GRIETA CURVA EN SECTOR DE AGUAS ARRIBA DEL MURO

EROSIÓN EN TALUD DE AGUAS ARRIBA PRODUCIDA POR OLEAJE Y LLUVIAS

FILTRACIONES AL PIE DEL MURO

ANGOSTAMIENTO DEL ANCHO DE CORONAMIENTO PRODUCTO DE LA EROSIÓN EN EL TALUD DE AGUAS ARRIBA

GRIETAS EN SECTOR DE OBRA DE ENTREGA

VERTEDERO (ESTÁ EN LAS MISMAS CONDICIONES DE LA PRIMERA VISITA)

EMBALSE LAS MERCEDES
COMUNA DE RÍO CLARO

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1. Introducción 1

1.2. Objetivos Generales 2

1.3. Objetivos Específicos 2

2. ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1. Accesos al Embalse Visitado 3

3. FUENTES DE INFORMACIÓN 5

3.1. Antecedentes Geológicos 5

3.2. Antecedentes Geotécnicos 7

4. TRABAJO DE TERRENO 8

4.1. Metodología 8

4.2. Estado Actual del Embalse 8

4.3. Diagnóstico en Terreno 9

4.3.1. Propiedad 9
4.3.2. Descripción General 9
4.3.3. Vertedero 13
4.3.4. Cuenca Aportante 14
4.3.5. Zona afectada en caso de falla 14
4.3.6. Operatividad al momento de la visita 14
4.3.7. Operatividad en situación de lluvias 16

4.4. Conclusiones 16

4.5. Recomendaciones 16

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados al embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del mismo.

1.2. Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3. Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno del embalse asignado; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2. ÁREA DE ESTUDIO

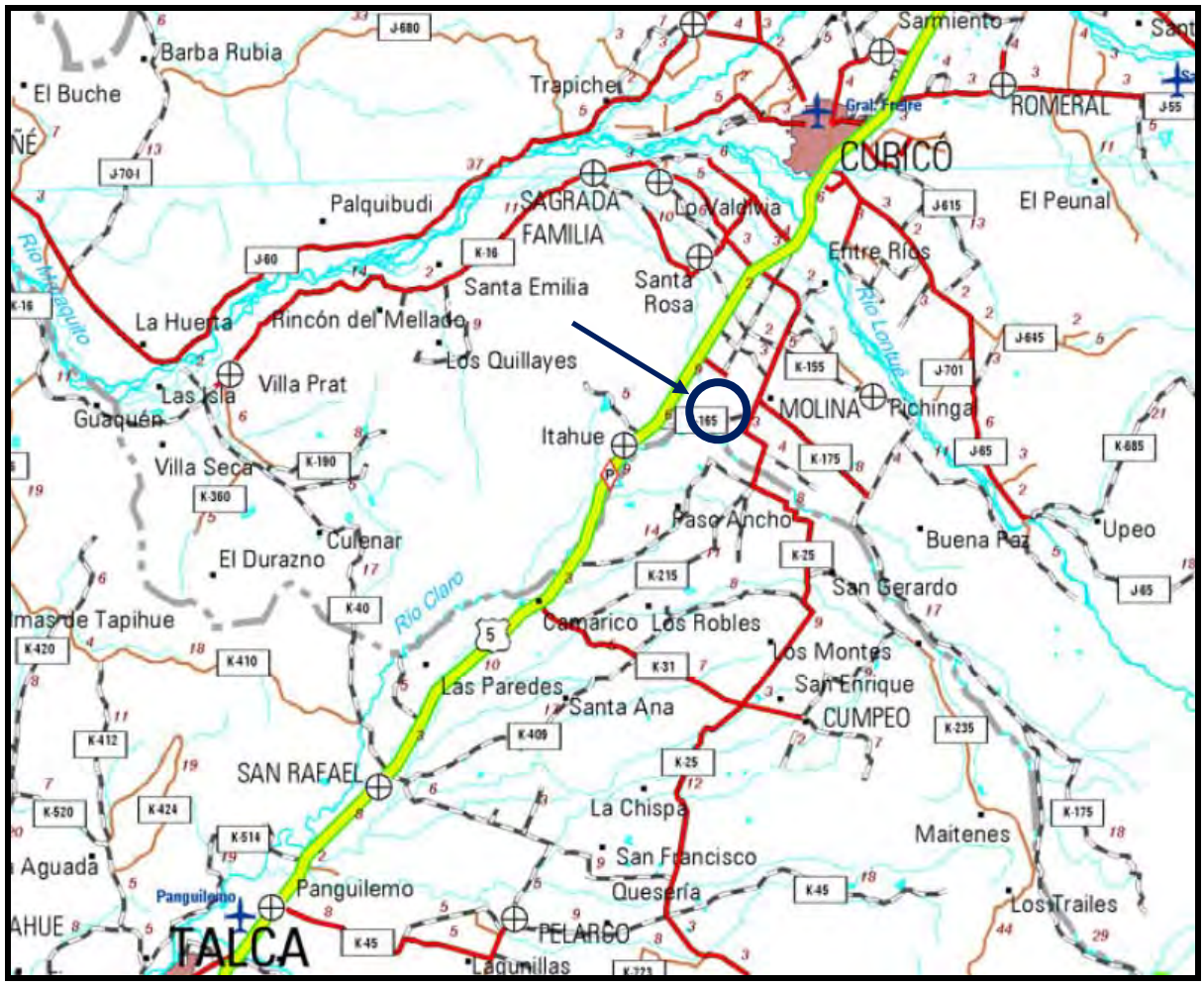
El área de estudio en esta visita corresponde a la VII Región del Maule, comuna de Río Claro, Provincia de Talca, donde se visitó el denominado Embalse Cisne de Cuello Negro, Las Mercedes; sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes (sector vertedero).

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
	Uso	Norte	Este	Msnm
Embalse Las Mercedes	19	6.069.914	294.544	317

2.1. Accesos al Embalse Visitado

La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSE LAS MERCEDES



- **Acceso Específico Embalse las Mercedes**

Por la ruta 5 Sur, de Norte a Sur, viniendo desde Curicó, se cruza el Río Lontué, y aproximadamente 15 km al Sur del puente sobre el río Lontué, doblar a mano izquierda en el sector de Itahue; luego tomar camino de tierra hacia el Norte y 4 km antes de llegar a Molina se ubica el embalse; éste se ubica a la orilla del camino de tierra.

UBICACIÓN ESPECÍFICA

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
- Visita a terreno.
- Carta Geológica de Chile

3.1. Antecedentes Geológicos

La geología de la cuenca del Maule posee diversas formaciones rocosas entre ellas destacan:

- **Sector bajo de la cuenca:**

Rocas Jig, del tipo intrusiva del Jurásico Inferior. Dioritas, gabros y monzodioritas de piroxeno, dioritas cuarcíferas y granodioritas y tonalitas de hornblenda y biotita.

Rocas Pz4a, del tipo metamórficas del Silúrico-Carbonífero. Esquistos muscovíticos y metabasales, metachert y serpentinas con metamorfismos de alto gradiente P/T y metamorfismo del Carbonífero Temprano

Rocas Pz4b, del tipo sedimentaria del Silúrico-Carbonífero. Pizarras, filitas y metareniscas con metamorfismo de bajo gradiente del carbonífero temprano

Rocas CPg, del tipo intrusiva del Carbonífero-Pérmico. Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas de hornblenda y biotita, localmente de muscovita

Rocas Kia2, del tipo volcano-sedimentario del Cretácico inferior alto-cretácico superior bajo. Secuencias sedimentarias sedimentarias y volcánicas, rocas epiclásticas, piroclásticas, lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas

- **Sector medio de la cuenca:**

Rocas Pl3t, del tipo volcánicas del Pleistoceno. Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso.

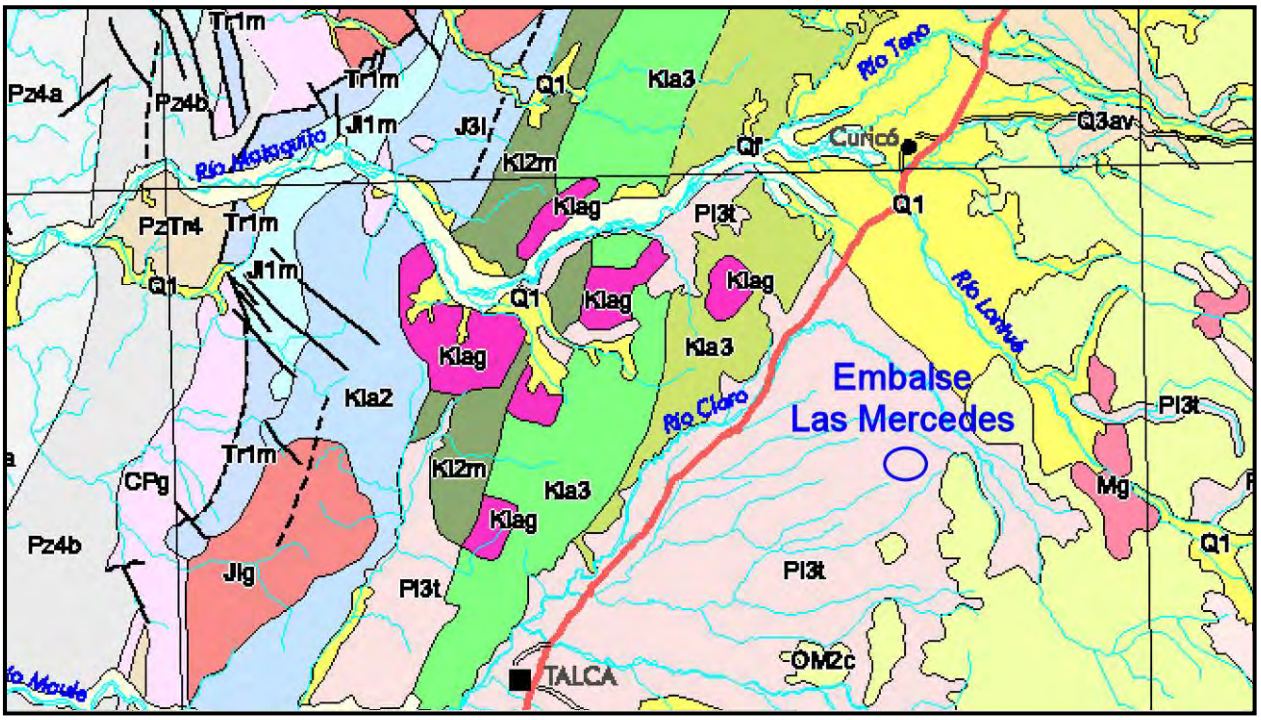
Rocas Q1, del tipo sedimentarias del Pleistoceno-Holoceno. Depósitos aluviales coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.

Rocas Kia3, del tipo volcánicas del Cretácico inferior alto. Secuencias y complejos volcánicos continentales, lavas y brechas basálticas a andesíticas, rocas piroclásticas, andesíticas a riolítcas.

Rocas Ki2m, del tipo volcanosedimentario del Neocomiano. Secuencias volcánicas y sedimentarias marinas; lavas andesíticas y basálticas, tobas y brechas volcánicas y sedimentarias de areniscas y calizas fosilíferas Rocas Tr1m, del tipo sedimentario del Triásico Superior. Secuencias sedimentarias marinas y transicionales; areniscas conglomerados, limonitas y calizas.
En particular, la zona del proyecto se encuentra en las unidades Pl3t

En la figura siguiente se puede observar el mapa geológico del sector.

Geología Regional



Pl3t
Pleistoceno
Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso. En la Depresión Central y valles de la Cordillera Principal, regiones V a VII: Ignimbrita Pudahuel y Toba Loma Seca.

3.2. Antecedentes Geotécnicos

De la visita efectuada, en la cual se observaron cortes en diferentes sectores cercanos al embalse Las Mercedes, es posible establecer que los suelos donde se encuentra fundado el embalse corresponden a arcillas arenosas de color café. Son suelos de plasticidad media a alta, baja permeabilidad y consistencia alta.

En cuanto a la presa misma, esta se encuentra formada por rellenos de suelos similares a los que se encuentran naturalmente en el sector, es decir arcillas arenosas. La compacidad que tienen los materiales colocados en el muro es alta, su plasticidad es media y la permeabilidad asociada es baja.

4. TRABAJO DE TERRENO

4.1. Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso. La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo y coordenadas de los embalses que serían diagnosticados.
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:
  - Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
  - 1 Distanciómetro laser (PCE-LRF 600) y una huincha metálica (para mediciones de larga y corta longitud, respectivamente)
  - GPS (2) Magellan
  - 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

4.2. Estado Actual del Embalse

La visita al embalse Las Mercedes se hizo el día Martes 7 de Septiembre de 2010.

La ficha de registro del embalse, cuyo formato fue entregado por la DGA, está organizada en tres Grupos de identificación; Antecedentes Generales, Ubicación del Embalse y Antecedentes Técnicos. En el Anexo 1 se incluye la ficha del embalse Las Mercedes.

4.3. Diagnóstico en Terreno

El embalse Las Mercedes tiene como finalidad principal proveer a 30 – 40 parcelas. El volumen aproximado del embalse es de 110.000 m3; actualmente se encuentra fuera de operación y vacío debido al deterioro de sus muros que produjo el terremoto del 27 de Febrero del año en curso.

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe "verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos".

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas e infraestructura fundamentalmente.

A continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

4.3.1. Propiedad

El embalse pertenece al Bien Común Las Mercedes Río Claro (Bien Común Nº 5, Sitio 8, Las Mercees).

Los datos de contacto son:

- Pdte. (aguatero) Alejandro Muñoz: 9-9917914

4.3.2. Descripción General

Conforme a lo observado el embalse Las Mercedes está formado por una presa de material homogéneo, que acumula las aguas proporcionadas por un canal afluente mediante la disposición de cuatro muros en un sector de pendiente bastante moderada. Los muros se ubican aproximadamente según los puntos cardinales y tienen las siguiente longitudes: muro Norte 200 m, muro Oeste 140 m y los lados Sur y Este 140 m y 80 m cada uno, respectivamente. La altura máxima, que se encuentra hacia el norte del muro oeste es de unos 7 m. El ancho de coronamiento es variable entre 4 y 5 m. La inclinación aproximada de los taludes de la presa es de 22° para aguas arriba y de 30° para aguas abajo.

Al momento de la visita el embalse se encontraba seco.

En cuanto a la situación actual de la presa, durante la visita fue posible constatar graves daños en el muro Oeste. Los daños consisten en grietas longitudinales de

hasta 20 cm de espesor a lo largo del coronamiento con descenso en el lado de aguas arriba, que reflejan el desplazamiento del talud de aguas arriba hacia dentro del embalse. La longitud de esta falla es de unos 50 m, que corresponden desde la zona central de este muro hacia el Norte (sector donde se alcanza la mayor altura, de aproximadamente 7 metros). Desde la zona central hacia el Sur, se observan grietas longitudinales de unos 20 m de longitud pero de espesores menores a 1 cm.

Los 3 muros restantes, esto es, muros Este, Norte y Sur, no presentan problemas visibles, probablemente debido a las menores alturas involucradas.

La profundidad de las grietas es difícil de establecer pero se estiman del orden de 3 a 4 m.

Se presenta, a continuación, una serie de fotografías de los daños producidos por el terremoto del 27 de febrero de 2010 en el embalse Las Mercedes.

Fotografía de Grieta en Muro Oeste, Desde Vértice Norte-Oeste

Fotografía Grietas Muro Oeste

Fotografía Grietas Muro Oeste

Fotografía Grietas Longitudinales Muro Oeste

Fotografía Detalle Grietas Muro Oeste

4.3.3. Vertedero

El vertedero consiste en un cajón de hormigón que se emplaza lateralmente en uno de los muros del embalse. Junto con la descarga, se ubica el canal alimentador. El vertedero (y obra de alimentación al embalse donde llegan las aguas del canal) tiene un ancho de 1 m y muros de 0,2 m de espesor; además hay una compuerta frontal al canal alimentador que permite que las aguas del canal sigan hacia aguas abajo, sin alimentar al embalse.

Sector Vertedero y Canal Alimentador

Zona Compuerta Frente Canal Alimentador

4.3.4. Cuenca Aportante

El embalse Las Mercedes no tiene cuenca aportante.

4.3.5. Zona afectada en caso de falla

La potencial zona de falla corresponde a viviendas ubicadas por el sector del muro lado Este, además del camino de tierra principal (ruta K-215).

4.3.6. Operatividad al momento de la visita

Al momento de la visita, el embalse se encontraba vacío sin operar producto de los daños que produjo el terremoto. Este embalse se llena con aguas que vienen de un ramal del canal Las Mercedes, que nace en el sector de Maitenes (el agua viene del río Claro).

Cuando el embalse estaba operativo, la entrega de agua para riego la hacía a través de una obra de hormigón con compuerta al fondo (0,9 m de ancho, 0,5 m de alto, altura total de la obra de 4,5 m.

Obra de Entrega para Riego

4.3.7. Operatividad en situación de lluvias

De acuerdo con lo informado por el administrador del embalse, lo que confirma además que éste no tiene cuenca aportante, las aguas lluvias no presentan problemas en la operación de éste.

4.4. Conclusiones

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

i) El muro Oeste del embalse Las Mercedes presenta numerosas grietas longitudinales en el coronamiento, hacia el talud de aguas arriba.
ii) Las grietas se observan prácticamente en toda la longitud de este muro, pero son mucho mas gravas desde el centro hacia el Norte.
iii) Las grietas tienen espesores variables entre pocos milímetros y 20 cm.
iv) La profundidad de las grietas probablemente es de unos 3 m
v) Se observan desniveles entre grietas, lo que implica que se activaron zonas de falla.

