



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

CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR DE EMBALSES UBICADOS EN LAS REGIONES DE VALPARAÍSO, METROPOLITANA, DEL MAULE Y DE LA ARAUCANÍA

RESUMEN EJECUTIVO

REALIZADO POR:

AQUATERRA INGENIEROS LIMITADA

S.I.T. N° 255

Santiago, Noviembre 2011

Ministro de Obras Públicas

Ingeniero Civil Sr. Laurence Golborne Riveros

Director General de Aguas
Abogado Sr. Matías Desmadryl Lira

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

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

AQUATERRA INGENIEROS LIMITADA

Jefe de Proyecto
Ingeniero Civil Jorge Baechler R.

Profesionales

Ingeniero Civil Jaime Vargas P.
Ingeniero Civil Eugenio Campos G.
Ingeniero Civil Kricor Bzdigian K.
Ingeniera Civil Elizabeth Mockridge E.
Ingeniero Civil Camilo Alarcón C.
Ingeniero Civil Eugenio Campos G.
Ingeniera Civil en Geografía Claudia Hernández L.
Técnico Jorge Jaluff R.

RESUMEN EJECUTIVO

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos Generales.....	2
1.3. Objetivos Específicos	2
2. ÁREA DE ESTUDIO.....	2
3. Recopilación y Análisis de Antecedentes.....	10
4. Trabajos de Terreno.....	10
4.1. Metodología General	10
4.2. FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES	13
4.2.1. Antecedentes Generales.....	13
4.2.2. Ubicación de la Presa.....	13
4.2.3. Uso o Destino del Embalse	14
4.2.4. Tipo de Embalse	14
4.2.5. Geometría de la Presa.....	15
4.2.6. Estimación Capacidad Máxima del Embalse	15
4.2.7. Características del Muro, Estado y Calidad de Construcción ...	16
4.2.8. Características Obras Evacuador de Crecidas.....	17
4.2.9. Características Obras de Entrega y Desagüe de Fondo.....	18
4.2.10. Caracterización del Cauce y Uso del Suelo Aguas Abajo.....	18
4.2.11. Monografías.....	19
4.2.12. Observaciones.....	19
5. ESTUDIO DE CRECIDAS	20
5.1. Introducción	20
5.2. Períodos de Retorno Según Tipo de Obra.....	20
5.3. Cálculo de Crecidas.....	21
6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	34
7. ANÁLISIS DE FILTRACIONES	36
8. CÁLCULO DE CAUDALES EN VERTEDEROS	37
9. ANÁLISIS DE RIESGOS (HAZOP).....	39
9.1. Base Metodológica	39
10. RESULTADOS.....	40

PLANOS

PLANO 2-1	UBICACIÓN EMBALSES V REGIÓN DE VALPARAÍSO
PLANO 2-2	UBICACIÓN EMBALSES REGIÓN METROPOLITANA
PLANO 2-3	UBICACIÓN EMBALSES VII REGIÓN DEL MAULE
PLANO 2-4	UBICACIÓN EMBALSES IX REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. Introducción

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

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

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

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

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

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

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

Cabe destacar que el Ministerio de Obras Públicas ha definido como una labor prioritaria el tema de la seguridad de las obras de Infraestructura

pública y privada, teniendo especial relevancia el alto grado de riesgo de obras hidráulicas, específicamente las relacionadas con embalses.

La falta de prevención y previsión en el mantenimiento, reparación y operación de obras hidráulicas puede traer consigo graves daños a la propiedad pública y privada y a la vida y salud de los habitantes, una adecuada labor de inspección permitirá evitar al Estado graves daños de carácter patrimonial consecuencia de múltiples acciones legales emprendidas por particulares perjudicados por la ocurrencia de un evento catastrófico atribuible a negligencia o falta de previsión por parte de la autoridad.

1.2. Objetivos Generales

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

1.3. Objetivos Específicos

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

2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio incluye las regiones de Valparaíso, Metropolitana, del Maule y de la Araucanía. En los Cuadros siguientes se incluye el listado de los 60 embalses que serán diagnosticados, mientras que en los planos 2-1 a 2-4 se muestra la ubicación de cada uno de ellos, por región (coordenadas en Datum WGS 84 Huso 19).

CUADRO 2-1
EMBALSES A SER DIAGNOSTICADOS V REGIÓN DE VALPARAÍSO
(coordenadas Datum WGS 84 Huso 19)

Nº	NOM_EMB	REGION	PROVINCIA	COMUNA	Coordenadas UTM	
					NORTE	ESTE
1	SAUSALITO	DE VALPARAÍSO	VALPARAISO	VIÑA DEL MAR	6.344.202	262.905
2	SAN JUAN	DE VALPARAÍSO	SAN ANTONIO	SAN ANTONIO	6.275.286	264.029
3	LLIULLIU	DE VALPARAÍSO	QUILLOTA	LIMACHE	6.335.815	293.064
4	SANTA ROSA	DE VALPARAÍSO	QUILLOTA	LIMACHE	6.342.775	294.079
5	SAN JORGE	DE VALPARAÍSO	QUILLOTA	LIMACHE	6.343.575	294.423
6	LO OVALLE	DE VALPARAÍSO	VALPARAISO	CASABLANCA	6.318.190	280.185
7	EMBALSE PEÑUELAS	DE VALPARAÍSO	VALPARAISO	VALPARAISO	6.329.519	261.682
8	LO OROZCO	DE VALPARAÍSO	VALPARAISO	CASABLANCA	6.320.499	274.651
9	TRANQUE LA LUZ	DE VALPARAÍSO	VALPARAISO	VALPARAISO	6.331.207	257.832
10	PERALITO	DE VALPARAÍSO	VALPARAISO	QUINTERO	6.364.347	271.692
11	LOS LEONES DE LIMACHE	DE VALPARAÍSO	QUILLOTA	LIMACHE	6.341.410	290.873
12	EL MELON	DE VALPARAÍSO	QUILLOTA	NOGALES	6.378.748	295.094
13	EL BOSQUE	DE VALPARAÍSO	QUILLOTA	LIMACHE	6.343.136	291.420
14	LA LAGUNA DE CATAPILCO	DE VALPARAÍSO	PETORCA	ZAPALLAR	6.396.580	284.888
15	LOS PERALES DE TAPIHUE	DE VALPARAÍSO	VALPARAISO	CASABLANCA	6.315.061	285.780
16	LA GLORIA	DE VALPARAÍSO	QUILLOTA	LIMACHE	6.342.365	287.227
17	POZA AZUL O LAGUNA QUI	DE VALPARAÍSO	VALPARAISO	QUILPUE	6.335.876	275.246
18	LAS PALMAS DE QUILPUE	DE VALPARAÍSO	VALPARAISO	QUILPUE	6.330.275	277.702
19	CACHAGUA	DE VALPARAÍSO	PETORCA	ZAPALLAR	6.393.297	271.071
20	CASAS DE QUILPUE	DE VALPARAÍSO	SAN FELIPE	SAN FELIPE	6.378.756	340.531
21	LAS REPRESAS	DE VALPARAÍSO	PETORCA	ZAPALLAR	6.386.912	281.766
22	LOS LEONES	DE VALPARAÍSO	VALPARAISO	VILLA ALEMANA	6.335.555	281.949
23	LOS CORONELES	DE VALPARAÍSO	QUILLOTA	OLMUE	6.342.960	300.162
24	EL CARRIZO	DE VALPARAÍSO	SAN FELIPE	LLAILLAY	6.361.838	322.298