4.5. Recomendaciones

a) Acciones Inmediatas

Se considera que la situación del embalse Las Mercedes es de peligro. Para aumentar la seguridad de esta obra, se considera imperativo seguir las siguientes acciones:

- Mantener el Embalse sin agua, mientras persista la situación actual de daños.
- Asegurar la posibilidad de evacuación de las aguas que eventualmente ingresen al embalse.

b) Reparaciones Necesarias

Se considera que la reparación del muro del embalse Las Mercedes requiere de un proyecto de ingeniería que establezca mediante un modelo matemático de la presa, que considere además un sismo de diseño adecuado, los taludes tanto de aguas arriba como de aguas abajo que garanticen un funcionamiento seguro tanto para la situación estática como dinámica

En forma preliminar, y sólo a manera de anteproyecto se presentan las siguientes medidas de reparación. Se reitera que las acciones siguientes sólo tienen como finalidad la valorización estimada de los trabajos y no son de ninguna manera un proyecto de reparación.

- Se deberá, en primer lugar, mantener vacio el embalse, asegurando que no llegarán aportes de aguas, ya sean estos de la propia cuenca o del canal de aducción al embalse.
- Se deberá extraer de la zona del muro oeste (tanto del talud de aguas arriba como desde el fondo en la parte cercana al pie del talud) todo el material suelto y todo el que se vea próximo a caer.
- Se excavarán los tres metros superficiales desde el coronamiento hacia abajo en toda la longitud del muro oeste.
- Se excavará el talud de aguas arriba y de aguas abajo, de manera de dejar una superficie escalonada para colocar sobre ella los rellenos de reparación. Cada escalón tendrá una altura de 0.6 metros (correspondiente a dos capas) y un espesor de 0.5 metros.
- Se efectuarán los rellenos de reparación (en base a materiales similares a los constitutivos de la presa)
- Los rellenos se colocarán en capas compactadas, como mínimo, al 95% de la densidad máxima compactada seca, según ensaye Proctor Modificado
- La magnitud de los rellenos deberá considerar dejar un coronamiento de 5 m de ancho y un talud de aguas arriba de 1:2,5 (V:H) y un talud de aguas abajo de 1:2 (V:H)
- La cota final del coronamiento, deberá ser al menos igual que la actual.
- Sobre el talud de aguas arriba se deberá colocar una capa de material granular (grava comprendida entre 5 y 15 cm de diámetro) de 25 cm de espesor.

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	EMBALSE LAS MERCEDES	
Propietario	Soc. Agrícola y Forestal Sta. Elena Ltda.	
RUT Propietario		
Año de construcción		
Cuenca / Código DGA	rio maule/073	
Subcuenca / Código DGA	rio claro/0737	
Fuente del recurso		

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	08-09-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	si
Altura del muro > 5 m	si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Región del Maule
Provincia	Talca
Comuna	Río Claro
Coordenadas UTM Der	
Coord. UTM Sureste Muro	Norte= 6.096.914 Este= 294.544
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= C= 317 msnm I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	X
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	X
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	560 m perímetro muros
Ancho del coronamiento	D= C= 4 a 5 m I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= 30º I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= 22º I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	
Profundidad máxima de agua en sector del muro	-
Área estimada o calculada de la poza	22.000 m2
Ancho máximo de la poza	140 m
Largo de la poza	200 m
Volumen declarado o proyectado	110.000 m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Regular
Compacidad del material estructural	Alta
Uniformidad de los taludes	Uniformes
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	Marginales
Grietas visibles y su ubicación	Varias grietas en muro Oeste, L= 50 m (espesor 20 cm) y 20 m (espesor 1 cm)
Indicios de deslizamientos y ubicación	No
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	
Tipo de revestimiento del muro	

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	X
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	X
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	X
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	X
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	
Material constructivo	Hormigón
Estado de conservación y operatividad	Ancho de 1 m, altura variable
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Compuerta con estructura de hormigón
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	No está operativo

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO AGUAS

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	Viviendas a un costado del muro Este
Densidad de población en las cercanías del tranque	
Distancia hacia zonas agrícolas	
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	3 m
Área de riego servida por el tranque analizado	200 ha

11. FOTOGRAFÍAS

Muro Oeste Dañado

Canal Alimentador y Vertedero

Obra de Entrega

Grieta en Muro Oeste

12. OBSERVACIONES

SEGUNDA VISITA
EMBALSE LAS MERCEDES

INDICE

1. Introducción 1

2. Conclusiones y Recomendaciones efectuadas en base a la Primera Visita. 1

2.1. Conclusiones.....1

2.2. Recomendaciones 2

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita 3

EMBALSE CISNE CUELLO NEGRO LAS MERCEDES
SEGUNDA VISITA TECNICA

1. Introducción

Debido al terremoto ocurrido en la zona central sur del país el 27 de febrero del año en curso, muchas represas sufrieron considerables daños en su estructura y obras anexas. Por este motivo, la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas efectuó un proceso de fiscalización de la situación que presentan varios embalses en el área afectada por dicho terremoto. Dicha fiscalización entregó para cada uno de los embalses visitados recomendaciones para las reparaciones, en caso que estas fueran necesarias.

Como una segunda etapa al proceso de fiscalización, se efectuó una segunda visita a los embalses ya visitados, para examinar la situación que presentaban estos embalses a varios meses de entregado el primer informe.

Como parte de estas segundas visitas, se encargó a la Consultora Aquaterra Ingenieros Ltda. la inspección del Embalse Cisne de Cuello Negro, Las Mercedes, ubicado en la comuna de Río Claro, VII Región. Las coordenadas UTM, Datum WGS 84, del embalse son: 294.544 Este y 6.069.914 Norte.

En la Inspección, que se efectuó el día Sábado 18 de Diciembre de 2010, participaron los ingenieros civiles Jaime Vargas y Kricor Bzdigian.

2. Conclusiones y Recomendaciones Efectuadas en Base a la Primera Visita.

Como consecuencia de la primera visita, se elaboró un informe con conclusiones y recomendaciones para la reparación del muro del embalse. Dichas conclusiones y recomendaciones fueron las siguientes:

2.1. Conclusiones

i) El muro Oeste del embalse Las Mercedes presenta numerosas grietas longitudinales en el coronamiento, hacia el talud de aguas arriba.
ii) Las grietas se observan prácticamente en toda la longitud de este muro, pero son mucho mas gravas desde el centro hacia el Norte.
iii) Las grietas tienen espesores variables entre pocos milímetros y 20 cm.
iv) La profundidad de las grietas probablemente es de unos 3 m

v) Se observan desniveles entre grietas, lo que implica que se activaron zonas de falla.

2.2. Recomendaciones

a) Acciones Inmediatas

Se considera que la situación del embalse Las Mercedes es de peligro. Para aumentar la seguridad de esta obra, se considera imperativo seguir las siguientes acciones:

- Mantener el Embalse sin agua, mientras persista la situación actual de daños.
- Asegurar la posibilidad de evacuación de las aguas que eventualmente ingresen al embalse.

b) Reparaciones Necesarias

Se considera que la reparación del muro del embalse Las Mercedes requiere de un proyecto de ingeniería que establezca mediante un modelo matemático de la presa, que considere además un sismo de diseño adecuado, los taludes tanto de aguas arriba como de aguas abajo que garanticen un funcionamiento seguro tanto para la situación estática como dinámica

En forma preliminar, y sólo a manera de anteproyecto se presentan las siguientes medidas de reparación. Se reitera que las acciones siguientes sólo tienen como finalidad la valorización estimada de los trabajos y no son de ninguna manera un proyecto de reparación.

- Se deberá, en primer lugar, mantener vacio el embalse, asegurando que no llegarán aportes de aguas, ya sean estos de la propia cuenca o del canal de aducción al embalse.
- Se deberá extraer de la zona del muro oeste (tanto del talud de aguas arriba como desde el fondo en la parte cercana al pie del talud) todo el material suelto y todo el que se vea próximo a caer.
- Se excavarán los tres metros superficiales desde el coronamiento hacia abajo en toda la longitud del muro oeste.
- Se excavará el talud de aguas arriba y de aguas abajo, de manera de dejar una superficie escalonada para colocar sobre ella los rellenos de reparación. Cada escalón tendrá una altura de 0.6 metros (correspondiente a dos capas) y un espesor de 0.5 metros.

- Se efectuarán los rellenos de reparación (en base a materiales similares a los constitutivos de la presa)
- Los rellenos se colocarán en capas compactadas, como mínimo, al 95% de la densidad máxima compactada seca, según ensaye Proctor Modificado
- La magnitud de los rellenos deberá considerar dejar un coronamiento de 5 m de ancho y un talud de aguas arriba de 1:2,5 (V:H) y un talud de aguas abajo de 1:2 (V:H)
- La cota final del coronamiento, deberá ser al menos igual que la actual.
- Sobre el talud de aguas arriba se deberá colocar una capa de material granular (grava comprendida entre 5 y 15 cm de diámetro) de 25 cm de espesor.

3. Situación del Embalse Al Momento de la Segunda Visita

Al momento de efectuarse la segunda visita, el muro del embalse Las Mercedes presentaba algunos signos de reparación, pero sólo en forma muy superficial y poco rigurosa. A continuación se señala lo que se pudo observar en esta segunda visita:

- La reparación parcial del muro del embalse, en el sector Oeste desde la compuerta de entrega para riego hacia el Norte (aproximadamente 50 m), consistió en excavar parte del muro (2 m), para luego volver a colocar el mismo material y compactarlo con las ruedas de la retroexcavadora.
- Lo anterior produjo que ahora no se observen las grietas, que de igual forma se mantienen por debajo del material que fuera excavado.
- Desde la compuerta de entrega hacia el Sur, las grietas que se observaron en la primera visita se mantienen.
- Ahora el embalse se encontraba lleno de agua, con una cota aproximada de 0,5 m bajo el coronamiento.
- Es importante destacar que el trabajo de reparación efectuado es absolutamente insuficiente dado la gravedad de los daños que produjo el terremoto.
- El embalse se encuentra operando, pero de acuerdo con lo observado en terreno y a las reparaciones necesarias efectuar, no debiera estar operativo.

A continuación se incluyen algunas fotografías que describen la situación actual del embalse Las Mercedes.

Grietas Muro Oeste Observadas en Primera Visita

Mismo Sector Observado en Segunda Visita

Grietas Longitudinales Muro Oeste Observadas en Primera Visita

Mismo Sector Observado en Segunda Visita

Grietas en Sector Compuerta de Entrega Hacia el Sur

EMBALSE EL MAITÉN
COMUNA DE CAUQUENES

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1. Introducción 1

1.2. Objetivos Generales 2

1.3. Objetivos Específicos 2

2. ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1. Accesos al Embalse Visitado 3

3. FUENTES DE INFORMACIÓN 5

3.1. Antecedentes Geológicos 5

3.2. Antecedentes Geotécnicos 7

4. TRABAJO DE TERRENO 8

4.1. Metodología 8

4.2. Estado Actual del Embalse 8

4.3. Diagnóstico en Terreno 9

4.3.1. Propiedad 9
4.3.2. Descripción General 9
4.3.3. Vertedero 12
4.3.4. Cuenca Aportante 14
4.3.5. Zona afectada en caso de falla 15
4.3.6. Operatividad al momento de la visita 16
4.3.7. Operatividad en situación de lluvias 17

4.4. Conclusiones 17

4.5. Recomendaciones 17

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados al embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del mismo.

1.2. Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3. Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno del embalse asignado; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2. ÁREA DE ESTUDIO

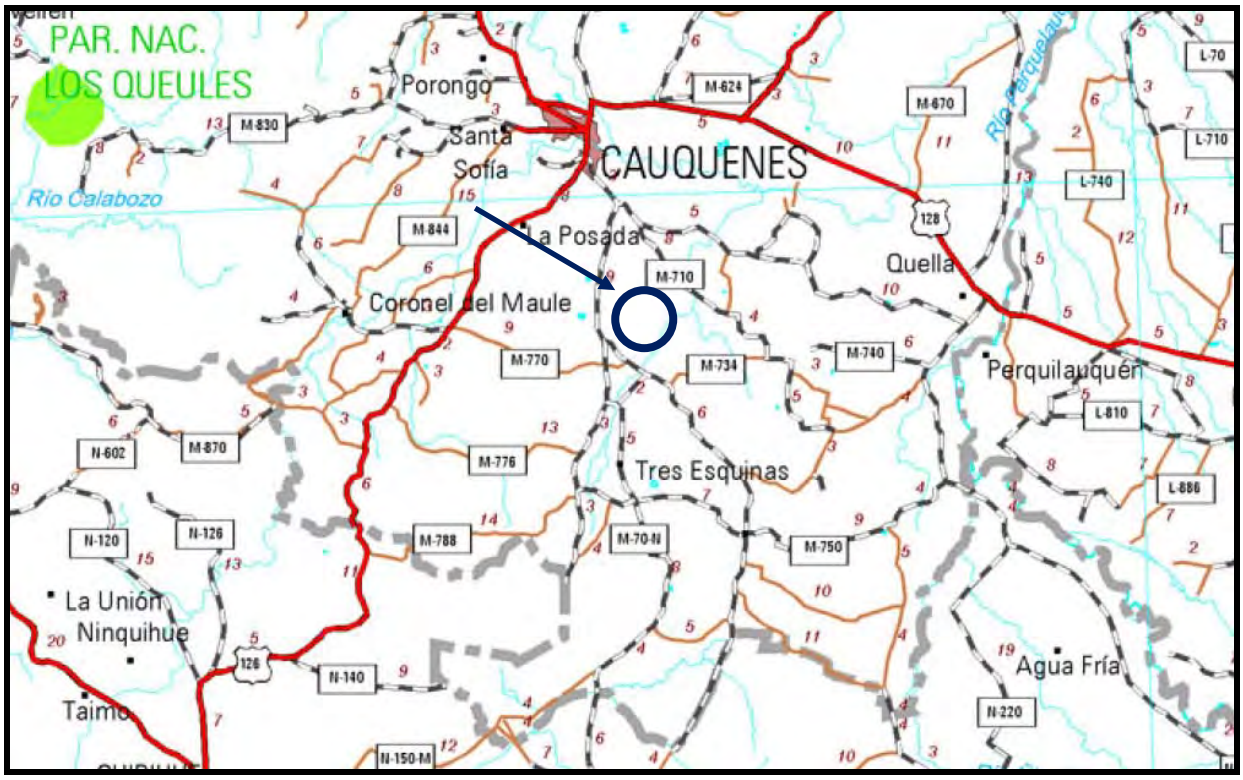
El área de estudio en esta visita corresponde a la VII Región del Maule, comuna de Cauquenes, Provincia de Cauquenes, donde se visitó el denominado Embalse El Maitén; sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes (estribo derecho).

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
	Uso	Norte	Este	msnm
Embalse El Maitén	18	6.005.177	744.798	146

2.1. Accesos al Embalse Visitado

La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSE EL MAITÉN



- **Acceso Específico Embalse El Maitén**

Por la ruta 5 Sur, de Norte a Sur, llegar a Parral y tomar la ruta 128 hacia el Oeste camino a Cauquenes; llegar a Cauquenes y tomar la ruta M-70-N hacia el Sur. Por dicha ruta avanzar 8,4 km hasta llegar a un cruce con un camino de tierra, donde se debe doblar hacia la izquierda (viniendo desde Cauquenes hacia el Sur), y avanzar 2,7 km para llegar al embalse El Maitén.

UBICACIÓN ESPECÍFICA

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
- Visita a terreno.
- Carta Geológica de Chile

3.1. Antecedentes Geológicos

La geología de la cuenca del Maule posee diversas formaciones rocosas entre ellas destacan:

• Sector bajo de la cuenca:

Rocas Jig, del tipo intrusiva del Jurásico Inferior. Dioritas, gabros y monzodioritas de piroxeno, dioritas cuarcíferas y granodioritas y tonalitas de hornblenda y biotita.

Rocas Pz4a, del tipo metamórficas del Silúrico-Carbonífero. Esquistos muscovíticos y metabasales, metachert y serpentinas con metamorfismos de alto gradiente P/T y metamorfismo del Carbonífero Temprano.

Rocas Pz4b, del tipo sedimentaria del Silúrico-Carbonífero. Pizarras, filitas y metareniscas con metamorfismo de bajo gradiente del carbonífero temprano.

Rocas CPg, del tipo intrusiva del Carbonífero-Pérmico. Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas de hornblenda y biotita, localmente de muscovita.

Rocas Kia2, del tipo volcano-sedimentario del Cretácico inferior alto-cretácico superior bajo. Secuencias sedimentarias sedimentarias y volcánicas, rocas epiclásticas, piroclásticas, lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.

- **Sector medio de la cuenca:**

Rocas Pl3t, del tipo volcánicas del Pleistoceno. Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso.

Rocas Q1, del tipo sedimentarias del Pleistoceno-Holoceno. Depósitos aluviales coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.

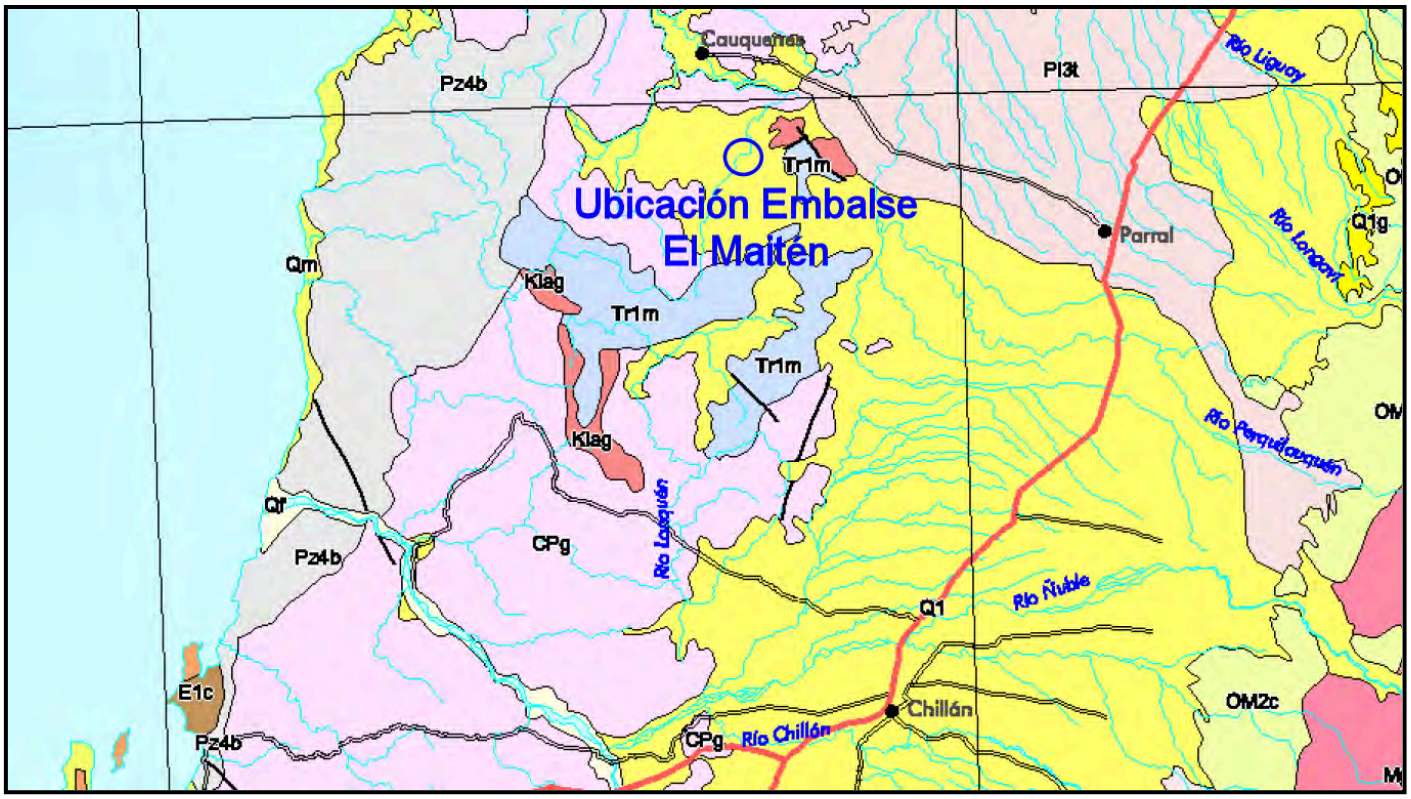
Rocas Kia3, del tipo volcánicas del Cretácico inferior alto. Secuencias y complejos volcánicos continentales, lavas y brechas basálticas a andesíticas, rocas piroclásticas, andesíticas a riolítcas.

Rocas Ki2m, del tipo volcanosedimentario del Neocomiano. Secuencias volcánicas y sedimentarias marinas; lavas andesíticas y basálticas, tobas y brechas volcánicas y sedimentarias de areniscas y calizas fosilíferas Rocas Tr1m, del tipo sedimentario del Triásico Superior. Secuencias sedimentarias marinas y transicionales; areniscas conglomerados, limonitas y calizas.

En particular, la zona del proyecto se encuentra en la unidad Q1.

En la siguiente figura se muestra la geología de en la zona de interés.

Mapa Geológico del Sector



Q1
Pleistoceno-Holoceno
Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados. En la Depresión Central, regiones Metropolitana a IX: abanicos mixtos de depósitos aluviales y fluvioglaciales con intercalación de depósitos volcanoclásticos.

3.2. Antecedentes Geotécnicos

De la visita efectuada, en la cual se observaron cortes en diferentes sectores cercanos al embalse El Maitén, es posible establecer que los suelos donde se encuentra fundado el embalse corresponden a gravas arcillosas de color café (sobre ellas eventualmente puede aparecer un estrato de suelo arcillo arenoso de no mas de 1,5 metros de espesor). Son suelos de plasticidad baja, compacidad alta, humedad natural baja y permeabilidad de media a baja.

En cuanto a la presa misma, esta se encuentra formada por rellenos de gravas arcillosas (correspondiente a los mismos materiales indicados en el párrafo anterior),

de color café. La compacidad que tienen los materiales colocados en el muro es alta, su plasticidad es de media a baja y la permeabilidad asociada es de media a baja.

4. TRABAJO DE TERRENO

4.1. Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso. La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo y coordenadas de los embalses que serían diagnosticados.
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:
  - Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
  - 1 Distanciómetro laser (PCE-LRF 600) y una huincha metálica (para mediciones de larga y corta longitud, respectivamente)
  - GPS (2) Magellan
  - 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

4.2. Estado Actual del Embalse

La visita al embalse El Maitén se realizó el día Miércoles 8 de Septiembre de 2010.

La ficha de registro del embalse, cuyo formato fue entregado por la DGA, está organizada en tres Grupos de identificación; Antecedentes Generales, Ubicación del Embalse y Antecedentes Técnicos. En el Anexo 1 se incluye la ficha del embalse El Maitén.

4.3. Diagnóstico en Terreno

El embalse El Maitén, construido el año 2005, tiene como finalidad principal proveer de agua para el riego de aproximadamente 8 hás de Cerezos y 12 hás de Arándanos. El volumen aproximado del embalse es de 115.000 m3; actualmente se encuentra en operación con una altura de agua medida en una regla limnimétrica de 3,15 m. Este embalse fue reparado después de los daños que sufrió para el terremoto del 27 de Febrero de 2010 (se terminó de reparar a fines de Mayo de 2010).

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe "verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos".

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas e infraestructura fundamentalmente.

A continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

4.3.1. Propiedad

El embalse es de propiedad de la Sociedad Agrícola El Maitén Ltda., Comuna de Cauquenes.

Los datos de contacto son:

- Administrador General Sr. José Tomás Palacios: 93354961
- Encargado de la Operación del Embalse Sr. Armando Alberto Acuña Espinoza: 93356283

4.3.2. Descripción General

De la información obtenida de la visita, es posible establecer que el embalse El Maitén sufrió severos daños por causa del terremoto del 27 de febrero de 2010. En particular, se informó que el embalse se deslizó en forma catastrófica hacia aguas arriba. De acuerdo con lo comentado por el cuidador del embalse, la gravedad de los daños y la necesidad de contar con agua para riego en la temporada que viene, llevó a los propietarios a demoler casi la totalidad del embalse, dejando sólo los 2 m inferiores, para desde allí, reconstruirlo mediante la colocación del mismo suelo original, compactado por capas.

El muro del embalse El Maitén se ubica en dirección aproximada Norte Sur. La longitud de éste es de aproximadamente 125 m. La altura máxima del muro es de unos 8 m.

El ancho de coronamiento de aproximadamente 6 m y la inclinación de los taludes es de 21° para aguas arriba y 27° para aguas abajo.

Al momento de la visita el nivel del agua en el embalse era de 2,5 metros bajo el nivel del coronamiento.

Aunque el muro se observa sano, sin presencia de grietas, no es posible asegurar la seguridad de éste, sin conocer el estudio técnico de estabilidad de taludes que definió la geometría de la presa, ni sin tener los antecedentes relativos a las granulometrías, permeabilidades y ensayes de compactación de los suelos utilizados. Tampoco se sabe si se consideró para el diseño (de existir éste) algún sismo apropiado para la zona.

En virtud de lo anterior, no es posible establecer la seguridad de esta obra por lo establecido en los párrafos anteriores.

Se presenta, a continuación, una serie de fotografías de la visita efectuada.

Coronamiento del Muro desde Estribo Izquierdo a Derecho

Vista Talud Aguas Arriba

Vista Materiales del Muro y Cortes Naturales

Vista Material de Fundación del Muro

4.3.3. Vertedero

El vertedero es de pared delgada con compuerta (8 m de longitud); las aguas que rebalsan llegan a un canalón de tierra el cual finalmente descarga dichas aguas en un estero existente.

VERTEDERO EMBALSE EL MAITÉN

CANAL HACIA EL CUAL LLEGA EL AGUA DEL REBALSE DEL VERTEDERO

4.3.4. Cuenca Aportante

El embalse El Maitén se alimenta de las aguas lluvias que caen en la cuenca aportante; en la siguiente imagen se observa la cuenca aportante.

Imagen Cuenca Aportante Embalse El Maitén (112 hás)

4.3.5. Zona afectada en caso de falla

La potencial zona de falla corresponde a huertos de arándanos; las aguas que podrían causar problemas producto de un colapso del muro se dirigen finalmente al estero Liucura.

4.3.6. Operatividad al momento de la visita

Al momento de la visita, el embalse se encontraba operativo, con una altura de agua de 3,15 m (medida en regla limnimétrica), y una altura de 3 m medida desde el coronamiento hasta el nivel actual de agua.

La entrega para riego se produce a través de un tubo de PVC de 800 mm que sale por el fondo del embalse, y a través de una estación de bombeo el agua llega a 2 piscinas (10 m x 4 m x 2 m; 4 m x 4 m x 2 m), desde las cuales se reparte el riego tecnificado con bombas.

Estación de Bombeo a Piscinas

4.3.7. Operatividad en situación de lluvias

De acuerdo con lo informado por el encargado de la operación del embalse Sr. Armando Acuña, en el tiempo que lleva operando el embalse (desde el año 2005), nunca han tenido problemas en situaciones de lluvias importantes; el vertedero ha funcionado correctamente sin que las lluvias hayan producido algún tipo de daño en el entorno.

4.4. Conclusiones

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

i) El muro del embalse El Maitén ha sido reconstruido a partir de los 2 m inferiores del embalse original.
ii) Se desconoce el proyecto de reconstrucción, así como los antecedentes de mecánica de suelos de la construcción (granulometrías, ensayes de compactación, etc.)
iii) Los materiales del muro antiguo se reutilizaron en la reconstrucción del muro.
iv) La geometría del nuevo muro es muy semejante a la del antiguo.
v) El talud de aguas arriba no cuenta con protección contra el oleaje.
vi) El poco tiempo transcurrido desde la reconstrucción del muro (dos o tres meses) no permite establecer la existencia de asentamientos, deformaciones ni otros defectos propios del efecto del transcurso del tiempo sobre el muro compactado.

4.5. Recomendaciones

Se considera que sería conveniente solicitar al propietario del embalse los antecedentes relativos al proyecto de reconstrucción así como los antecedentes relativos a controles de compactación y de calidad de los materiales utilizados, así como los antecedentes topográficos relativos a la geometría final del muro.

De existir estos antecedentes, se deberán revisar por un especialista para asegurar la estabilidad de la presa.

De no existir, se deberá solicitar al propietario que efectúe a la brevedad los estudios y trabajos geotécnicos necesarios para definir la situación del embalse.

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	EMBALSE EL MAITÉN	
Propietario	Soc. Agrícola El Maitén Ltda.	
RUT Propietario		
Año de construcción	2005	
Cuenca / Código DGA		
Subcuenca / Código DGA		
Fuente del recurso		

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	08-09-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	si
Altura del muro > 5 m	si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Región del Maule
Provincia	Talca
Comuna	Pencahue
Coordenadas UTM Estribo Derecho	Norte= 6.005.177 Este= 744.798
Coord. UTM Centro Muro	
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84 Huso 19
Altitud	D= C= 146 msnm I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	X
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	X
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	125 m
Ancho del coronamiento	D= C= 8 m I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= 28º I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= 28º I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	
Profundidad máxima de agua en sector del muro	-
Área estimada o calculada de la poza	23.250 m2
Ancho máximo de la poza	125 m
Largo de la poza	330 m
Volumen declarado o proyectado	120.000 m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Regular
Compacidad del material estructural	Alta
Uniformidad de los taludes	Uniformes
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	No
Grietas visibles y su ubicación	No
Indicios de deslizamientos y ubicación	No
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	No
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	No
Tipo de revestimiento del muro	

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	X
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	X
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	X
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	X
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	
Material constructivo	Cajón de hormigón, base de tierra
Estado de conservación y operatividad	Operativo
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	Ancho de 1 m y altura de 0,6 m

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Casetas (2) de Bombeo
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	Operativo

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO AGUAS

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	
Densidad de población en las cercanías del tranque	
Distancia hacia zonas agrícolas	plantaciones aledañas al muro
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	
Área de riego servida por el tranque analizado	8 ha de cerezos y 12 ha de arándanos

11. FOTOGRAFÍAS

Muro Reparado

Estación de Bombeo (1) Entrega a Riego

Vertedero

Estación de Bombeo (2) Entrega a Riego

12. OBSERVACIONES

EMBALSE EL TOTORAL
COMUNA DE PENCAHUE

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1. Introducción 1

1.2. Objetivos Generales 2

1.3. Objetivos Específicos 2

2. ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1. Accesos al Embalse Visitado 3

3. FUENTES DE INFORMACIÓN 5

3.1. Antecedentes Geológicos 5

3.2. Antecedentes Geotécnicos 7

4. TRABAJO DE TERRENO 8

4.1. Metodología 8

4.2. Estado Actual del Embalse 8

4.3. Diagnóstico en Terreno 9

4.3.1. Propiedad 9
4.3.2. Descripción General 9
4.3.3. Vertedero 13
4.3.4. Cuenca Aportante 14
4.3.5. Zona afectada en caso de falla 14
4.3.6. Operatividad al momento de la visita 14
4.3.7. Operatividad en situación de lluvias 15

4.4. Conclusiones 15

4.5. Recomendaciones 16

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados al embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del mismo.

1.2. Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3. Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno del embalse asignado; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio en esta visita corresponde a la VII Región del Maule, comuna de Pencahue, Provincia de Talca, donde se visitó el denominado Embalse El Totoral; sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes (Centro del Muro).

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
	Uso	Norte	Este	msnm
Embalse El Totoral	19	6.093.522	247.698	63

2.1. Accesos al Embalse Visitado

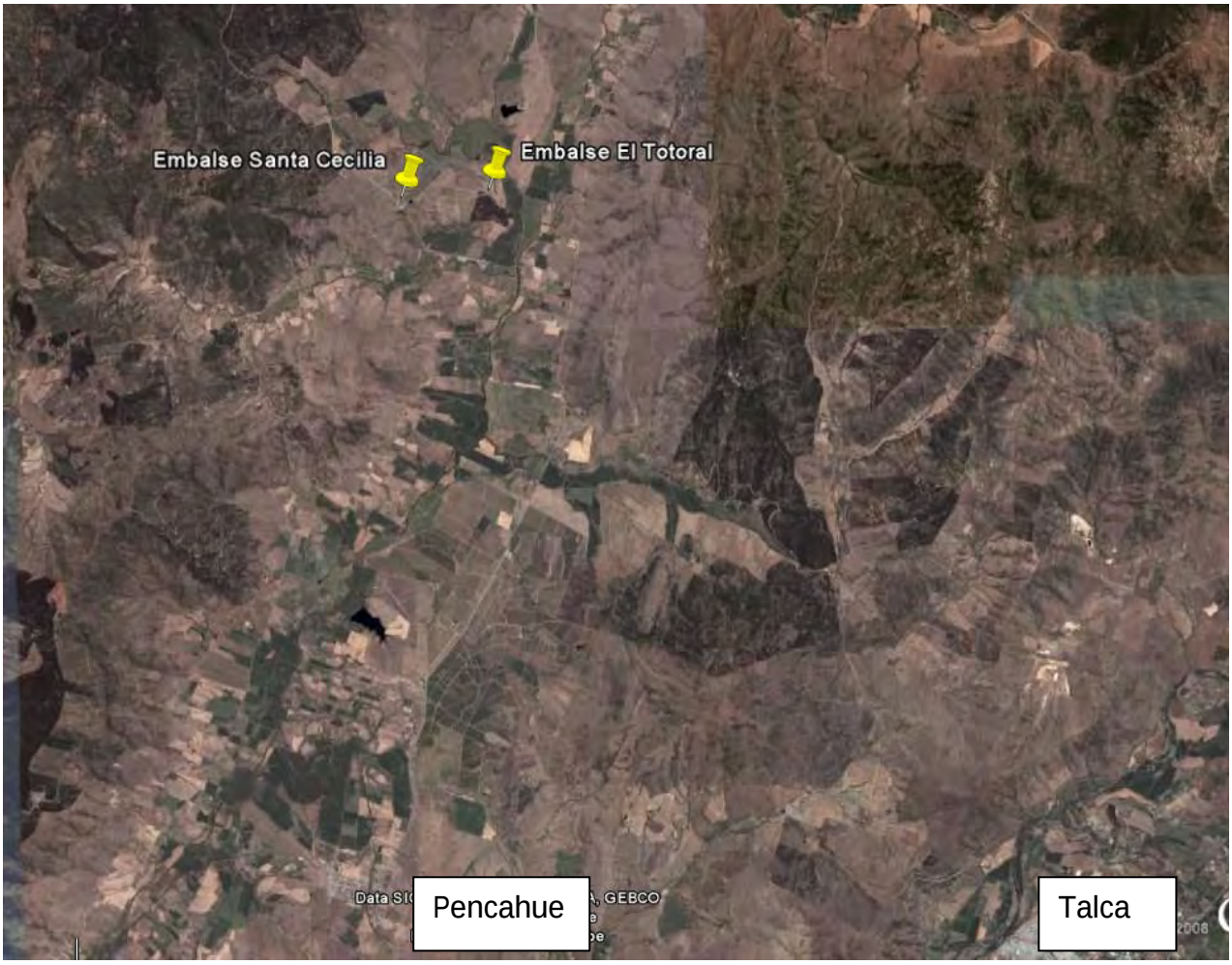
La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSE EL TOTORAL

- **Acceso Específico Embalse El Totoral**

Por la ruta 5 Sur, de Norte a Sur, llegar a Talca, tomar la ruta K-60 hacia el Oeste. Llegando a Pencahue y tomar la ruta K-420 hacia el Norte. Avanzar 12,1 km por dicha ruta hasta llegar al cruce con la ruta K-260, luego doblar a la izquierda y avanzar 4 km, doblar hacia la derecha por 0,75 km y luego nuevamente a la derecha por 1 km llegando así al embalse El Totoral.