CUADRO 2-2
EMBALSES A SER DIAGNOSTICADOS REGIÓN METROPOLITANA
(coordenadas Datum WGS 84 Huso 19)

Nº	NOM_EMB	REGION	PROVINCIA	COMUNA	Coordenadas UTM	
					NORTE	ESTE
1	TRANQUE PEREZ CALDERA	METROPOLITANA	SANTIAGO	LO BARNECHEA	6.323.200	374.750
2	EMBALSE MINERA FLORIDA	METROPOLITANA	MELIPILLA	ALHUE	6.231.327	312.072
3	EMBALSE CAREN	METROPOLITANA	MELIPILLA	ALHUE	6.225.584	299.403
4	EL PARRON	METROPOLITANA	MAIPO	BUIN	6.270.839	344.456
5	LA REINA	METROPOLITANA	SANTIAGO	LA REINA	6.299.396	358.714
6	EMBALSE LAS TORTOLAS	METROPOLITANA	CHACABUCO	COLINA	6.334.443	337.430
7	EMBALSE OVEJERIA	METROPOLITANA	CHACABUCO	TIL TIL	6.341.378	331.445
8	TRANQUE EL CHILQUE	METROPOLITANA	MELIPILLA	ALHUE	6.233.901	295.788
9	REINA NORTE	METROPOLITANA	CHACABUCO	COLINA	6.327.316	343.533
10	TRANQUE CHADA	METROPOLITANA	MAIPO	PAINE	6.247.429	347.503
11	EMBALSE EL YESO	METROPOLITANA	CORDILLERA	SAN JOSE DE MAIPO	6.274.440	399.401
12	EMBALSE RUNGUE	METROPOLITANA	CHACABUCO	TIL TIL	6.334.909	321.779
13	LO ERMITA	METROPOLITANA	MAIPO	CALERA DE TANGO	6.283.282	336.282
14	LOICA	METROPOLITANA	MELIPILLA	SAN PEDRO	6.238.264	269.251

CUADRO 2-3
EMBALSES A SER DIAGNOSTICADOS VII REGIÓN DEL MAULE
(coordenadas Datum WGS 84 Huso 19)

Nº	NOM_EMB	REGION	PROVINCIA	COMUNA	Coordenadas UTM	
					NORTE	ESTE
1	EL CERRILLO	DEL MAULE	CURICO	MOLINA	6.111.200	283.039
2	SANTA CECILIA	DEL MAULE	TALCA	PENCAHUE	6.093.350	246.070
3	EL MAITEN	DEL MAULE	TALCA	PENCAHUE	6.093.552	247.675
4	LAS MERCEDES	DEL MAULE	TALCA	RIO CLARO	6.096.896	294.304
5	GUAICO I	DEL MAULE	CURICO	ROMERAL	6.132.303	309.920
6	GUAICO III	DEL MAULE	CURICO	ROMERAL	6.126.618	314.972
7	CORRALONES II	DEL MAULE	TALCA	SAN CLEMENTE	6.063.412	287.803
8	CORRALONES VIEJO	DEL MAULE	TALCA	SAN CLEMENTE	6.062.323	287.974
9	LA CRIANZA	DEL MAULE	CURICO / TALCA	RIO CLARO	6.095.114	296.932
10	HUENCUECHO NORTE I	DEL MAULE	TALCA	PELARCO	6.084.472	286.106
11	HUENCUECHO NORTE II	DEL MAULE	TALCA	PELARCO	6.084.992	286.305
12	SAN MARCOS	DEL MAULE	CURICO	HUALAÑE	6.122.939	255.929
13	SANTA LUCRECIA	DEL MAULE	TALCA	PELARCO	6.081.890	290.771
14	SANTA TERESA DE PERQUIN	DEL MAULE	TALCA	SAN CLEMENTE	6.060.983	282.798

CUADRO 2-4
EMBALSES A SER DIAGNOSTICADOS REGIÓN DE LA ARAUCANÍA
(coordenadas Datum WGS 84 Huso 18)

Nº	NOM_EMB	REGION	PROVINCIA	COMUNA	Coordenadas UTM	
					NORTE	ESTE
1	EL CASTILLO O MALQUERIDA	DE LA ARAUCANIA	MALLECO	TRAIQUEN	5.766.883	705.682
2	HUELEHUEICO	DE LA ARAUCANIA	MALLECO	RENAICO	5.811.460	718.847
3	CHUMPIRRO	DE LA ARAUCANIA	MALLECO	RENAICO	5.815.227	714.142
4	SANTA ALDEA	DE LA ARAUCANIA	CAUTIN	NUEVA IMPERIAL	5.709.130	683.786
5	EMBALSE MALALCO	DE LA ARAUCANIA	MALLECO	TRAIQUEN	5.768.521	706.812
6	LAGUNA TEMUCO	DE LA ARAUCANIA	CAUTIN	TEMUCO	5.718.639	718.927
7	TRANQUE MARÍA ESTER	DE LA ARAUCANIA	MALLECO	TRAIQUEN / VICTORIA	5.763.983	719.796
8	PASO MALO	DE LA ARAUCANIA	MALLECO	TRAIQUEN	5.773.687	701.276

PLANO 2-1

PLANO 2-2

PLANO 2-3

PLANO 2-4

3. Recopilación y Análisis de Antecedentes

Se ha llevado a cabo una completa revisión de antecedentes relacionados con cada uno de los embalses (planos de proyecto y/o construcción, proyectos o estudios de mejoramiento, minutas de operación, etc.) los cuales han sido obtenidos tanto en entidades públicas como privadas, a saber:

- Sistema de Información Geográfica de la DGA del MOP
- Centro de Información de Recursos Hídricos (CIRH), DGA, MOP
- Archivo Técnico de la DOH (Santiago y Regiones)
- Expedientes de los Embalses que se obtuvieron de cada una de las divisiones de fiscalización de la DGA de las regiones involucradas
- Reuniones con los jefes de fiscalización de la DGA de las regiones involucradas.
- Archivo Técnico de la CNR (Santiago y Regiones)
- Propietarios (Juntas de Vigilancia, Asociación de Regantes, Particulares, etc.) de cada uno de los embalses que serán visitados.
- Google Earth 2011

4. Trabajos de Terreno

4.1. Metodología General

La planificación del trabajo en terreno consideró la visita a cada sitio de embalse. Para ello se dispuso de equipos de trabajo a cargo de un Ingeniero de experiencia en diseños de presas, un ingeniero ayudante y de un técnico.

A continuación se incluyen los diferentes tópicos y trabajos efectuados en terreno.