UBICACIÓN ESPECÍFICA



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
- Visita a terreno.
- Carta Geológica de Chile

3.1. Antecedentes Geológicos

La geología de la cuenca del Maule posee diversas formaciones rocosas entre ellas destacan:

• Sector bajo de la cuenca:

Rocas Jig, del tipo intrusiva del Jurásico Inferior. Dioritas, gabros y monzodioritas de piroxeno, dioritas cuarcíferas y granodioritas y tonalitas de hornblenda y biotita.

Rocas Pz4a, del tipo metamórficas del Silúrico-Carbonífero. Esquistos muscovíticos y metabasales, metachert y serpentinas con metamorfismos de alto gradiente P/T y metamorfismo del Carbonífero Temprano.

Rocas Pz4b, del tipo sedimentaria del Silúrico-Carbonífero. Pizarras, filitas y metareniscas con metamorfismo de bajo gradiente del carbonífero temprano

Rocas CPg, del tipo intrusiva del Carbonífero-Pérmico. Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas de hornblenda y biotita, localmente de muscovita.

Rocas Kia2, del tipo volcano-sedimentario del Cretácico inferior alto-cretácico superior bajo. Secuencias sedimentarias sedimentarias y volcánicas, rocas epiclásticas, piroclásticas, lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.

- **Sector medio de la cuenca:**

Rocas Pl3t, del tipo volcánicas del Pleistoceno. Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso.

Rocas Q1, del tipo sedimentarias del Pleistoceno-Holoceno. Depósitos aluviales coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.

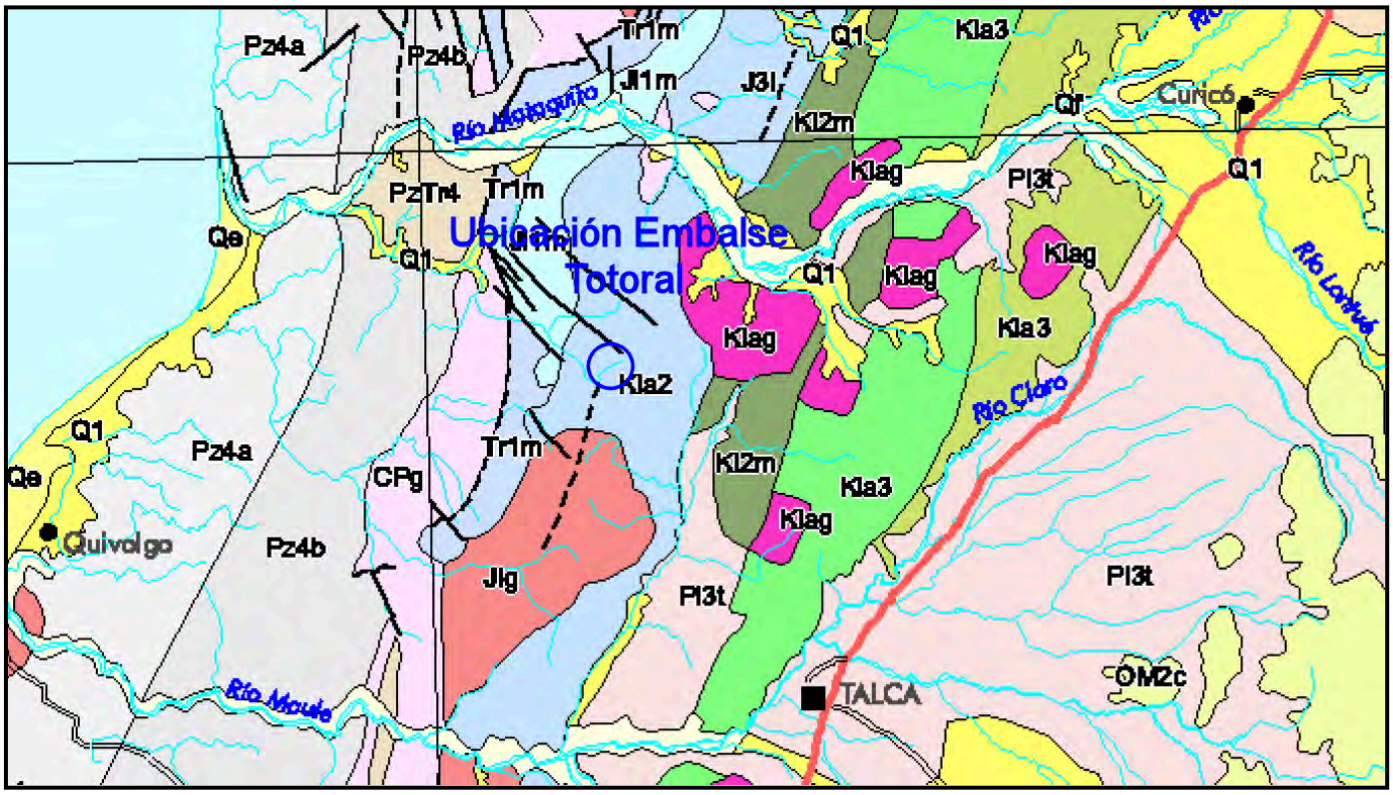
Rocas Kia3, del tipo volcánicas del Cretácico inferior alto. Secuencias y complejos volcánicos continentales, lavas y brechas basálticas a andesíticas, rocas piroclásticas, andesíticas a riolítcas.

Rocas Ki2m, del tipo volcanosedimentario del Neocomiano. Secuencias volcánicas y sedimentarias marinas; lavas andesíticas y basálticas, tobas y brechas volcánicas y sedimentarias de areniscas y calizas fosilíferas Rocas Tr1m, del tipo sedimentario del Triásico Superior. Secuencias sedimentarias marinas y transicionales; areniscas conglomerados, limonitas y calizas.

En particular, la zona del proyecto se encuentra en la unidad Kia2.

En la siguiente figura se muestra el plano geológico de la zona de interés.

Mapa Geológico del Sector



Kia2
Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo
Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas. En la Precordillera y Cordillera de la Costa, regiones III a Metropolitana: formaciones Cerrillos, Viñita (occidental) y Las Chilcas.

3.2. Antecedentes Geotécnicos

De la visita efectuada, en la cual se observaron cortes en diferentes sectores cercanos al embalse Totoral, es posible establecer que los suelos donde se encuentra fundado el embalse corresponden a arenas limosas, de color café. Son suelos de plasticidad baja, compacidad media, humedad natural baja y permeabilidad de media a baja.

En cuanto a la presa misma, esta se encuentra formada por rellenos de arenas limosas (correspondiente a los mismos materiales indicados en el párrafo anterior), de color café claro. La compacidad que tienen los materiales colocados en el muro es

de media a alta, su plasticidad es de media a baja y la permeabilidad asociada es de media a baja.

4. TRABAJO DE TERRENO

4.1. Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso. La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo y coordenadas de los embalses que serían diagnosticados.
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:
  - Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
  - 1 Distanciómetro laser (PCE-LRF 600) y una huincha metálica (para mediciones de larga y corta longitud, respectivamente)
  - GPS (2) Magellan
  - 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

4.2. Estado Actual del Embalse

La visita al embalse El Totoral se realizó el día Martes 7 de Septiembre de 2010.

La ficha de registro del embalse, cuyo formato fue entregado por la DGA, está organizada en tres Grupos de identificación; Antecedentes Generales, Ubicación del Embalse y Antecedentes Técnicos. En el Anexo 1 se incluye la ficha del embalse El Totoral.

4.3. Diagnóstico en Terreno

El embalse El Totoral, ubicado cercano al embalse Santa Cecilia (éste último lo abastece), construido en el año 2005, aproximadamente, es utilizado para riego de 100 hás de viñas, arándanos y avellanas. El terremoto produjo daños los cuales ya se encuentran reparados. El volumen del embalse informado por el administrador Sr. José Celis R., es de 120.000 m3.

Al momento de la visita el agua se encontraba con una altura aproximada de 3 m de agua, y entre el coronamiento y el agua existían 2 m.

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe "verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos".

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas e infraestructura fundamentalmente.

A continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

4.3.1. Propiedad

El embalse es de propiedad de Viñedos Santa Cecilia, cuyo dueño es don Francisco Jarpa (hijo de don Sergio Jarpa Reyes), mientras que el administrador es don José Celis Ramos.

Los datos de contacto son:

- Administrador Sr. José Celis Ramos: 88897039, 94429286

4.3.2. Descripción General

De la información obtenida de la visita, es posible establecer que el embalse Totoral sufrió severos daños por causa del terremoto del 27 de febrero de 2010. La gravedad de los daños y la necesidad de contar con agua para riego en la temporada que viene, llevó a los propietarios a reparar el muro.
El muro del embalse Totoral se orienta aproximadamente en dirección Norte Sur, y tiene una longitud de aproximadamente 125 m. La altura máxima del muro es de unos 6 m.

El muro reparado, tiene un ancho de coronamiento de unos 8 m. Los taludes son de aproximadamente 28°, tanto para aguas arriba (en la parte visible) como para aguas abajo.

Al momento de la visita el nivel del agua en el embalse era de 2 m bajo el nivel del coronamiento.

En general y considerando que no ha pasado mucho tiempo desde la reparación (como máximo 2 o 3 meses), el muro se observa sano, sin grietas, deformaciones ni filtraciones visibles.

Con relación a la seguridad que tenga la presa, no es posible establecerla sin conocer el estudio técnico de estabilidad de taludes que definió su geometría, ni sin tener los antecedentes relativos a las granulometrías, permeabilidades y ensayes de compactación de los suelos utilizados. Tampoco se sabe si se consideró para el diseño (de existir este) algún sismo apropiado para la zona.

Se presenta, a continuación, una serie de fotografías de la visita efectuada.

Fotografía del Muro Reconstruido
(vista de Estribo Norte hacia el Sur Talud Aguas Arriba)

Vista de Norte a Sur. Talud Aguas Abajo.

Suelo de Fundación del Muro

Vista Coronamiento de Estribo Sur hacia el Norte

4.3.3. Vertedero

El vertedero del embalse corresponde a un cajón lateral de 1 m de ancho por 0,6 m de alto, sin regulación. Las aguas del rebalse son descargadas a un canalón perimetral al muro para que las aguas lleguen finalmente al estero Los Puercos.

Vertedero Embalse El Totoral

4.3.4. Cuenca Aportante

El embalse El Totoral no tiene cuenca aportante (se alimenta del aguas del embalse Santa Cecilia).

4.3.5. Zona afectada en caso de falla

No existe zona potencial de falla; sólo plantaciones aledañas al muro del embalse.

4.3.6. Operatividad al momento de la visita

Al momento de la visita, el embalse se encontraba operativo. Las aguas del embalse son bombeadas para el riego desde 2 casetas ubicadas en los lados Norte y Sur.

Caseta Norte

Caseta Sur

4.3.7. Operatividad en situación de lluvias

De acuerdo con lo informado por el encargado de la operación del embalse Sr. José Celis Ramos, nunca han tenido problemas en situaciones de lluvias importantes (llenado proviene del embalse Santa Cecilia, por lo tanto es regulado).

4.4. Conclusiones

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

i) El muro del embalse Totoral ha sido reconstruido completamente
ii) Se desconoce el proyecto de reconstrucción, así como los antecedentes de mecánica de suelos de la construcción (granulometrías, ensayes de compactación, etc.)
iii) En apariencia, el muro se observa bien reparado, sin grietas ni otro tipo de fallas.
iv) El talud de aguas arriba no cuenta con protección contra el oleaje.
v) El poco tiempo transcurrido desde la reconstrucción del muro (dos o tres meses) no permite establecer la existencia de asentamientos,

deformaciones ni otros defectos propios del efecto del transcurso del tiempo sobre el muro compactado.

4.5. Recomendaciones

Se considera necesario solicitar al propietario del embalse los antecedentes relativos al proyecto de reconstrucción así como los antecedentes relativos a controles de compactación y de calidad de los materiales utilizados, así como los antecedentes topográficos relativos a la geometría final del muro.

De existir estos antecedentes, se deberán revisar por un especialista para asegurar la estabilidad de la presa.

De no existir, se deberá solicitar al propietario que efectúe a la brevedad los estudios y trabajos geotécnicos necesarios para definir la situación del embalse.

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	EMBALSE EL TOTORAL	
Propietario	Viñedos Santa Cecilia	
RUT Propietario		
Año de construcción	2005	
Cuenca / Código DGA	rio maule/ 073	
Subcuenca / Código DGA	maule bajo/ 0738	
Fuente del recurso		

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	07-09-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	si
Altura del muro > 5 m	si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Región del Maule
Provincia	Talca
Comuna	Pencahue
Coordenadas UTM Estribo Derecho	
Coord. UTM Centro Muro	Norte= 6.093.522 Este= 247.698
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS 84 Huso 19
Altitud	D= C= 63 msnm I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	X
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	X
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	
Longitud del coronamiento	165 m
Ancho del coronamiento	D= C= 6 m I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= 27 ° I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= 27 ° I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	
Profundidad máxima de agua en sector del muro	-
Área estimada o calculada de la poza	3 ha
Ancho máximo de la poza	165 m
Largo de la poza	180 m
Volumen declarado o proyectado	120.000 m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Regular
Compacidad del material estructural	Alta
Uniformidad de los taludes	Uniformes
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	No
Grietas visibles y su ubicación	No
Indicios de deslizamientos y ubicación	No
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	No
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	No
Tipo de revestimiento del muro	

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	X
Vertederos laterales	
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	X
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	X
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	X
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	Cajón de Hormigón
Material constructivo	Hormigón
Estado de conservación y operatividad	Operativo
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	6 m coronamiento, muro de 165 m, altura máxima 6 m

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	2 Estaciones de Bombeo
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	Operativo

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO AGUAS

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	
Densidad de población en las cercanías del tranque	
Distancia hacia zonas agrícolas	Plantaciones alrededor del embalse
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	
Área de riego servida por el tranque analizado	

11. FOTOGRAFÍAS

Muro del Embalse

Vertedero

Caseta de Bombeo Norte

Caseta de Bombeo Sur

12. OBSERVACIONES

EMBALSE SANTA ELENA
COMUNA DE RÍO CLARO

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1. Introducción 1

1.2. Objetivos Generales 2

1.3. Objetivos Específicos 2

2. ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1. Accesos al Embalse Visitado 3

3. FUENTES DE INFORMACIÓN 5

3.1. Antecedentes Geológicos 6

3.2. Antecedentes Geotécnicos 7

4. TRABAJO DE TERRENO 8

4.1. Metodología 8

4.2. Estado Actual del Embalse 8

4.3. Diagnóstico en Terreno 9

4.3.1. Propiedad 9
4.3.2. Descripción General 9
4.3.3. Vertedero 15
4.3.4. Cuenca Aportante 18
4.3.5. Zona afectada en caso de falla 18
4.3.6. Operatividad al momento de la visita 19
4.3.7. Operatividad en situación de lluvias 20

4.4. Conclusiones 21

4.5. Recomendaciones 21

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados al embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del mismo.

1.2. Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3. Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno del embalse asignado; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2. ÁREA DE ESTUDIO

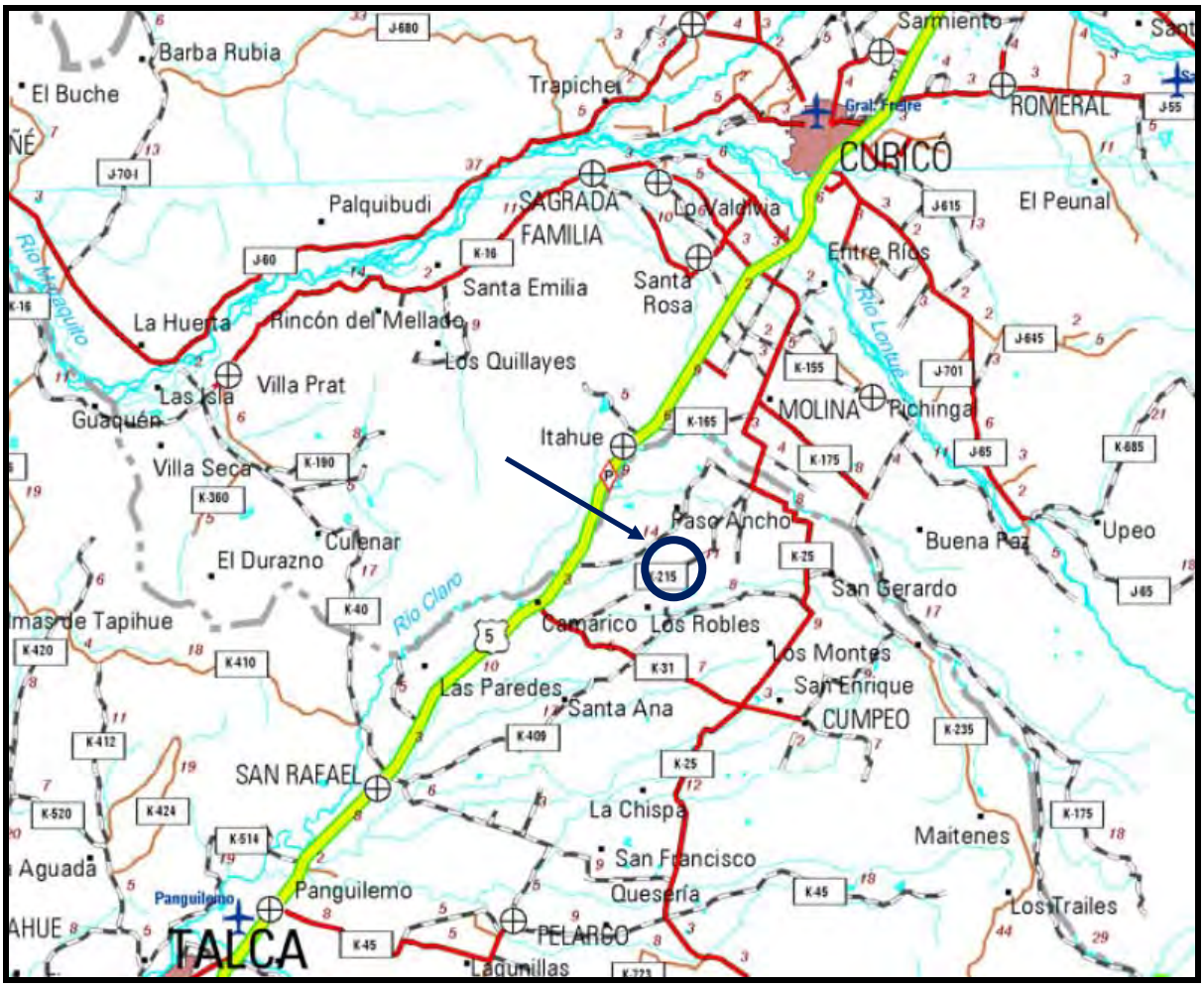
El área de estudio en esta visita corresponde a la VII Región del Maule, comuna de Río Claro, Provincia de Talca, donde se visitó el denominado Embalse Santa Elena; sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes (vértice Sureste del muro).

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
	Uso	Norte	Este	msnm
Embalse Santa Elena	19	6.104.171	287.190	240

2.1. Accesos al Embalse Visitado

La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

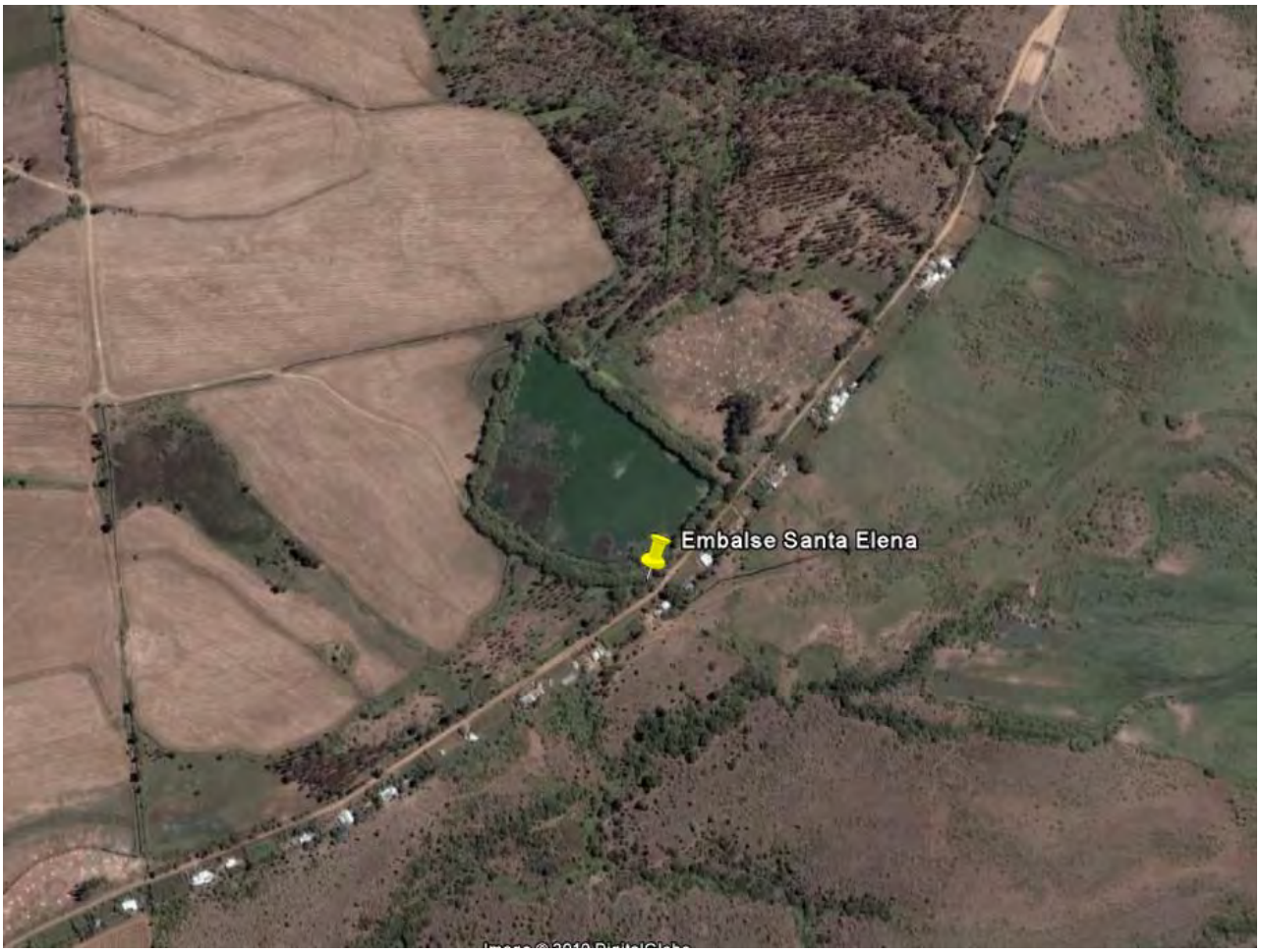
FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSE SANTA ELENA



- **Acceso Específico Embalse El Santa Elena**

Por la ruta 5 Sur, de Norte a Sur, viniendo desde Curicó, se cruza el Río Lontué, y aproxiamdamente 27 km al Sur del puente sobre el río Lontué, doblar a mano izquierda en el sector der Camarico; luego tomar ruta K-215 hacia la izquierda, y recorrer 9 km por dicha ruta hacie el Norte (sector Paso Ancho). El embalse se ubica a la orilla del camino de tierra.

UBICACIÓN ESPECÍFICA



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
- Visita a terreno.
- Carta Geológica de Chile

3.1. Antecedentes Geológicos

La geología de la cuenca del Maule posee diversas formaciones rocosas entre ellas destacan:

- **Sector bajo de la cuenca:**

Rocas Jig, del tipo intrusiva del Jurásico Inferior. Dioritas, gabros y monzodioritas de piroxeno, dioritas cuarcíferas y granodioritas y tonalitas de hornblenda y biotita.

Rocas Pz4a, del tipo metamórficas del Silúrico-Carbonífero. Esquistos muscovíticos y metabasales, metachert y serpentinas con metamorfismos de alto gradiente P/T y metamorfismo del Carbonífero Temprano.

Rocas Pz4b, del tipo sedimentaria del Silúrico-Carbonífero. Pizarras, filitas y metareniscas con metamorfismo de bajo gradiente del carbonífero temprano.

Rocas CPg, del tipo intrusiva del Carbonífero-Pérmico. Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas de hornblenda y biotita, localmente de muscovita.

Rocas Kia2, del tipo volcano-sedimentario del Cretácico inferior alto-cretácico superior bajo. Secuencias sedimentarias sedimentarias y volcánicas, rocas epiclásticas, piroclásticas, lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.

- **Sector medio de la cuenca:**

Rocas Pl3t, del tipo volcánicas del Pleistoceno. Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso.

Rocas Q1, del tipo sedimentarias del Pleistoceno-Holoceno. Depósitos aluviales coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.

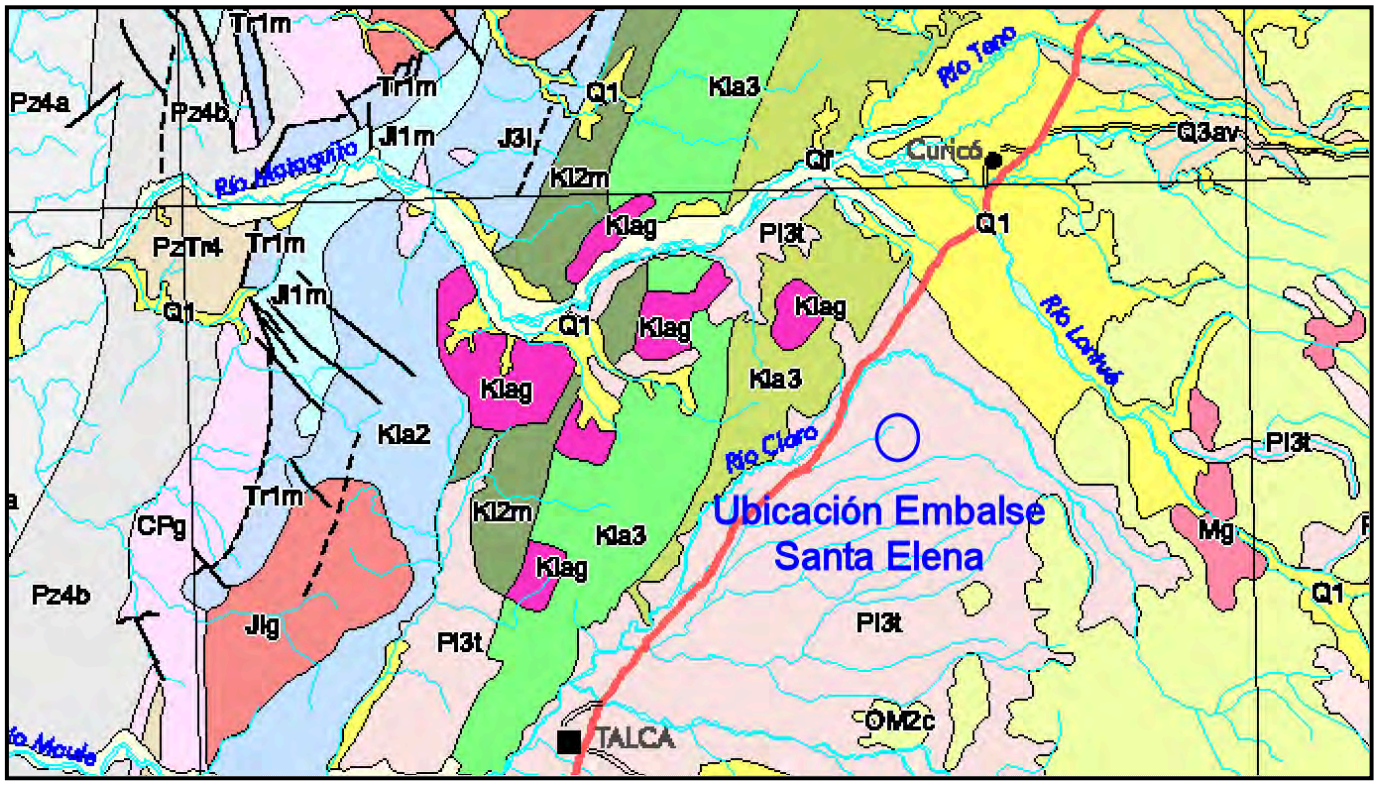
Rocas Kia3, del tipo volcánicas del Cretácico inferior alto. Secuencias y complejos volcánicos continentales, lavas y brechas basálticas a andesíticas, rocas piroclásticas, andesíticas a riolítcas.

Rocas Ki2m, del tipo volcanosedimentario del Neocomiano. Secuencias volcánicas y sedimentarias marinas; lavas andesíticas y basálticas, tobas y brechas volcánicas y sedimentarias de areniscas y calizas fosilíferas Rocas Tr1m, del tipo sedimentario del Triásico Superior. Secuencias sedimentarias marinas y transicionales; areniscas conglomerados, limonitas y calizas.

En particular, la zona del proyecto se encuentra en la unidad Pl3t.

En la figura siguiente se puede observar el mapa geológico del sector.

Geología Regional



Pl3t
Pleistoceno
Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso. En la Depresión Central y valles de la Cordillera Principal, regiones V a VII: Ignimbrita Pudahuel y Toba Loma Seca.

3.2. Antecedentes Geotécnicos

De la visita efectuada, en la cual se observaron cortes en diferentes sectores cercanos al embalse Santa Elena, es posible establecer que los suelos donde se encuentra fundado el embalse corresponden a limos arcillo arenosas de color café. Son suelos de plasticidad media, baja permeabilidad y consistencia media.

En cuanto a la presa misma, esta se encuentra formada por rellenos de suelos similares a los que se encuentran naturalmente en el sector, es decir limos arcillo arenosas. La compacidad que tienen los materiales colocados en el muro es alta, su plasticidad es media y la permeabilidad asociada es baja.

4. TRABAJO DE TERRENO

4.1. Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso. La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo y coordenadas de los embalses que serían diagnosticados.
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:
  - Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
  - 1 Distanciómetro laser (PCE-LRF 600) y una huincha metálica (para mediciones de larga y corta longitud, respectivamente)
  - GPS (2) Magellan
  - 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

4.2. Estado Actual del Embalse

La visita al embalse Santa Elena se hizo el día Miércoles 8 de Septiembre de 2010.

La ficha de registro del embalse, cuyo formato fue entregado por la DGA, está organizada en tres Grupos de identificación; Antecedentes Generales, Ubicación del Embalse y Antecedentes Técnicos. En el Anexo 1 se incluye la ficha del embalse Santa Elena.

4.3. Diagnóstico en Terreno

El embalse Santa Elena tiene como finalidad principal proveer de agua para el riego de aproximadamente 200 hás de avellanos. El volumen aproximado del embalse es de 110.000 m3; actualmente se encuentra fuera de operación y vacío debido al deterioro de sus muros que produjo el terremoto del 27 de Febrero del año en curso.

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe "verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos".

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas e infraestructura fundamentalmente.

A continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

4.3.1. Propiedad

El embalse es de propiedad de la Sociedad Agrícola y Forestal Santa Elena Ltda.

Los datos de contacto son:

- En Santiago: 551 41 07
- Alejandro Díaz (Talca): 71-197 46 63; 9-8851165
- Encargado en Terreno: Rafael Oyarzún: 9-8844740

4.3.2. Descripción General

Conforme a lo observado el embalse Santa Elena está formado por una presa de material homogéneo, que acumula las aguas entregadas por un canal afluente mediante la disposición de cuatro muros en un sector de pendiente bastante moderada.

Los muros se ubican aproximadamente según los puntos cardinales y tienen las siguientes longitudes: muro Norte 260 m, muro Oeste 180 m, muro Este 210 m y muro Sur 190 m. La altura máxima, que se encuentra hacia el Norte del muro Oeste es de unos 6 m. El ancho de coronamiento es variable entre 8 y 10 m. La inclinación aproximada de los taludes de la presa es de 32° para ambos paramentos.

Al momento de la visita el embalse se encontraba seco.

En cuanto a la situación actual de la presa, durante la visita fue posible constatar graves daños en los muros Norte, Oeste y Sur. El muro Este, aparentemente no presenta daños. Los daños consisten en grietas longitudinales de hasta 50 cm de espesor a lo largo del coronamiento con descensos importantes, de más de 30 cm en los 3 lados afectados, lo que refleja el desplazamiento de ambos taludes. La longitud de las fallas es de unos 80 m en cada muro.

La profundidad de las grietas es difícil de establecer pero se estiman del orden de 3 a 4 m.

Se presenta, a continuación, una serie de fotografías de los daños producidos por el terremoto del 27 de febrero en el embalse Santa Elena.

Grieta en Muro Norte

Falla Catastrófica Muro Norte

Deslizamientos Muro Norte al Llegar Muro Oeste

Fotografía Grietas Longitudinales Muro Oeste

Fotografía Detalle Grietas Muro Oeste

Detalle Grietas Muro Oeste

Fotografía Detalle Grietas Muro Sur

Detalle Grietas Muro Sur

Grietas Muro Sur

4.3.3. Vertedero

Antes del terremoto, el embalse tenía un vertedero ubicado al lado de la compuerta de entrega; el rebalse de las aguas del embalse iban a dar al mismo canal de entrega para riego. Actualmente dicha obra junto con la compuerta de entrega no se encuentran operativas producto de la destrucción que produjo el terremoto. En las siguientes fotografías se muestra lo señalado.

SECTOR COMPUERTA DE DESCARGA Y VERTEDERO

CANAL HACIA EL CUAL SE ENTREGA EL RECURSO PARA RIEGO Y DONDE LLEGA EL AGUA DEL REBALSE DEL VERTEDERO

4.3.4. Cuenca Aportante

El embalse Santa Elena, que se ubica a un costado del camino que une Camarico con Paso Ancho, no tiene cuenca aportante, tal como se puede observar en la siguiente imagen.