➤ Cartografía

- Se confeccionaron planos de trabajo a diferentes escalas para cada una de las regiones incluidas en el estudio; se trabajó en Datum WGS 84, Huso 19 (excepto la IX Región de La Araucanía que se trabajó en Huso 18).
- En cada uno de los 4 planos se ubicaron los embalses a ser

diagnosticados.

- También se determinó la ubicación de los embalses en las imágenes satelitales de Google Earth.

➤ **Obtención de los datos característicos de cada embalse**

En terreno se completaron las "FICHAS DE REGISTRO DE EMBALSES", las que contienen la información básica para identificar las obras. Estas fichas se han incluido, para cada uno de los embalses, en el Anexo 1.

➤ **Mediciones**

Con el objetivo de lograr caracterizar algunos parámetros hidráulicos y definir la geometría del embalse fue necesario realizar algunas mediciones en terreno para el llenado de las planillas de catastro de embalses y la confección de los croquis de las obras.

Las medidas principales que fueron tomadas en terreno y el método para cada caso son las presentadas en el Cuadro 4.1-1.

**CUADRO 4.1-1
MEDICIONES A EFECTUAR EN TERRENO**

MEDICIÓN	UNIDAD	MÉTODO
Ancho de coronamiento	m	Huincha
Largo talud de aguas arriba	m	Distanciómetro
Largo talud de aguas abajo	m	Distanciómetro
Ancho de la obra de evacuación	m	Huincha
Angulo del talud de aguas arriba	°	Eclímetro y distanciómetro con aplicación de medición de ángulos
Angulo del talud de aguas abajo	°	Eclímetro y distanciómetro con aplicación de medición de ángulos

➤ **Croquis de Obras Principales**

Se confeccionaron croquis en planta y cortes de las principales obras que presentaba cada uno de los embalses visitados. En particular, al menos se incluyeron croquis de las siguientes obras:

- Planta y cortes del muro con sus taludes de aguas arriba y de aguas abajo.

- Obra de alimentación del embalse y sus partes principales
- Obra de evacuación

➤ **Fotografías**

Las fotografías fueron un complemento de la recolección de datos en terreno y permitieron al equipo evaluador completar su visión integral de la obra, con el fin de precisar los valores asignados.

La toma de fotografías se realizó desde distintos ángulos con el fin de poder caracterizar la obra completa, así como también de los sectores aledaños (casas, infraestructura, filtraciones al pie del muro, etc.)

➤ **Análisis del Emplazamiento Aledaño y Aguas Abajo**

Se analizaron en terreno el sitio en donde se emplaza el embalse, especialmente la estabilidad de las laderas de cerros, peligros potenciales de deslizamientos ante crecidas o sismos, situación de la zona de aguas abajo del embalse, etc.

➤ **Selección de Embalses para Ensayos de Mecánica de Suelos**

De acuerdo con lo observado en terreno por el experto en embalses y geotecnia, se seleccionaron los siguientes embalses donde se hicieron calicatas para análisis de ensayos específicos (ver resultados en Anexo 2):

V Región de Valparaíso:

- a) Los Leones de Limache
- b) Lo Orozco
- c) Santa Rosa de Limache

Región Metropolitana

- a) Loica
- b) Chada

VII Región del Maule

- a) Las Mercedes
- b) El Cerrillo

Los ensayos efectuados fueron los siguientes:

- Granulometría
- Humedad
- Peso Específico
- Densidad de Partículas Sólidas

- Clasificación USCS

A su vez, se efectuaron ensayos Triaxiales en los siguientes 2 embalses:

- El Cerrillo
- Los Leones de Limache

4.2. FICHA DE CATASTRO DE EMBALSES

4.2.1. Antecedentes Generales

La primera parte de la ficha tuvo como objetivo identificar el embalse con su nombre, el propietario al cual pertenece, el año de su construcción, la cuenca y subcuenca en la cual se ubica con su respectivo código de las Dirección General de Aguas y la identificación de la fuente del recurso que se almacena en el embalse.

Es importante destacar que, debido a que muchas veces el embalse se encontraba en un sitio eriazo y sin moradores en sus alrededores, no fue factible obtener la totalidad de datos que había que llenar en cada ficha.

Los datos de esta primera parte son los siguientes:

- Nombre de la presa
- Propietario
- Año de construcción
- Cuenca / Código DGA
- Subcuenca / Código DGA
- Fuente del recurso

Además de lo anterior, se identificó cada ficha con un número (mismo número del listado incluido en el punto 2) del presente informe, y la fecha de su realización.

4.2.2. Ubicación de la Presa

Contiene ubicación general, la región, provincia y comuna en donde se localiza la obra. Para su ubicación específica, se registró por medio de un GPS Navegador las coordenadas UTM y con altímetro barométrico la altura sobre el nivel medio del mar.

Las mediciones de las coordenadas fueron hechas en la parte central del

muro, y en los estribos izquierdo y derecho.

Los datos que se registraron fueron:

- Región
- Provincia
- Comuna
- Coordenadas UTM norte y este y Datum
- Altitud

4.2.3. Uso o Destino del Embalse

Se identificó el uso o destino que se da a la obra, en general se pueden identificar los siguientes usos:

- Riego
- Generación de energía
- Abastecimiento de agua potable / saneamiento
- Relaves
- Sedimentación
- Control de crecidas
- Recreación
- Otros usos

4.2.4. Tipo de Embalse

Desde el punto de vista de los materiales empleados en su construcción, las presas pueden construirse de materiales granulares e impermeables (arcillas), de enrocados, hormigón convencional, hormigón rodillado (RCC), etc.

Las presas de materiales granulares, son aquellas construidas de materiales excavados o de deposición industrial. Se distinguen en presas de tierra homogénea y de material graduado, en donde los componentes básicos son el núcleo impermeable, espaldones de aguas arriba y aguas abajo, filtros y drenes.

Las presas de enrocados con pantalla impermeable en la cara de aguas arriba (CFRD). En general, la pantalla más utilizada es losa de hormigón.

Las presas de hormigón son presas construidas de hormigón armado o sin armar.

Las presas de RCC (Roll Compacted Concrete), son presas construidas con un hormigón de bajo contenido de cemento Portland y bajo contenido de agua, de modo que no presenta asentamiento y se compacta con rodillos vibratorios.

De acuerdo a lo anterior, se identificó el tipo de presa, según la siguiente clasificación:

- Presa de tierra homogénea
- Presa de material granular graduado
- Presa de enrocados (CFRD)
- Presa de hormigón (gravedad, contrafuerte, arco)
- Presa de RCC
- Otros tipos (relaves, de tierra con núcleo de arcilla, etc.)

4.2.5. Geometría de la Presa

En aquellos casos de cuerpos prismáticos interesa definir de la mejor manera posible la geometría del muro. Para ello se midieron con huincha la longitud y ancho del coronamiento y la revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas conocida. Sobre el talud de aguas abajo, se realizaron mediciones del desarrollo (con distanciómetro de precisión), desde el borde del coronamiento hasta el eje del cauce en su punto más bajo.

Con eclímetro y distanciómetro se midió la inclinación del talud de aguas arriba y el talud de aguas abajo. En aquellos casos de cuerpos de paramentos verticales, se midió directamente la altura con huincha.

De esta manera con relaciones trigonométricas se pudo caracterizar la geometría completa de la estructura.

4.2.6. Estimación Capacidad Máxima del Embalse

Para definir el tamaño del embalse, se requirió la siguiente información:

- 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 (con google earth)
- Ancho máximo de la poza (con distanciómetro)
- Largo de la poza (con distanciómetro)

- Volumen declarado o proyectado

4.2.7. Características del Muro, Estado y Calidad de Construcción

Se determinaron las características de los materiales de construcción del muro con el fin de caracterizar el material en cuanto a su granulometría y su plasticidad.

Para ello, se efectuó una inspección visual de los materiales, y en algunos de los embalses se llevó a cabo un trabajo de mecánica de suelos a través de la construcción de calicatas.

El criterio que se usó para escoger los embalses fue que fueran representativos de los materiales de los embalses cercanos, de modo de poder validar los parámetros que se usaron en el cálculo de la estabilidad; otro criterio fue que fueran embalses que permitieran el ingreso para hacer las calicatas. Los embalses seleccionados fueron los siguientes:

V Región de Valparaíso:

- Los Leones de Limache
- Lo Orozco
- Santa Rosa de Limache

Región Metropolitana

- Loica
- Chada

VII Región del Maule

- Las Mercedes
- El Cerrillo

Otros de los temas relacionados con la caracterización del muro tienen relación con el estado del muro y la calidad de construcción. Para ello se realizó un recorrido a lo largo de la presa, con el objetivo de definir y caracterizar cualquier aspecto relevante que permita formarse una opinión respecto a la compacidad del material constituyente, a la uniformidad de la geometría de construcción y a cualquier anomalía producida por causa de fuerzas externas o internas, tales como grietas, socavones, etc.

Se dio preferencia a visualizar lo siguiente:

- 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

4.2.8. Características Obras Evacuador de Crecidas

El vertedero es una estructura hidráulica destinada a permitir el pase, libre o controlado, del agua en los escurrimientos superficiales, el cual tiene por finalidad garantizar la seguridad de la estructura hidráulica, al no permitir la elevación del nivel, aguas arriba, por encima del nivel máximo.

Se definieron las características de la obra de evacuación de crecidas, su estructuración y material constructivo y su capacidad máxima de porteo. En el caso de no existir planos de diseño se dibujó en las fichas de catastro un croquis con las dimensiones medidas en terreno.

En las presas con vertederos controlados por compuertas se verificó el estado de la maniobrabilidad analizando los sistemas de accionamiento de éstas.

Los vertederos se clasifican en varias formas:

- Por su localización en relación a la estructura principal:
 - Vertederos frontales
 - Vertederos laterales
 - Vertederos de campana o tulipa; el cual se sitúa fuera de la presa y la descarga puede estar fuera del cauce aguas abajo
- Desde el punto de vista de los instrumentos para el control del caudal vertido:
 - 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 descritos en las fichas de catastro son:

- Tipo de vertedero
- Material constructivo
- Estado de conservación y operatividad
- Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación)
- Fotografías

4.2.9. Características Obras de Entrega y Desagüe de Fondo

La obra de entrega corresponde a la estructura que entrega las aguas a riego o directamente al cauce.

La obra de descarga de fondo o desagüe es una estructura hidráulica cuya función principal es permitir el vaciado del embalse para efectuar operaciones de mantenimiento en la presa y reducir el volumen de material sólido depositado en proximidad de la presa. Dado que el agua sale de la presa con una presión considerable, si el flujo no es controlado adecuadamente puede provocar erosiones localizadas peligrosas para la estabilidad de la presa misma.

Respecto a estos temas se determinó el tipo de estructura y su funcionamiento actual en los casos de ser ello posible.

En la mayoría de los casos, las obras de entrega coinciden con la obra de desagüe.

4.2.10. Caracterización del Cauce y Uso del Suelo Aguas Abajo

Interesa caracterizar el valle aguas abajo de la presa, tanto desde el punto de vista del cauce de descarga, como del uso del suelo, cercanía de sitios habitados, densidad de población y existencia y cercanía de infraestructura. El objetivo de estos datos fue analizar el potencial riesgo

de las personas o instalaciones ante una falla o ruptura de la presa.

Los datos fueron los siguientes:

- 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 embalse
- Distancia hacia zonas agrícolas
- Distancia hacia sectores con infraestructura vial u otra de importancia
- Área de riego servida por el embalse analizado

Con relación al punto "densidad de población en las cercanías del embalse", se utilizó el siguiente criterio:

- Conjunto de viviendas concentradas entre 1.000 y 2.000 habitantes: **ALTA DENSIDAD**
- Asentamiento humano concentrado con una población que fluctúa entre 300 y 1.000 habitantes: **DENSIDAD MEDIA**
- Asentamiento humano con nombre propio que posee 3 viviendas o más cercanas entre sí, con menos de 300 habitantes y que no forma parte de otra entidad: **DENSIDAD BAJA**

4.2.11. Monografías

Se efectuaron croquis a mano alzada de las principales obras de cada embalse, en el que se muestra principalmente:

- Planta del muro (forma y dimensiones)
- Sección transversal del muro, indicando sus taludes respecto a la horizontal.
- Croquis de la obra de evacuación y dimensiones.
- Otros aspectos de importancia.

4.2.12. Observaciones

Dentro de las fichas de catastro se agregaron observaciones respecto de cualquier otro dato de importancia con relación al embalse, que no haya sido incluido en las fichas.

5. ESTUDIO DE CRECIDAS

5.1. Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo determinar los caudales máximos instantáneos afluentes a los embalses en estudio, para períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 250, 500 y 1.000 años. Debido a que las cuencas asociadas a cada embalse no poseen control fluviométrico, para determinar sus caudales de crecida, se usaron métodos indirectos basados en relaciones precipitación-escorrentía.

Para determinar los caudales de crecidas pluviales se utilizan 3 métodos:

- Fórmula Racional Modificada
- Fórmula de Verni King Modificada
- Método DGA-AC

En aquellos embalses en que la cuenca aportante tenga una superficie de importancia (por ejemplo cuencas cuya área aportante pluvial sea mayor a 10 km²), se contempló además la determinación de los caudales máximos con el método del Hidrograma Unitario Sintético (HUS).

En caso de existir área nival, se evaluó adicionalmente el método DGA-AC para crecidas nivales (deshielo).

Cabe señalar finalmente que las estimaciones para períodos de retorno 250, 500 y 1.000 años han sido extrapoladas a través de un ajuste logarítmico.

5.2. Períodos de Retorno Según Tipo de Obra

En el análisis de los caudales de crecidas de los embalses en función de la categoría de la obras, se consideran los siguientes períodos de retorno para la definición del caudal de diseño.