Imagen Zona Embalse Santa Elena

4.3.5. Zona afectada en caso de falla

La potencial zona de falla corresponde a viviendas ubicadas por el sector del muro Este, además del camino de tierra principal (ruta K-215).

SECTOR POTENCIAL DE AFECTACIÓN EN CASO DE FALLA
(Zona Muro Este; Viviendas y Camino)

.

4.3.6. Operatividad al momento de la visita

Al momento de la visita, el embalse se encontraba vacío sin operar producto de los daños que produjo el terremoto. Este embalse se llena con aguas que vienen del canal Pelarco, el cual a su vez entrega el recurso al canal Bellavista para llegar finalmente al embalse.

CANAL BELLAVISTA QUE ENTREGA A EMBALSE SANTA ELENA

4.3.7. Operatividad en situación de lluvias

Tal como fuera informado por el administrador del embalse, lo que confirma además que éste no tiene cuenca aportante, las aguas lluvias no presentan problemas en la operación de éste.

4.4 Conclusiones

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

i) Los muros Norte, Oeste y Sur del embalse Santa Elena presenta numerosos Deslizamientos y grietas longitudinales de gran magnitud en el coronamiento. Tanto hacia el lado de aguas arriba como hacia el de aguas abajo.
ii) Las grietas, y deslizamientos se observan prácticamente en toda la longitud de estos muros.
iii) Las grietas tienen espesores variables entre 5 cm y 1 m.
iv) La profundidad de las grietas probablemente es de unos 3 metros
v) En la mayoría de los sectores las fallas son catastróficas.
vi) El embalse no se encuentra operativo.

4.5 Recomendaciones

a) Acciones Inmediatas

Se considera que la situación del embalse Santa Elena es de peligro. Para aumentar la seguridad de esta obra, se considera imperativo seguir las siguientes acciones:

- Mantener el embalse sin agua, mientras persista la situación actual de daños.
- Asegurar la posibilidad de evacuación de las aguas que eventualmente ingresen al embalse.

b) Reparaciones Necesarias

Se considera que la reparación del muro del embalse Santa Elena requiere de un proyecto de ingeniería que establezca mediante un modelo matemático de la presa, que considere además un sismo de diseño adecuado, los taludes tanto de aguas arriba como de aguas abajo que garanticen un funcionamiento seguro tanto para la situación estática como dinámica

En forma preliminar, y sólo a manera de anteproyecto se presentan las siguientes medidas de reparación. Se reitera que las acciones siguientes sólo tienen como finalidad la valorización estimada de los trabajos y no son de ninguna manera un proyecto de reparación.

- Se deberá, en primer lugar, mantener vacio el embalse, asegurando que no llegarán aportes de aguas, ya sean estos de la propia cuenca o del canal de aducción al embalse.

- Se deberá extraer de la zona del muro oeste (tanto del talud de aguas arriba como desde el fondo en la parte cercana al pie del talud) todo el material suelto y todo el que se vea próximo a caer.
- Se excavarán los 3 m superficiales desde el coronamiento hacia abajo en toda la longitud de los muros Norte, Oeste y Sur.
- Se excavará el talud de aguas arriba y de aguas abajo, de manera de dejar una superficie escalonada para colocar sobre ella los rellenos de reparación. Cada escalón tendrá una altura de 0,6 m (correspondiente a dos capas) y un espesor de 0,5 m.
- Se efectuarán los rellenos de reparación (en base a materiales similares a los constitutivos de la presa).
- Los rellenos se colocarán en capas compactadas, como mínimo, al 95% de la densidad máxima compactada seca, según ensaye Proctor Modificado.
- La magnitud de los rellenos deberá considerar dejar un coronamiento de 5 m de ancho y un talud de aguas arriba de 1:2.5 (V:H) y un talud de aguas abajo de 1:2 (V:H).
- La cota final del coronamiento, deberá ser al menos igual que la actual.
- Sobre el talud de aguas arriba se deberá colocar una capa de material granular (grava comprendida entre 5 y 15 cm de diámetro) de 25 cm de espesor.

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	EMBALSE SANTA ELENA	
Propietario	Soc. Agrícola y Forestal Sta. Elena Ltda.	
RUT Propietario		
Año de construcción	1995	
Cuenca / Código DGA	rio maule/ 073	
Subcuenca / Código DGA	rio claro/ 0737	
Fuente del recurso		

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	08-09-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	si
Altura del muro > 5 m	si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Región del Maule
Provincia	Talca
Comuna	Río Claro
Coordenadas UTM Der	
Coord. UTM Sureste Muro	Norte= 6.104.171 Este= 287.190
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= C= 240 msnm I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	X
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	X
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	840 m perímetro muros
Ancho del coronamiento	D= C= 10 m I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= 32º I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= 32º I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	
Profundidad máxima de agua en sector del muro	-
Área estimada o calculada de la poza	35.780 m2
Ancho máximo de la poza	260 m
Largo de la poza	190 m
Volumen declarado o proyectado	110.000 m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Irregular
Compacidad del material estructural	Alta
Uniformidad de los taludes	Poco Uniformes
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	Si
Grietas visibles y su ubicación	Muchas, de variados largos, espesores y profundidades
Indicios de deslizamientos y ubicación	Si, en los 4 muros perimetrales
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	
Tipo de revestimiento del muro	

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	
Material constructivo	
Estado de conservación y operatividad	No operativo, muy deteriorado
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Compuerta con estructura de hormigón; destruida; entrega a canal
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO AGUAS

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	Viviendas a un costado del muro Este
Densidad de población en las cercanías del tranque	
Distancia hacia zonas agrícolas	
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	3 m
Área de riego servida por el tranque analizado	200 ha

11. FOTOGRAFÍAS

Muro Norte Dañado

Obra de Entrega y Vertedero

Muro Norte

Canal Bellavista (alimentador)

12. OBSERVACIONES

EMBALSE SANTA CECILIA
COMUNA DE PENCAHUE

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1. Introducción 1

1.2. Objetivos Generales 2

1.3. Objetivos Específicos 2

2. ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1. Accesos al Embalse Visitado 3

3. FUENTES DE INFORMACIÓN 5

3.1. Antecedentes Geológicos 6

3.2. Antecedentes Geotécnicos 7

4. TRABAJO DE TERRENO 8

4.1. Metodología 8

4.2. Estado Actual del Embalse 8

4.3. Diagnóstico en Terreno 9

4.3.1. Propiedad 9
4.3.2. Descripción General 9
4.3.3. Vertedero 13
4.3.4. Cuenca Aportante 13
4.3.5. Zona afectada en caso de falla 13
4.3.6. Operatividad al momento de la visita 14
4.3.7. Operatividad en situación de lluvias 17

4.4. Conclusiones 17

4.5. Recomendaciones 18

ANEXO

ANEXO 1 FICHA DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados al embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del mismo.

1.2. Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3. Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno del embalse asignado; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio en esta visita corresponde a la VII Región del Maule, comuna de Pencahue, Provincia de Talca, donde se visitó el denominado Embalse Santa Cecilia; sus coordenadas UTM (WGS 84) son las siguientes (estribo derecho).

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
	Uso	Norte	Este	msnm
Embalse Santa Cecilia	19	6.093.305	246.095	76

2.1. Accesos al Embalse Visitado

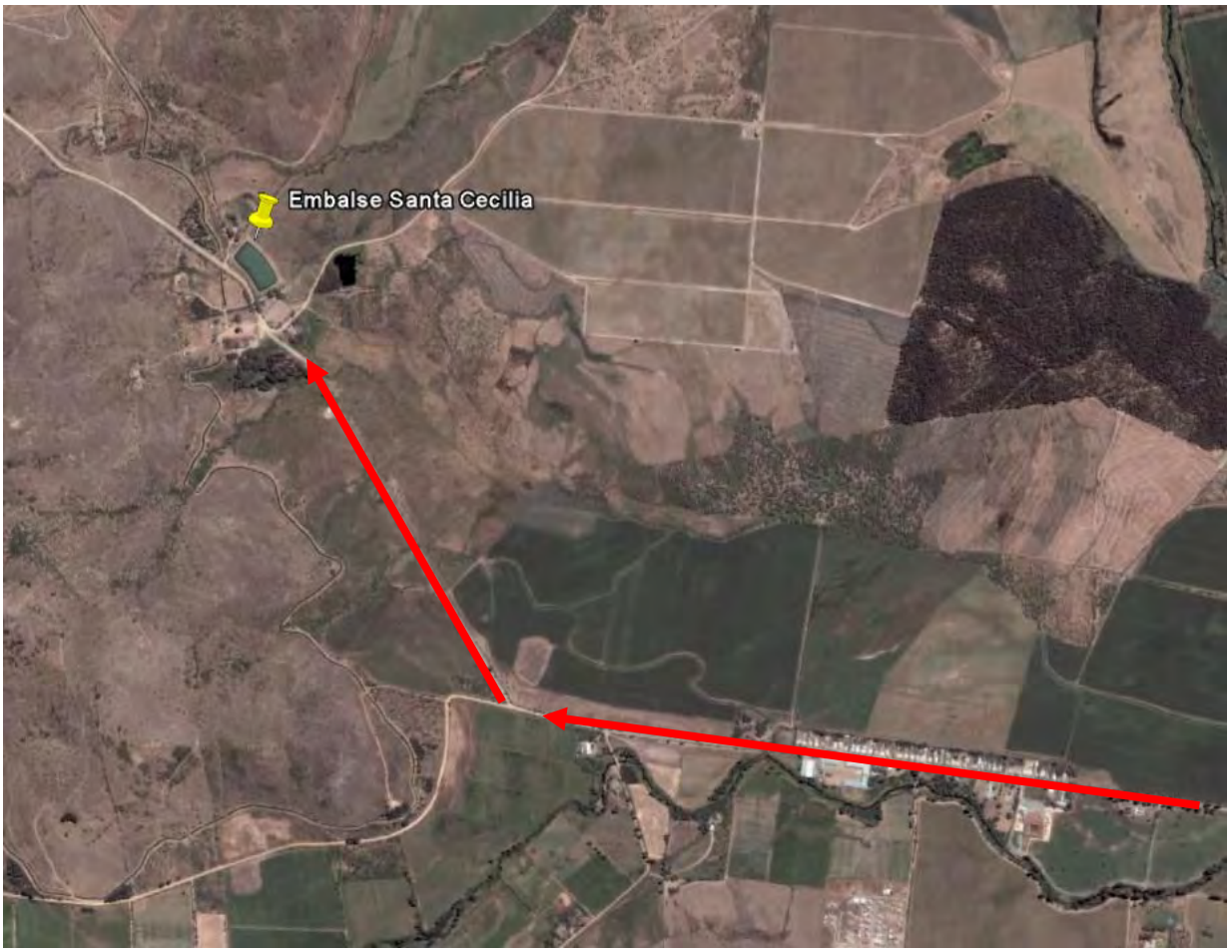
La ubicación general se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente.

FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSE SANTA CECILIA

- **Acceso Específico Embalse Santa Cecilia**

Por la ruta 5 Sur, de Norte a Sur, llegar a Talca, tomar la ruta K-60 hacia el Oeste. Llegando a Pencahue y tomar la ruta K-420 hacia el Norte. Avanzar 12,1 km por dicha ruta hasta llegar al cruce con la ruta K-260, luego doblar a la izquierda y avanzar 4,2 km llegando al embalse Santa Cecilia (sector de Botalcura).

UBICACIÓN ESPECÍFICA



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
- Visita a terreno.
- Carta Geológica de Chile

3.1. Antecedentes Geológicos

La geología de la cuenca del Maule posee diversas formaciones rocosas entre ellas destacan:

- **Sector bajo de la cuenca:**

Rocas Jig, del tipo intrusiva del Jurásico Inferior. Dioritas, gabros y monzodioritas de piroxeno, dioritas cuarcíferas y granodioritas y tonalitas de hornblenda y biotita.

Rocas Pz4a, del tipo metamórficas del Silúrico-Carbonífero. Esquistos muscovíticos y metabasales, metachert y serpentinas con metamorfismos de alto gradiente P/T y metamorfismo del Carbonífero Temprano.

Rocas Pz4b, del tipo sedimentaria del Silúrico-Carbonífero. Pizarras, filitas y metareniscas con metamorfismo de bajo gradiente del carbonífero temprano.

Rocas CPg, del tipo intrusiva del Carbonífero-Pérmico. Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas de hornblenda y biotita, localmente de muscovita.

Rocas Kia2, del tipo volcano-sedimentario del Cretácico inferior alto-cretácico superior bajo. Secuencias sedimentarias sedimentarias y volcánicas, rocas epiclásticas, piroclásticas, lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.

- **Sector medio de la cuenca:**

Rocas Pl3t, del tipo volcánicas del Pleistoceno. Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso.

Rocas Q1, del tipo sedimentarias del Pleistoceno-Holoceno. Depósitos aluviales coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.

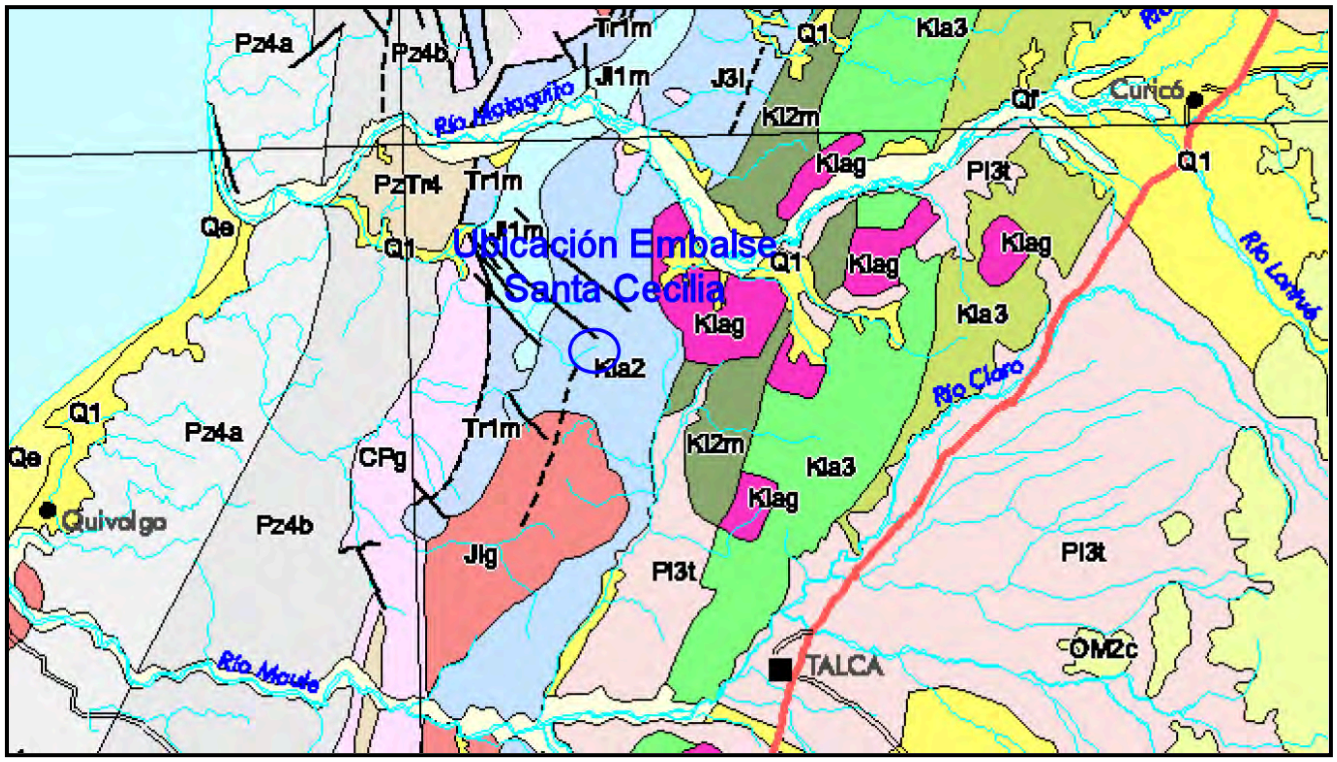
Rocas Kia3, del tipo volcánicas del Cretácico inferior alto. Secuencias y complejos volcánicos continentales, lavas y brechas basálticas a andesíticas, rocas piroclásticas, andesíticas a riolítcas.

Rocas Ki2m, del tipo volcanosedimentario del Neocomiano. Secuencias volcánicas y sedimentarias marinas; lavas andesíticas y basálticas, tobas y brechas volcánicas y sedimentarias de areniscas y calizas fosilíferas Rocas Tr1m, del tipo sedimentario del Triásico Superior. Secuencias sedimentarias marinas y transicionales; areniscas conglomerados, limonitas y calizas.

En particular, la zona del proyecto se encuentra en la unidades Kia2.

En la figura siguiente se puede observar el mapa geológico del sector.

Mapa Geológico del Sector



Kia2
Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo
Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas. En la Precordillera y Cordillera de la Costa, regiones III a Metropolitana: formaciones Cerrillos, Viñita (occidental) y Las Chilcas.

3.2. Antecedentes Geotécnicos

De la visita efectuada, en la cual se observaron cortes en diferentes sectores cercanos al embalse Santa Cecilia, es posible establecer que los suelos donde se encuentra fundado el embalse corresponden a arenas limosas, de color café. Son suelos de plasticidad baja, compacidad media, humedad natural baja y permeabilidad de media a baja.

En cuanto a la presa misma, esta se encuentra formada por rellenos de arenas limosas (correspondiente a los mismos materiales indicados en el párrafo anterior), de color café claro. La compacidad que tienen los materiales colocados en el muro es de media a alta, su plasticidad es de media a baja y la permeabilidad asociada es de media a baja.