CUADRO 5.3-1
CATEGORÍA DE EMBALSES Y PERÍODOS DE RETORNO
PARA ANÁLISIS DE CRECIDAS

CATEGORÍA¹	DESCRIPCIÓN	Períodos de Retorno T (años)
Categoría A	Embalses Pequeños, de altura de muro máxima mayor a 5 m e inferior a 12 m, o bien de capacidad superior a 50.000 m ³ e inferior a 1.500.000 m ³ .	250
Categoría B	Embalses Medianos, de altura de muro máxima mayor o igual a 12 m e inferior a 30 m, o bien de capacidad igual o superior a 1.500.000 m ³ e inferior a 60.000.000 m ³ .	500
Categoría C	Embalses Grandes, de altura máxima de muro igual o superior a 30 m, o bien de capacidad igual o superior a 60.000.000 m ³ .	1.000

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

5.3. Cálculo de Crecidas

Los resultados obtenidos y los valores adoptados se presentan en los Cuadros 5.3-1 al 5.3-4.

Las estimaciones de caudales máximos entregaron valores disímiles, presentando diferencias importantes entre los caudales determinados; los más altos, en la mayoría de los casos, resultaron ser los caudales estimados a través del método DGA-AC.

Estas diferencias, y el mayor valor que entrega el método DGA-AC, se explica por los antecedentes usados en los estudios regionales para construir las relaciones precipitación - escorrentía. En general se usa información de cuencas controladas, con superficies considerablemente mayores a la de los embalses que son materia de este estudio, con superficies aportantes de centenas y miles de km², en contraste con las cuencas de los embales, que son mucho menores.

Por otro lado, los tiempos de concentración de las cuencas con las que se hicieron los estudios regionales son bastante más altos que los tiempos de

¹De acuerdo con el Reglamento de Obras Mayores, el cual al día de hoy no está aprobado pero que se puede usar como una norma referencial.

concentración usados en el presente trabajo. Estas variables llevan a que los rendimientos específicos estimados sean considerablemente altos en algunos métodos.

Debido a lo anterior, se recomienda adoptar como criterio general, el valor promedio de los métodos evaluados.

Por su parte la estimación de los caudales de crecida nival mediante el método DGA-AC, se presenta en el Cuadro 5.3-5.

Cabe señalar finalmente que las estimaciones para períodos de retorno 250, 500 y 1.000 años han sido extrapoladas a través de un ajuste logarítmico de la forma $Q(T)=a+b*\ln(T)$, calibrando los coeficientes a y b en base a los caudales obtenidos por cada método dentro de su rango de validez, es decir, entre 2 a 100 años. En general, el modelo logarítmico se adecúa de buena forma a interpolaciones o extrapolaciones de registros fluviométricos reales (datos duros).

**CUADRO 5.3-1
CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS PLUVIALES,
V REGIÓN DE VALPARAÍSO**

Nº	EMBALSE	T (años)	DGA- AC (m3/s)	V-K MOD (m3/s)	RAC MOD (m3/s)	HUS (m3/s)	MAX (m3/s)	PROMEDIO (m3/s)
1	SAUSALITO	2	1,4	0,7	0,6	-	1,4	0,9
		5	4,5	2,3	2,0	-	4,5	2,9
		10	8,0	3,6	2,9	-	8,0	4,8
		20	12,8	5,1	3,9	-	12,8	7,3
		25	14,8	6,4	4,8	-	14,8	8,6
		50	22,0	7,7	5,7	-	22,0	11,8
		100	31,6	10,3	7,4	-	31,6	16,4
		250	34,4	11,8	8,6	-	34,4	18,3
		500	39,6	13,5	9,8	-	39,6	21,0
		1000	44,9	15,2	11,0	-	44,9	23,7
2	SAN JUAN	2	3,3	2,3	1,7	7,5	7,5	3,7
		5	10,3	8,1	5,5	15,1	15,1	9,7
		10	18,4	12,1	7,9	20,9	20,9	14,8
		20	29,7	16,9	10,5	26,8	29,7	21,0
		25	34,3	21,0	12,7	32,7	34,3	25,2
		50	51,0	25,2	15,1	35,1	51,0	31,6
		100	73,1	33,4	19,4	41,6	73,1	41,9

N°	EMBALSE	T (años)	DGA- AC (m3/s)	V-K MOD (m3/s)	RAC MOD (m3/s)	HUS (m3/s)	MAX (m3/s)	PROMEDIO (m3/s)
		250	79,7	38,5	22,6	50,1	79,7	47,7
		500	91,8	43,9	25,7	56,3	91,8	54,4
		1000	103,9	49,3	28,8	62,4	103,9	61,1
3	LLIULLIU	2	20,6	5,2	4,7	11,1	20,6	10,4
		5	64,2	18,5	15,3	25,4	64,2	30,9
		10	114,6	28,3	22,2	37,1	114,6	50,6
		20	184,5	40,1	30,2	49,5	184,5	76,1
		25	213,1	50,4	36,7	62,0	213,1	90,6
		50	317,4	60,7	43,7	67,1	317,4	122,2
		100	454,9	81,6	57,0	81,3	454,9	168,7
		250	495,5	93,6	66,2	98,1	495,5	188,3
		500	570,8	107,0	75,3	110,8	570,8	215,9
1000	646,2	120,3	84,4	123,4	646,2	243,5		
4	SANTA ROSA	2	0,2	0,1	0,1	-	0,2	0,2
		5	0,7	0,3	0,4	-	0,7	0,5
		10	1,3	0,5	0,6	-	1,3	0,8
		20	2,1	0,7	0,8	-	2,1	1,2
		25	2,4	0,9	0,9	-	2,4	1,4
		50	3,6	1,1	1,1	-	3,6	2,0
		100	5,2	1,5	1,5	-	5,2	2,7
		250	5,7	1,8	1,7	-	5,7	3,0
		500	6,5	2,0	1,9	-	6,5	3,5
1000	7,4	2,2	2,2	-	7,4	3,9		
5	SAN JORGE	2	0,2	0,1	0,1	-	0,2	0,1
		5	0,7	0,3	0,3	-	0,7	0,4
		10	1,2	0,5	0,5	-	1,2	0,7
		20	1,9	0,7	0,7	-	1,9	1,1
		25	2,2	0,9	0,8	-	2,2	1,3
		50	3,3	1,0	1,0	-	3,3	1,8
		100	4,7	1,4	1,3	-	4,7	2,5
		250	5,1	1,6	1,5	-	5,1	2,7
		500	5,9	1,8	1,7	-	5,9	3,1
1000	6,7	2,0	1,9	-	6,7	3,6		
6	LO OVALLE	2	18,4	5,4	4,4	12,7	18,4	10,2
		5	57,2	19,3	14,2	28,2	57,2	29,7
		10	102,1	29,5	20,6	40,7	102,1	48,2
		20	164,3	41,8	28,0	54,0	164,3	72,0
		25	189,8	52,5	34,1	67,3	189,8	85,9
		50	282,7	63,3	40,6	72,7	282,7	114,8
		100	405,2	85,1	53,0	87,8	405,2	157,8
		250	441,4	97,6	61,4	105,9	441,4	176,6

N°	EMBALSE	T (años)	DGA- AC (m3/s)	V-K MOD (m3/s)	RAC MOD (m3/s)	HUS (m3/s)	MAX (m3/s)	PROMEDIO (m3/s)
		500	508,5	111,5	69,9	119,4	508,5	202,3
		1000	575,6	125,3	78,3	133,0	575,6	228,0
7	PEÑUELAS	2	36,4	9,0	6,1	63,3	63,3	28,7
		5	113,3	32,0	20,0	111,8	113,3	69,3
		10	202,3	49,0	29,2	147,2	202,3	106,9
		20	325,7	69,2	39,6	182,9	325,7	154,3
		25	376,2	87,1	48,2	217,7	376,2	182,3
		50	560,3	104,8	57,3	231,7	560,3	238,5
		100	803,0	141,0	74,8	269,9	803,0	322,2
		250	874,7	161,8	86,8	322,6	874,7	361,4
		500	1007,6	184,7	98,7	359,7	1007,6	412,7
		1000	1140,6	207,7	110,6	396,8	1140,6	463,9
		8	LO OROZCO	2	12,9	3,3	2,5	5,3
5	40,2			11,8	8,1	12,0	40,2	18,0
10	71,7			18,1	11,7	17,5	71,7	29,7
20	115,5			25,5	15,9	23,2	115,5	45,0
25	133,4			32,1	19,4	29,0	133,4	53,5
50	198,6			38,7	23,1	31,4	198,6	72,9
100	284,7			52,0	30,1	38,0	284,7	101,2
250	310,1			59,7	34,9	45,8	310,1	112,6
500	357,2			68,1	39,7	51,7	357,2	129,2
1000	404,4			76,6	44,5	57,6	404,4	145,8
9	LA LUZ	2	49,4	12,0	8,0	95,8	95,8	41,3
		5	153,7	42,9	26,2	164,3	164,3	96,8
		10	274,4	65,7	38,2	213,7	274,4	148,0
		20	441,8	92,8	51,8	263,3	441,8	212,4
		25	510,4	116,7	63,1	311,4	510,4	250,4
		50	760,1	140,6	75,1	330,8	760,1	326,6
		100	1089,4	189,0	97,9	383,5	1089,4	439,9
		250	1186,6	216,9	113,6	457,3	1186,6	493,6
		500	1367,0	247,7	129,2	508,9	1367,0	563,2
		1000	1547,4	278,5	144,8	560,5	1547,4	632,8
10	PERALITO	2	0,5	0,3	0,4	-	0,5	0,4
		5	1,7	1,1	1,3	-	1,7	1,4
		10	3,0	1,7	1,9	-	3,0	2,2
		20	4,9	2,4	2,6	-	4,9	3,3
		25	5,6	3,0	3,2	-	5,6	4,0
		50	8,3	3,7	3,8	-	8,3	5,3
		100	12,0	4,9	5,0	-	12,0	7,3
		250	13,0	5,7	5,8	-	13,0	8,2
		500	15,0	6,5	6,6	-	15,0	9,4

N°	EMBALSE	T (años)	DGA- AC (m3/s)	V-K MOD (m3/s)	RAC MOD (m3/s)	HUS (m3/s)	MAX (m3/s)	PROMEDIO (m3/s)
		1000	17,0	7,3	7,4	-	17,0	10,5
11	LOS LEONES DE LIMACHE	2	0,3	0,1	0,2	-	0,3	0,2
		5	1,0	0,4	0,5	-	1,0	0,7
		10	1,8	0,7	0,7	-	1,8	1,1
		20	2,9	0,9	1,0	-	2,9	1,6
		25	3,4	1,2	1,2	-	3,4	1,9
		50	5,0	1,4	1,4	-	5,0	2,6
		100	7,2	1,9	1,9	-	7,2	3,7
		250	7,9	2,2	2,2	-	7,9	4,1
		500	9,1	2,5	2,5	-	9,1	4,7
		1000	10,3	2,8	2,8	-	10,3	5,3
12	EL MELÓN	2	0,8	0,3	0,4	-	0,8	0,5
		5	2,4	1,1	1,4	-	2,4	1,7
		10	4,3	1,7	2,1	-	4,3	2,7
		20	7,0	2,4	2,8	-	7,0	4,1
		25	8,1	3,0	3,5	-	8,1	4,8
		50	12,0	3,6	4,1	-	12,0	6,6
		100	17,2	4,8	5,4	-	17,2	9,1
		250	18,7	5,5	6,2	-	18,7	10,2
		500	21,6	6,3	7,1	-	21,6	11,7
		1000	24,4	7,1	7,9	-	24,4	13,1
13	EL BOSQUE	SIN CUENCA APORTANTE						
14	LA LAGUNA DE CATAPILCO	2	1,5	0,7	0,8	-	1,5	1,0
		5	4,7	2,4	2,3	-	4,7	3,2
		10	8,5	3,5	3,2	-	8,5	5,1
		20	13,6	4,6	4,1	-	13,6	7,4
		25	15,7	5,4	4,8	-	15,7	8,6
		50	23,4	6,3	5,6	-	23,4	11,8
		100	33,6	7,9	6,9	-	33,6	16,1
		250	36,6	9,4	8,1	-	36,6	18,0
		500	42,2	10,6	9,2	-	42,2	20,6
		1000	47,7	11,8	10,2	-	47,7	23,3
15	LOS PERALES DE TAPIHUE	2	13,2	4,7	4,2	6,2	13,2	7,1
		5	41,2	16,6	13,6	16,2	41,2	21,9
		10	73,5	25,4	19,8	24,8	73,5	35,9
		20	118,4	35,9	26,8	34,0	118,4	53,8
		25	136,8	45,2	32,7	43,6	136,8	64,6
		50	203,7	54,4	38,9	47,5	203,7	86,1
		100	292,0	73,2	50,7	58,6	292,0	118,6
		250	318,0	84,0	58,8	70,6	318,0	132,9