4. TRABAJO DE TERRENO

4.1. Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso. La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo y coordenadas de los embalses que serían diagnosticados.
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:
  - Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
  - 1 Distanciómetro laser (PCE-LRF 600) y una huincha metálica (para mediciones de larga y corta longitud, respectivamente)
  - GPS (2) Magellan
  - 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

4.2. Estado Actual del Embalse

La visita al embalse Santa Cecilia se realizó el día Martes 7 de Septiembre de 2010.

La ficha de registro del embalse, cuyo formato fue entregado por la DGA, está organizada en tres Grupos de identificación; Antecedentes Generales, Ubicación del

Embalse y Antecedentes Técnicos. En el Anexo 1 se incluye la ficha del embalse Santa Cecilia.

4.3. Diagnóstico en Terreno

El embalse Santa Cecilia, construido en el año 2007, tiene como finalidad ser un embalse que regula las aguas para luego derivarlas el embalse El Totoral, el cual se utiliza para riego. Este embalse es alimentado por el canal Pencahue. El terremoto produjo daños los cuales ya se encuentran reparados.

Al momento de la visita el agua se encontraba a 5 m medido desde el coronamiento, mientras que la altura de agua en el embalse era de aproximadamente 2 m.

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe “verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos”.

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas e infraestructura fundamentalmente.

A continuación se presenta un resumen de la situación actual del embalse visitado.

4.3.1. Propiedad

El embalse es de propiedad de Viñedos Santa Cecilia, cuyo dueño es don Francisco Jarpa (hijo de don Sergio Jarpa Reyes), mientras que el administrador es don José Celis Ramos.

Los datos de contacto son:

- Administrador Sr. José Celis Ramos: 88897039, 94429286

4.3.2. Descripción General

De la información obtenida de la visita, es posible establecer que el embalse Santa Cecilia sufrió severos daños por causa del terremoto del 27 de febrero. La gravedad de los daños y la necesidad de contar con agua para riego en la temporada que viene, llevó a los propietarios a reparar la presa.

El Embalse Santa Cecilia está formado por tres muros orientados aproximadamente según los puntos cardinales Norte, Sur y Este. El lado Oeste, por su parte, corresponde a un corte en el suelo natural. Las longitudes de cada uno de los lados son: Este 110 m, Norte y Sur 50 m cada uno, y el corte del lado Oeste 100 m. La altura máxima del muro es de unos 8 m.

Los daños causados por el terremoto consisten en la destrucción del muro Sur y de la parte sur del muro Este, en una longitud total de unos 120 m.

La inclinación de los taludes originales de la presa era de 23° para aguas arriba y 32° para aguas abajo. Se debe considerar que el primer metro del talud de aguas arriba está prácticamente vertical debido a la erosión del agua.

El muro reparado, tiene un ancho de coronamiento de unos 3,5 m. La inclinación de los taludes es de 30° para aguas arriba y de 27° para aguas abajo (lo que llama la atención por ser contrario a lo que indica la Ingeniería de Presas).

El talud del lado en corte (Oeste) tiene una inclinación de 35°, y se observa sano.

Al momento de la visita el nivel del agua en el embalse era de 2 m bajo el nivel del coronamiento.

En general y considerando que no ha pasado mucho tiempo desde la reparación (como máximo 2 o 3 meses), el muro se observa sano, sin grietas, deformaciones ni filtraciones visibles.

En relación a la seguridad que tenga la presa, no es posible establecerla sin conocer el estudio técnico de estabilidad de taludes que definió su geometría, ni sin tener los antecedentes relativos a las granulometrías, permeabilidades y ensayes de compactación de los suelos utilizados. Tampoco se sabe si se consideró para el diseño (de existir este) algún sismo apropiado para la zona.

Se presenta, a continuación, una serie de fotografías de la visita efectuada.

A la izquierda Muro en Corte (Oeste)
Al fondo Muro Reparado (sur)

Muro Este

Inicio Sector Reparado en Muro Este

Muro Norte

4.3.3. Vertedero

El embalse no dispone de vertedero.

4.3.4. Cuenca Aportante

El embalse Santa Cecilia no tiene cuenca aportante (se alimenta del canal Pencahue).

4.3.5. Zona afectada en caso de falla

La potencial zona de falla corresponde a unas casas patronales ubicadas a 100 m al Sur del embalse y la infraestructura vial ubicada a un costado de éste.

4.3.6. Operatividad al momento de la visita

Al momento de la visita, el embalse se encontraba operativo, pero el canal que lleva las aguas desde el canal pencahue que lo alimenta se encontraba vacío.

En las siguientes fotografías se muestra el canal de alimentación al embalse y la zona de entrega, que consiste en una válvula de 400 mm.

Sistema de Compuertas y Canal que Alimenta el Embalse

Llegada de la Alimentación del Embalse

Obra de Captación

Salida desde el Embalse hacia El Totoral (gravitacional)

4.3.7. Operatividad en situación de lluvias

De acuerdo con lo informado por el encargado de la operación del embalse Sr. José Celis Ramos, y no obstante a que el embalse no dispone de vertedero, como su alimentación es controlada por compuertas y no posee cuenca aportante, nunca han tenido problemas en situaciones de lluvias importantes.

4.4. Conclusiones

En base a lo ya establecido se presentan las siguientes conclusiones:

i) El muro del embalse Santa Cecilia ha sido reparado en 50 ms del muro Este y completamente en el muro Sur.

ii) Se desconoce el proyecto de reparación, así como los antecedentes de mecánica de suelos de la construcción (granulometrías, ensayes de compactación, etc.)
iii) En apariencia, el muro se observa bien reparado, sin grietas ni otro tipo de fallas.
iv) El talud de aguas arriba no cuenta con protección contra el oleaje.
v) El poco tiempo transcurrido desde la reconstrucción del muro (dos o tres meses) no permite establecer la existencia de asentamientos, deformaciones ni otros defectos propios del efecto del transcurso del tiempo sobre el muro compactado.

4.5. Recomendaciones

Se considera conveniente solicitar al propietario del embalse los antecedentes relativos al proyecto de reconstrucción así como los antecedentes relativos a controles de compactación y de calidad de los materiales utilizados, así como los antecedentes topográficos relativos a la geometría final del muro.

De existir estos antecedentes, se deberán revisar por un especialista para asegurar la estabilidad de la presa.

De no existir, se deberá solicitar al propietario que efectúe a la brevedad los estudios y trabajos geotécnicos necesarios para definir la situación del embalse.

FICHA DE DIAGNÓSTICO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	EMBALSE SANTA CECILIA	
Propietario	Viñedos Santa Cecilia	
RUT Propietario		
Año de construcción	2007	
Cuenca / Código DGA	rio maule/073	
Subcuenca / Código DGA	maule bajo/0738	
Fuente del recurso		

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	07-09-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	si
Altura del muro > 5 m	si

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Región del Maule
Provincia	Talca
Comuna	Pencahue
Coordenadas UTM Estribo Derecho	Norte= 6.093.305 Este= 246.095
Coord. UTM Sureste Muro	
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS 84 Huso 19
Altitud	D= 76 msnm C= I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	Acumulación

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	X
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	100 m x 50 m muros perimetrales
Ancho del coronamiento	D= C= 3,5 m I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= entre 28 y 33 º I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= entre 23 y 28 º I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	
Profundidad máxima de agua en sector del muro	-
Área estimada o calculada de la poza	0,5 ha
Ancho máximo de la poza	50 m
Largo de la poza	100 m
Volumen declarado o proyectado	35.000 m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Regular
Compacidad del material estructural	Alta
Uniformidad de los taludes	Uniformes
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	No
Grietas visibles y su ubicación	No
Indicios de deslizamientos y ubicación	No
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	No
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	No
Tipo de revestimiento del muro	

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	No dispone de vertedero
Material constructivo	
Estado de conservación y operatividad	
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Tubo y válvula de 400 mm
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	Operativo

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO AGUAS

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	100 m casas patronales
Densidad de población en las cercanías del tranque	
Distancia hacia zonas agrícolas	
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	
Área de riego servida por el tranque analizado	

11. FOTOGRAFÍAS

Vista General

Obra de Captación

Canal de Alimentación

Tubo y Válvula de Entrega a Embalse El Totoral

12. OBSERVACIONES

EMBALSES
REGIÓN VIII

CAPTACIÓN SAN FRANCISCO
CAPTACIÓN MANQUIMÁVIDA
EMBALSE REDOLMO
EMBALSE CUMPUMPUY
CAPTACIÓN ROJAS

COMUNA DE CONCEPCIÓN

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1 Introducción 1
1.2 Objetivos Generales 2
1.3 Objetivos Específicos 2

2 ÁREA DE ESTUDIO 2

2.1 Acceso a los Embalses Visitados 3

3 FUENTES DE INFORMACIÓN 5

4 TRABAJO DE TERRENO 5

4.1 Metodología 5
4.2 Estado Actual de los Embalses 6
4.3 Diagnóstico de Terreno 6
4.4 Recomendaciones Generales 9

ANEXO 1 FICHAS DE DIAGNÓSTICO

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 día 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo de gran magnitud en la zona centro sur de Chile que afectó con particular energía las regiones Del Bio Bio, Del Maule, Del Libertador Bdo. O`Higgins, Metropolitana y de Valparaíso.

Los daños han sido cuantiosos en la infraestructura vial, urbana, edificación y de riego. En ese sentido, se requiere conocer en qué situación se encuentran las obras de embalses 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 por tener fallas peligrosas o haber quedado en una situación de inestabilidad que aconseje la toma de medidas urgentes.

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.

El alcance general que tiene el diagnóstico de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras 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 señalado, evalúa, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados a cada embalse a través de la apreciación de los profesionales que ejecutan la inspección, además los daños potenciales que podrían suceder hacia aguas abajo, si se llegara a producir la falla del embalse.

1.2 Objetivos Generales

Realizar un diagnóstico actual del estado 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).

1.3 Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes
- Inspección en terreno de los embalses asignados; llenado de ficha tipo
- Diagnóstico y recomendaciones

2 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio en esta visita correspondió a 5 embalses ubicados en la VIII Región, en las cercanías de la ciudad de Concepción. En el Cuadro 2-1 se incluye el listado de los embalses que fueron visitados.

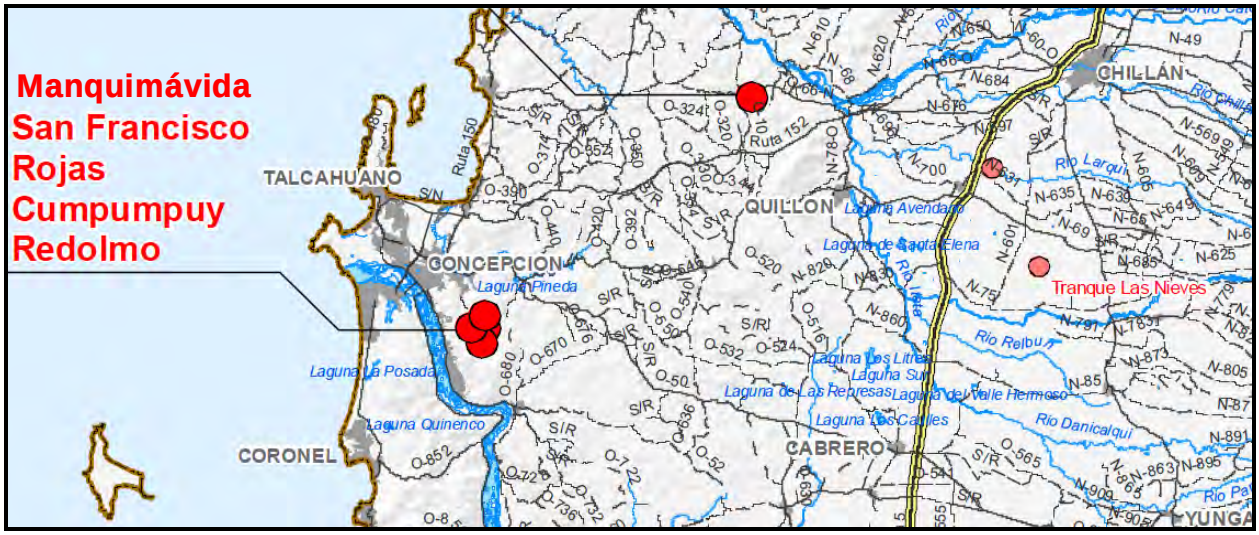
CUADRO 2-1
LISTADO DE EMBALSES VISITADOS

N°	Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
		Uso	Este	Norte	msnm
1	Captación San Francisco	18	680.330	5.918.064	177
2	Captación Manquimávida	18	679.169	5.914.982	116
3	Embalse Redolmo	18	679.876	5.914.549	152
4	Embalse Cumpumpuy	18	680.283	5.916.533	174
5	Captación Rojas	18	678.705	5.916659	154

2.1 Accesos a los Embalses Visitados

La ubicación general de los 5 embalses se muestra en la Figura 2.1-1 siguiente:

FIGURA 2.1-1
UBICACIÓN GENERAL EMBALSES VISITADOS



- **Accesos Específicos Embalses Fundo Nonguén, VIII Región**

Se debe acceder a la Planta Nonguén de ESSBIO.

Tomando como origen la avenida Los Carrera en Concepción, se debe girar a la izquierda por calle Ignacio Collao hasta el final, donde se encuentra con el Camino a Nonguén. Hay que continuar por ese camino sin desviar; finaliza el pavimento y continuar hasta el final del camino donde se encuentra con la entrada al fundo.

En el interior existen senderos conocidos por el operador de la planta de ESSBIO para llegar a cada elemento. Es un bosque del tipo Valdiviano, muy tupido, imprescindible ir con guía pues la señal de GPS es inestable.

Acceso Específico

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
- 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.
- Visita a terreno

4 TRABAJO DE TERRENO

4.1 Metodología

La metodología aplicada para la confección del diagnóstico fue la acordada en las reuniones de la DGA con el equipo de Empresas Consultoras, la que fue adecuada según las dificultades que hubo en cada caso.

La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- La DGA proporcionó planos de trabajo de todas las regiones, Datum WGS 84, con la ubicación de cada uno de los embalses que serían diagnosticados
- Se prepararon las fichas de catastro (fichas proporcionadas por la DGA) para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
- 2 Distanciómetros laser (para mediciones de corta y larga longitud, respectivamente)
- GPS (2) Magellan
- 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.

4.2 Estado Actual de los Embalses

Esta campaña de terreno se hizo entre los días 4 y 5 de Marzo del 2010.

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.

Las fichas se incluyen en el Anexo 1. Además de la ficha, se anexan fotografías de sus principales obras.

4.3 Diagnóstico en Terreno

Los embalses estudiados corresponden a embalses y/o captaciones de agua para uso como bebida.

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución del diagnóstico, se estableció que se debe "verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos".

Bajo dicho criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas fundamentalmente.

Las características de cada elemento de cada embalse se ha incluido en las fichas de catastro (ver Anexo 1), mientras que a continuación se presenta un resumen de la situación actual de cada embalse visitado.

Los embalses y captaciones visitados se ubican en la Reserva Nacional Fundo Nonguén, abastecen de agua a la planta Nonguén de ESSBIO. Su cuenca aportante corresponde a la reserva en su totalidad. Existen una serie de quebradas que conducen las aguas a los puntos de captación o directamente al Estero Nonguén.

El propietario de estos embalses y/o captaciones es la Empresa Sanitaria ESSBIO, cuyos datos son los siguientes:

Dirección: Diagonal Pedro Aguirre Cerda 1129, Piso 2, Concepción.
Fono: (56 41) 22 63 700
Gerente General: Eduardo Abuauad A.
Gerente de Operaciones: Jaime Amthauer P.

Es importante señalar que 4 de los 5 embalses y/o captaciones visitados en esta provincia fueron construidos alrededor del año 1912, salvo la Captación Rojas, construida al lado del antiguo embalse Rojas que fue destruido por un aluvión aproximadamente en el año 2000.

- **Embalse San Francisco:** en buen estado y en funcionamiento. Corresponde a un pequeño embalse con muro de hormigón que acumula agua para ser conducida por una tubería de acero hacia la planta Nonguén de ESSBIO; es importante destacar que esta tubería tiene filtraciones por varios puntos. El muro es antiguo pero está estable, no se observan fisuras. Posee un vertedero lateral de ancho máximo 6,5 m y profundidad máxima 2,0 m. La entrada de agua al embalse se produce a través de un muro de albañilería de piedra que tiene una rejilla interceptora de basuras. Su tamaño es menor, su capacidad de embalse es de 750 m3, aproximadamente.

- **Captación Manquimávida:** en buen estado y en funcionamiento. Corresponde a una barrera de hormigón y compuerta en una estructura de canal que dirige las aguas a una cámara de carga rudimentaria. Los muros del canal son de hormigón, en buen estado. Obra menor que no presenta riesgos para la población o infraestructura.

- **Embalse Redolmo:** corresponde a un embalse con una capacidad aproximada de 1.800 m3, actualmente en funcionamiento. Se estructura en base a un muro de hormigón anclado al macizo rocoso en el extremo Norte y al muro del vertedero en el extremo Sur. Su función es la aducción de agua hacia la planta Nonguén de ESSBIO. Tiene una fisura en el extremo Norte (fisura antigua cubierta de musgo), la cantidad de agua que sale por esa fisura es despreciable, y por lo tanto no se justifica algún tipo de inyección u otra medida correctiva. En el vertedero también existe una fisura que no reviste riesgo para el embalse. En caso de falla su volumen es apreciable y podría tener algún efecto aguas abajo, en las casas vecinas al estero Nonguén, pero esa probabilidad es mínima, dado que este elemento como estructura general soportó en buena forma el sismo del 27 de Febrero de 2010.