N°	EMBALSE	T (años)	DGA- AC (m3/s)	V-K MOD (m3/s)	RAC MOD (m3/s)	HUS (m3/s)	MAX (m3/s)	PROMEDIO (m3/s)
		500	366,4	95,9	66,9	80,1	366,4	152,3
		1000	414,7	107,9	75,0	89,6	414,7	171,8
16	LA GLORIA	2	0,6	0,2	0,3	-	0,6	0,4
		5	2,0	0,9	1,0	-	2,0	1,3
		10	3,5	1,4	1,5	-	3,5	2,1
		20	5,6	1,9	2,0	-	5,6	3,2
		25	6,5	2,4	2,4	-	6,5	3,8
		50	9,7	2,9	2,9	-	9,7	5,2
		100	13,9	3,9	3,8	-	13,9	7,2
		250	15,2	4,5	4,4	-	15,2	8,0
		500	17,5	5,1	5,0	-	17,5	9,2
		1000	19,8	5,8	5,6	-	19,8	10,4
		17	POZA AZUL	2	104,4	16,0	12,5	78,1
5	222,8			57,2	40,6	142,2	222,8	115,7
10	348,1			87,5	59,1	189,5	348,1	171,1
20	515,2			123,7	80,3	237,5	515,2	239,2
25	581,4			155,6	97,7	284,4	581,4	279,8
50	818,1			187,3	116,2	303,4	818,1	356,3
100	1127,9			251,9	151,7	355,1	1127,9	471,6
250	1238,9			289,0	175,9	425,3	1238,9	532,3
500	1416,8			330,1	200,1	475,0	1416,8	605,5
1000	1594,6			371,2	224,3	524,8	1594,6	678,7
18	LAS PALMAS DE QUILPUÉ	2	5,0	1,3	1,1	2,1	5,0	2,4
		5	15,7	4,8	3,7	5,2	15,7	7,4
		10	28,0	7,3	5,4	7,9	28,0	12,2
		20	45,1	10,3	7,4	10,8	45,1	18,4
		25	52,2	13,0	9,0	13,8	52,2	22,0
		50	77,7	15,7	10,7	15,0	77,7	29,8
		100	111,3	21,1	13,9	18,5	111,3	41,2
		250	121,3	24,2	16,2	22,3	121,3	46,0
		500	139,7	27,6	18,4	25,2	139,7	52,7
		1000	158,1	31,1	20,6	28,2	158,1	59,5
19	CACHAGUA	2	0,8	0,6	1,0	-	1,0	0,8
		5	2,4	2,1	3,0	-	3,0	2,5
		10	4,4	3,0	4,1	-	4,4	3,8
		20	7,0	4,0	5,2	-	7,0	5,4
		25	8,1	4,7	6,0	-	8,1	6,3
		50	12,1	5,5	7,0	-	12,1	8,2
		100	17,3	6,9	8,7	-	17,3	11,0
		250	18,8	8,2	10,3	-	18,8	12,4
		500	21,7	9,3	11,6	-	21,7	14,2

N°	EMBALSE	T (años)	DGA- AC (m3/s)	V-K MOD (m3/s)	RAC MOD (m3/s)	HUS (m3/s)	MAX (m3/s)	PROMEDIO (m3/s)
		1000	24,6	10,4	13,0	-	24,6	16,0
20	CASAS DE QUILPUÉ	2	0,2	0,1	0,2	-	0,2	0,2
		5	0,4	0,5	0,7	-	0,7	0,5
		10	0,5	0,7	0,9	-	0,9	0,7
		20	0,6	1,0	1,3	-	1,3	1,0
		25	0,7	1,2	1,6	-	1,6	1,2
		50	0,8	1,5	1,9	-	1,9	1,4
		100	1,0	2,0	2,4	-	2,4	1,8
		250	1,2	2,3	2,8	-	2,8	2,1
		500	1,3	2,6	3,2	-	3,2	2,4
		1000	1,5	3,0	3,6	-	3,6	2,7
21	LAS REPRESAS	2	3,1	1,4	1,6	1,7	3,1	2,0
		5	9,7	5,0	5,4	5,1	9,7	6,3
		10	17,4	7,6	7,8	8,2	17,4	10,2
		20	28,0	10,7	10,6	11,6	28,0	15,2
		25	32,4	13,5	12,9	15,2	32,4	18,5
		50	48,2	16,3	15,3	16,7	48,2	24,1
		100	69,1	21,9	20,0	20,9	69,1	33,0
		250	75,2	25,1	23,2	25,2	75,2	37,2
		500	86,7	28,7	26,4	28,6	86,7	42,6
		1000	98,1	32,3	29,6	32,1	98,1	48,0
22	LOS LEONES	2	5,1	1,5	1,2	2,1	5,1	2,5
		5	15,9	5,2	4,0	5,2	15,9	7,6
		10	28,4	8,0	5,9	8,0	28,4	12,5
		20	45,7	11,3	7,9	10,9	45,7	19,0
		25	52,8	14,2	9,7	13,9	52,8	22,6
		50	78,7	17,1	11,5	15,2	78,7	30,6
		100	112,7	23,0	15,0	18,6	112,7	42,3
		250	122,8	26,4	17,4	22,5	122,8	47,3
		500	141,4	30,1	19,8	25,5	141,4	54,2
		1000	160,1	33,9	22,2	28,5	160,1	61,2
23	LOS CORONELES	2	0,2	0,1	0,1	-	0,2	0,1
		5	0,7	0,3	0,3	-	0,7	0,4
		10	1,2	0,4	0,4	-	1,2	0,7
		20	1,9	0,6	0,5	-	1,9	1,0
		25	2,2	0,7	0,7	-	2,2	1,2
		50	3,2	0,9	0,8	-	3,2	1,6
		100	4,6	1,2	1,0	-	4,6	2,3
		250	5,1	1,3	1,2	-	5,1	2,5
		500	5,8	1,5	1,4	-	5,8	2,9
		1000	6,6	1,7	1,5	-	6,6	3,3

N°	EMBALSE	T (años)	DGA- AC (m3/s)	V-K MOD (m3/s)	RAC MOD (m3/s)	HUS (m3/s)	MAX (m3/s)	PROMEDIO (m3/s)
24	EL CARRIZO	SIN CUENCA APORTANTE						

**CUADRO 5.3-2
CAUDALES MÁXIMOS INSTÁNTANEOS PLUVIALES,
REGIÓN METROPOLITANA**

N°	EMBALSE	T (años)	DGA- AC (m3/s)	V-K MOD (m3/s)	RAC MOD (m3/s)	HUS (m3/s)	MAX (m3/s)	PROMEDIO (m3/s)
1	PÉREZ CALDERA	CRECIDA NIVAL						
2	MINERA FLORIDA	2	1,2	0,3	0,4	-	1,2	0,6
		5	2,1	1,0	1,1	-	2,1	1,4
		10	2,9	1,4	1,6	-	2,9	2,0
		20	3,7	1,9	2,1	-	3,7	2,5
		25	4,0	2,1	2,3	-	4,0	2,8
		50	4,9	2,7	2,9	-	4,9	3,5
		100	6,0	3,5	3,6	-	6,0	4,4
		250	6,8	4,0	4,2	-	6,8	5,0
		500	7,7	4,6	4,8	-	7,7	5,7
		1000	8,5	5,1	5,3	-	8,5	6,3
3	CARÉN	2	88,3	18,8	15,7	70,0	88,3	48,2
		5	152,0	59,5	46,3	114,1	152,0	93,0
		10	205,4	85,5	64,1	145,0	205,4	125,0
		20	262,9	114,8	83,5	175,0	262,9	159,0
		25	283,4	126,5	91,4	183,2	283,4	171,1
		50	351,2	164,1	115,5	214,8	351,2	211,4
		100	427,2	212,5	146,2	245,2	427,2	257,8
		250	490,2	244,0	169,3	286,5	490,2	297,5
		500	549,8	277,2	191,6	317,3	549,8	334,0
		1000	609,5	310,4	213,9	348,1	609,5	370,5
4	EL PARRÓN	SIN CUENCA APORTANTE						
5	LA REINA	SIN CUENCA APORTANTE						
6	LAS TÓRTOLAS	2	1,5	1,0	0,7	0,0	1,5	0,8
		5	2,7	3,6	2,3	0,6	3,6	2,3
		10	3,6	5,5	3,3	1,3	5,5	3,4
		20	4,6	7,8	4,5	2,2	7,8	4,8
		25	5,0	9,8	5,5	3,3	9,8	5,9
		50	6,2	11,8	6,5	3,8	11,8	7,1
		100	7,6	15,9	8,5	5,2	15,9	9,3
		250	8,7	18,3	9,8	6,1	18,3	10,7
		500	9,7	20,9	11,2	7,1	20,9	12,2
		1000	10,8	23,5	12,5	8,0	23,5	13,7