Posee un vertedero lateral confinado por roca y muro de hormigón, ancho máximo de 2,35 m y profundidad máxima de 1,5 m.

- **Embalse Cumpumpuy:** en buen estado, actualmente funcionando. Corresponde a un embalse con una capacidad aproximada de 1.700 m3. Se estructura en base a muro de hormigón anclado al macizo rocoso en ambos extremos. Su función es la aducción de agua hacia la planta Nonguén de ESSBIO. En caso de falla su volumen es apreciable y podría tener algún efecto hacia aguas abajo, en las casas vecinas al estero Nonguén, sin embargo esa probabilidad es mínima, dado que este elemento como estructura general soportó en buena forma el sismo. No tiene vertedero lateral, y en caso de crecidas evacua los excedentes por una tubería lateral accionando una compuerta de fondo, actualmente operativa.

- **Captación Rojas:** el antiguo embalse Rojas era del tamaño del embalse Cumpumpuy, pero un aluvión ocurrido en el año 2000 lo embancó totalmente y destruyó las estructuras de muro y cámara de carga. Como una forma de captar el caudal que circula en el área, ESSBIO construyó un pequeño canal que conduce las aguas a una cámara de carga. Es de un tamaño reducido, no presenta ningún tipo de riesgo y actualmente se encuentra en buenas condiciones.

- **Estado de las Válvulas y Compuertas**

Todas las válvulas y compuertas de los embalses y captaciones se encuentran en estado operativo, sin daños y en adecuado estado de mantención.

- **Vertederos**

Los vertederos están operativos, se deben revisar constantemente para eliminar obstrucciones como derrumbes, ramas, hojas que puedan interferir en el cauce.

En caso de lluvias importantes estos elementos tienen la capacidad suficiente para conducir las excedencias. Dada la data de su construcción, estos elementos han funcionado en buena forma frente a grandes lluvias.

- **Estabilidad de Muros**

Como se explicó en la descripción de cada elemento, todos los muros son de hormigón. Los embalses Cumpumpuy, Redolmo y San Francisco tienen como

muro una estructura de hormigón masivo, de ancho en el coronamiento de 0,80 m y una base del orden de 1,5 m; todos ellos se encuentran estables y sin fisuras.

- **Tuberías de Conducción**

Existen (a la fecha de la visita) al menos dos roturas en la tubería del embalse San Francisco, y otras dos roturas en la tubería del embalse Cumpumpuy. Estos elementos (tuberías de acero) son los que se ven con mayor deterioro producto del sismo.

- **Zona de inundación**

Todas las aguas embalsadas en los 5 embalses visitados, en caso de alguna falla, llegarían al estero Nonguén. En las inmediaciones del cauce del estero Nonguén existen viviendas (barrio del zoológico de Concepción) que potencialmente se podrían ver afectadas por el potencial aumento de caudal; lo mismo ocurre con algunos puentes en el camino a la reserva.

4.4 Recomendaciones Generales

Los 5 embalses y/o captaciones visitadas no sufrieron daños debido al sismo (excepto las tuberías de conducción de los embalses San Francisco y Cumpumpuy), y todos ellos se encuentran operativos. Su estabilidad se ha mantenido incólume desde hace 98 años; no obstante que el aspecto de los embalses se presenta bastante ruinoso, nunca han fallado. Es importante destacar que la empresa de agua potable ESSBIO realiza monitoreos de estos elementos, siendo el encargado de la planta Nonguén quién tiene la misión de verificar cualquier eventualidad y limpiar los cauces de los vertederos cuando corresponde. También hay que destacar que las labores de mantención de las estructuras en estos embalses son precarias.

Es importante mantener los cauces de los vertederos sin interferencias, limpiar en forma periódica los restos de derrumbes, ramas y troncos de árboles depositados en ellos.

ESSBIO debiera ejecutar una acuciosa revisión de las tuberías de aducción a la planta Nonguén; son varias las roturas existentes que provocan además de pérdida de agua, erosión y potenciales avenidas en sectores de la reserva.

Se debieran realizar labores de limpieza del embancamiento existente en los embalses Cumpumpuy, Redolmo y San Francisco.

FICHAS DE DIAGNÓSTICOS

CAPTACIÓN SAN FRANCISCO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	Captación San Francisco	
Propietario	ESSBIO	
RUT Propietario		
Año de construcción	1912	
Cuenca / Código DGA	costera e islas entre rio itata y rio bio bio / 082	
Subcuenca / Código DGA	rio andalien / 0822	
Fuente del recurso	Estero Nonguen	

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	04-03-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	No
Altura del muro > 5 m	No

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Del Bio Bio
Provincia	Bio Bio
Comuna	Chiguayante
Coordenadas UTM Der	
Coordenadas UTM Centro	Norte= 5918064 Este=680330
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= C= I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	X
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	X
Presa de RCC	
Otros tipos	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Con huincha	
Longitud del coronamiento	12
Ancho del coronamiento	D= C= 0.9 I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	3.2 m
Profundidad máxima de agua en sector del muro	2.5 m
Área estimada o calculada de la poza	600 m2
Ancho máximo de la poza	12 m
Largo de la poza	50 m
Volumen declarado o proyectado	750 m3

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	***Describir***
Regularidad de la geometría actual	Muro de hormigón masivo, sección trapezoidal.
Compacidad del material estructural	
Uniformidad de los taludes	
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	No
Grietas visibles y su ubicación	No
Indicios de deslizamientos y ubicación	NA
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	NA
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	No
Tipo de revestimiento del muro	Hormigón

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	X
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	Canal
Material constructivo	Excavado en roca
Estado de conservación y operatividad	Operativo, con desprendimientos de roca, existen ramas en el cauce.
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	Ancho 6.5m Profundidad 2.0 m.

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Carga tubería fierro fundido.
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	Operativo.

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	Estero Natural.
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	4.0 Km
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	Estero Nonguén atraviesa sector poblado hasta Estero Andalién.
Densidad de población en las cercanías del tranque	Sector Nonguén, Barrio Zoologico.
Distancia hacia zonas agrícolas	Ubicado en reserva natural.
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	3.5 Km
Área de riego servida por el tranque analizado	Agua Potable a Concepción.

11. MONOGRAFÍA

12. OBSERVACIONES

Buen estado, operativo. Personal de ESSBIO lo mantiene en constante observación y mantención de elementos principales.

CAPTACIÓN MANQUIMÁVIDA

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	Captación Manquimávida	
Propietario	ESSBIO	
RUT Propietario		
Año de construcción	Desconocido	
Cuenca / Código DGA	costera e islas entre rio itata y rio bio bio / 082	
Subcuenca / Código DGA	rio andalien / 0822	
Fuente del recurso	Estero Nonguen	

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	05-03-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	No
Altura del muro > 5 m	No

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Del Bio Bio
Provincia	Bio Bio
Comuna	Chiguayante
Coordenadas UTM Der	
Coordenadas UTM Centro	Norte= 5914982 Este=679169
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= C= I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	X
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos: Canal con compuerta.	X

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Con huincha	
Longitud del coronamiento	
Ancho del coronamiento	D= C= I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	
Profundidad máxima de agua en sector del muro	
Área estimada o calculada de la poza	
Ancho máximo de la poza	
Largo de la poza	
Volumen declarado o proyectado	

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Canal de Hormigón, altura 2.5 m..
Compacidad del material estructural	
Uniformidad de los taludes	
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	No
Grietas visibles y su ubicación	No
Indicios de deslizamientos y ubicación	NA
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	NA
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	No
Tipo de revestimiento del muro	Hormigón

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	Canal
Material constructivo	Excavado en roca
Estado de conservación y operatividad	Sin problemas, en operación.
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Carga tubería fierro fundido.
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	Operativo.

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	Estero Natural.
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	4.0 Km
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	Estero Nonguén atraviesa sector poblado hasta Estero Andalién.
Densidad de población en las cercanías del tranque	Sector Nonguén, Barrio Zoologico.
Distancia hacia zonas agrícolas	Ubicado en reserva natural.
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	3.5 Km
Área de riego servida por el tranque analizado	Agua Potable a Concepción.

11. MONOGRAFÍA

Indicación

con
l.

12. OBSERVACIONES

Buen estado, operativo. Personal de ESSBIO lo mantiene en constante observación y mantención de elementos principales.

EMBALSE REDOLMO

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	EMBALSE REDOLMO	
Propietario	ESSBIO	
RUT Propietario		
Año de construcción	1912	
Cuenca / Código DGA	costera e islas entre rio itata y rio bio bio / 082	
Subcuenca / Código DGA	rio andalien / 0822	
Fuente del recurso	Estero Nonguen	

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	05-03-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	No
Altura del muro > 5 m	No

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Octava
Provincia	Del Bio Bio
Comuna	Chiguayante
Coordenadas UTM Der	
Coordenadas UTM Centro	Norte= 5914549 Este=679876
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= C= I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	X
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	X
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	20
Ancho del coronamiento	D= C= 0.85 I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas conocida	
Paramentos verticales	5.3
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	5.3
Profundidad máxima de agua en sector del muro	4.5
Área estimada o calculada de la poza	780
Ancho máximo de la poza	20
Largo de la poza	52
Volumen declarado o proyectado	1755

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Muro de hormigón en buen estado de conservación (98 años construido)
Compacidad del material estructural	
Uniformidad de los taludes	
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	No
Grietas visibles y su ubicación	Fisura en extremo norte del muro, antigua, filtración pequeña.
Indicios de deslizamientos y ubicación	No
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	NA
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	No
Tipo de revestimiento del muro	Hormigón

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	X
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	
Vertederos controlados por compuertas	X

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	x
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	X
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	Canal
Material constructivo	Excavado en roca, una cara revestida en hormigón.
Estado de conservación y operatividad	Sin problemas, en operación.
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	Ancho 2.35 m. Profundidad 1.5 m.

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Carga tubería fierro fundido.
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	Operativo.

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	Estero Natural.
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	4.0 Km
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	Estero Nonguén atraviesa sector poblado hasta Estero Andalién.
Densidad de población en las cercanías del tranque	Sector Nonguén, Barrio Zoologico.
Distancia hacia zonas agrícolas	Ubicado en reserva natural.
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	3.5 Km
Área de riego servida por el tranque analizado	Agua Potable a Concepción.

11. MONOGRAFÍA

Planta del muro (forma y dimensiones)

Desprendimiento

Obra de evacuación

Fisura

12. OBSERVACIONES

Buen estado, operativo. Personal de ESSBIO lo mantiene en constante observación y mantención de elementos principales.
Presenta una fisura en sector norte, antigua sin exceso de filtración.
Existe otra fisura en canal de descarga, tambien antigua. Ambas fisuras no comprometen la estabilidad.
Se produjeron desprendiminetos menores en muro del vertedero hacia el interior del embalse.

EMBALSE CUMPUMPUY

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	EMBALSE CUMPUMPUY	
Propietario	ESSBIO	
RUT Propietario		
Año de construcción	1912	
Cuenca / Código DGA	costera e islas entre rio itata y rio bio bio / 082	
Subcuenca / Código DGA	rio andalien / 0822	
Fuente del recurso	Estero Nonguen	

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	05-03-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	No
Altura del muro > 5 m	No

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Del Bio Bio
Provincia	Bio Bio
Comuna	Chiguayante
Coordenadas UTM Der	
Coordenadas UTM Centro	Norte= 5916533 Este=680283
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= C= I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	X
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	X
Presa de RCC	
Otros tipos:	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	20
Ancho del coronamiento	D= C= 0.80 I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas conocida	
Paramentos verticales	4.5
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	4.5
Profundidad máxima de agua en sector del muro	4.0
Área estimada o calculada de la poza	870
Ancho máximo de la poza	20
Largo de la poza	58
Volumen declarado o proyectado	1740

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	Muro de hormigón en buen estado de conservación (98 años construido)
Compacidad del material estructural	
Uniformidad de los taludes	
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	No
Grietas visibles y su ubicación	nO
Indicios de deslizamientos y ubicación	No
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	NA
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	No
Tipo de revestimiento del muro	Hormigón

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	x
Vertederos laterales	
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	
Vertederos controlados por compuertas	X

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	x

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	Tubería
Material constructivo	Inserta en muro sector norte
Estado de conservación y operatividad	Sin problemas, en operación.
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	Acero díametro 450 mm.

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Carga tubería fierro fundido.
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	Operativo.

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	Estero Natural.
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	4.0 Km
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	Estero Nonguén atraviesa sector poblado hasta Estero Andalién.
Densidad de población en las cercanías del tranque	Sector Nonguén, Barrio Zoologico.
Distancia hacia zonas agrícolas	Ubicado en reserva natural.
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	3.5 Km
Área de riego servida por el tranque analizado	Agua Potable a Concepción.

11. MONOGRAFÍA

Obra de evacuación

12. OBSERVACIONES

Buen estado, operativo. Personal de ESSBIO lo mantiene en constante observación y mantención de elementos principales.

CAPTACIÓN ROJAS

FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre de la presa	Captación Rojas	
Propietario	ESSBIO	
RUT Propietario		
Año de construcción	2005	
Cuenca / Código DGA	costera e islas entre rio itata y rio bio bio / 082	
Subcuenca / Código DGA	rio andalien / 0822	
Fuente del recurso	Estero Nonguen	

Nº de ficha	
Fecha (dd/mm/año)	05-03-2010

Cumplimiento Art, 294 del Código de Aguas	✓
Capacidad > 50.000 m3	No
Altura del muro > 5 m	No

2. UBICACIÓN DE PRESA

Región	Del Bio Bio
Provincia	Bio Bio
Comuna	Chiguayante
Coordenadas UTM Der	
Coordenadas UTM Centro	Norte= 5916659 Este=678705
Coordenadas UTM Izq	
Datum	WGS84
Altitud	D= C= I=

3. USO O DESTINO DEL EMBALSE

	("x")
Riego	
Generación de energía	
Abastecimiento de agua potable / saneamiento	X
Relaves	
Sedimentación	
Control de crecidas	
Recreación	
Otros usos	

4. TIPO DE EMBALSE

	("x")
Presa de tierra homogénea	
Presa de material granular graduado	
Presa de enrocados (CFRD)	
Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)	
Presa de RCC	
Otros tipos: Captación desde canal con compuerta y cámara.	

5. GEOMETRÍA DE LA PRESA

Distanciómetro Laser	Medidas en metros
Longitud del coronamiento	
Ancho del coronamiento	D= C= I=
Desarrollo del talud aguas abajo	
Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas	
Paramentos verticales	
Con eclímetro	
Ángulo talud de aguas abajo	D= C= I=
Ángulo talud de aguas arriba	D= C= I=

6. ESTIMACIÓN CAPACIDAD MÁXIMA DEL EMBALSE

Altura máxima del muro (definida por relaciones trigonométricas en caso de no poder medir directamente)	
Profundidad máxima de agua en sector del muro	
Área estimada o calculada de la poza	
Ancho máximo de la poza	
Largo de la poza	
Volumen declarado o proyectado	

7. CARACTERÍSTICAS DEL MURO

Inspección visual	✓
Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)	
Identificación del punto de toma de muestra	
Toma de coordenadas y fotografías del punto muestreado	
Clasificación del material de construcción (clasificación según	

ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN	*Describir*
Regularidad de la geometría actual	
Compacidad del material estructural	
Uniformidad de los taludes	
Depresiones visibles y cuantificables a lo largo del coronamiento	
Grietas visibles y su ubicación	
Indicios de deslizamientos y ubicación	
Sectores que se presentan saturados y altura de saturación en relación al coronamiento	
Filtraciones visibles en talud de aguas abajo en el pie	
Tipo de revestimiento del muro	

8. CARACTERÍSTICAS OBRAS EVACUADOR DE CRECIDAS

Por su localización en relación a la estructura principal:	("x")
Vertederos frontales	
Vertederos laterales	
Vertederos de campana	

Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:	("x")
Vertederos libres, sin control	
Vertederos controlados por compuertas	

Desde el punto de vista de la pared donde se produce el vertimiento:	
Vertedero de pared delgada	
Vertedero de pared gruesa	
Vertedero con perfil hidráulico	

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento:	
Rectangulares	
Trapezoidales	
Triangulares	
Circulares	x

Los datos a consignar son:	
Tipo de vertedero	
Material constructivo	
Estado de conservación y operatividad	
Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)	

9. CARACTERÍSTICAS OBRAS DE ENTREGA Y DESAGÜE DE FONDO

Tipo de estructura	Carga tubería fierro fundido.
Mediciones estructurales	
Funcionamiento actual	Operativo.

10. CARACTERIZACIÓN DEL CAUCE Y USO DEL SUELO

Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo del embalse, tipo de terreno, pendiente media y ancho medio del cauce	Estero Natural.
Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce	4.0 Km
Distancia desde centros poblados perpendicular al cauce	Estero Nonguén atraviesa sector poblado hasta Estero Andalién.
Densidad de población en las cercanías del tranque	Sector Nonguén, Barrio Zoologico.
Distancia hacia zonas agrícolas	Ubicado en reserva natural.
Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia	3.5 Km
Área de riego servida por el tranque analizado	Agua Potable a Concepción.

11. MONOGRAFÍA

12. OBSERVACIONES

Captación Rojas fue destruida por crecida del estero (aluvión) hace algunos años. En su reemplazo Essbio desvía aguas de un canal y las capta. Buen estado, operativo. Personal de ESSBIO lo mantiene en constante observación y mantención de elementos principales.