Nº	EMBALSE	T (años)	DGA- AC (m3/s)	V-K MOD (m3/s)	RAC MOD (m3/s)	HUS (m3/s)	MAX (m3/s)	PROMEDIO (m3/s)
7	OVEJERÍA	2	4,9	2,3	1,8	0,2	4,9	2,3
		5	8,6	8,4	5,8	1,9	8,6	6,2
		10	11,6	12,8	8,5	3,9	12,8	9,2
		20	14,9	18,2	11,6	6,5	18,2	12,8
		25	16,1	22,9	14,2	9,3	22,9	15,6
		50	19,9	27,6	16,9	10,6	27,6	18,7
		100	24,3	37,2	22,1	14,2	37,2	24,4
		250	27,9	42,6	25,5	16,8	42,6	28,2
		500	31,3	48,7	29,1	19,3	48,7	32,1
		1000	34,7	54,7	32,6	21,9	54,7	36,0
8	EL CHILQUE	2	3,9	2,0	2,0	2,5	3,9	2,6
		5	12,0	6,5	5,8	5,4	12,0	7,4
		10	21,4	9,3	8,0	7,7	21,4	11,6
		20	34,4	12,5	10,4	10,0	34,4	16,8
		25	39,8	13,7	11,4	10,7	39,8	18,9
		50	59,3	17,8	14,4	13,3	59,3	26,2
		100	84,9	23,1	18,2	15,9	84,9	35,5
		250	92,5	26,5	21,1	18,8	92,5	39,7
		500	106,6	30,1	23,8	21,2	106,6	45,4
1000	120,6	33,7	26,6	23,5	120,6	51,1		
9	REINA NORTE	SIN CUENCA APORTANTE						
10	CHADA	2	1,7	0,6	0,6	-	1,7	1,0
		5	3,0	1,9	1,8	-	3,0	2,2
		10	4,1	2,9	2,5	-	4,1	3,1
		20	5,2	3,9	3,3	-	5,2	4,1
		25	5,6	4,8	4,0	-	5,6	4,8
		50	6,9	5,7	4,7	-	6,9	5,8
		100	8,5	7,6	6,0	-	8,5	7,3
		250	9,7	8,7	7,0	-	9,7	8,5
		500	10,9	10,0	7,9	-	10,9	9,6
		1000	12,1	11,2	8,9	-	12,1	10,7
11	EL YESO	CRECIDA NIVAL						
12	RUNGUE	2	11,9	7,5	5,5	14,2	14,2	9,8
		5	36,9	27,0	18,0	32,4	36,9	28,6
		10	65,9	41,4	26,2	47,2	65,9	45,2
		20	106,0	58,6	35,7	63,1	106,0	65,9
		25	122,5	73,9	43,5	79,0	122,5	79,7
		50	182,4	89,0	51,8	85,6	182,4	102,2
		100	261,4	120,1	67,8	104,0	261,4	138,3
		250	284,8	137,6	78,6	125,3	284,8	156,5

Nº	EMBALSE	T (años)	DGA- AC (m3/s)	V-K MOD (m3/s)	RAC MOD (m3/s)	HUS (m3/s)	MAX (m3/s)	PROMEDIO (m3/s)
		500	328,0	157,2	89,4	141,5	328,0	179,0
		1000	371,3	176,8	100,2	157,7	371,3	201,5
13	LO ERMITA	SIN CUENCA APORTANTE						
14	LOICA	2	0,1	0,1	0,1	-	0,1	0,1
		5	0,3	0,3	0,3	-	0,3	0,3
		10	0,6	0,4	0,5	-	0,6	0,5
		20	1,0	0,6	0,6	-	1,0	0,7
		25	1,1	0,7	0,7	-	1,1	0,8
		50	1,6	0,9	0,9	-	1,6	1,1
		100	2,3	1,2	1,1	-	2,3	1,6
		250	2,6	1,3	1,3	-	2,6	1,7
		500	2,9	1,5	1,5	-	2,9	2,0
		1000	3,3	1,7	1,7	-	3,3	2,2

**CUADRO 5.3-3
CAUDALES MÁXIMOS INSTÁNTANEOS PLUVIALES
VII REGIÓN DEL MAULE**

Nº	EMBALSE	T (años)	DGA- AC (m3/s)	V-K MOD (m3/s)	RAC MOD (m3/s)	MAX (m3/s)	PROMEDIO (m3/s)
1	EL CERRILLO	2	1,0	1,5	5,0	5,0	2,5
		5	1,7	2,5	7,5	7,5	3,9
		10	2,1	3,2	9,3	9,3	4,9
		20	2,5	3,8	10,7	10,7	5,7
		25	2,7	4,4	11,9	11,9	6,3
		50	3,1	4,6	12,4	12,4	6,7
		100	3,5	5,4	14,3	14,3	7,7
		250	4,1	6,3	16,6	16,6	9,0
		500	4,5	7,0	18,2	18,2	9,9
		1000	4,9	7,7	19,9	19,9	10,8
2	SANTA CECILIA	SIN CUENCA APORTANTE					
3	EL MAITÉN	SIN CUENCA APORTANTE					
4	LAS MERCEDES	SIN CUENCA APORTANTE					
5	GUAICO I	SIN CUENCA APORTANTE					
6	GUAICO III	2	2,9	3,8	8,9	8,9	5,2
		5	4,7	6,2	13,4	13,4	8,1
		10	5,9	8,0	16,6	16,6	10,2
		20	7,0	9,5	19,0	19,0	11,8
		25	7,4	10,9	21,2	21,2	13,1

Nº	EMBALSE	T (años)	DGA- AC (m3/s)	V-K MOD (m3/s)	RAC MOD (m3/s)	MAX (m3/s)	PROMEDIO (m3/s)
		50	8,4	11,4	22,1	22,1	14,0
		100	9,5	13,5	25,5	25,5	16,2
		250	11,1	15,8	29,6	29,6	18,8
		500	12,3	17,5	32,5	32,5	20,7
		1000	13,4	19,2	35,3	35,3	22,7
7	CORRALONES II	SIN CUENCA APORTANTE					
8	CORRALONES VIEJO	SIN CUENCA APORTANTE					
9	LA CRIANZA	SIN CUENCA APORTANTE					
10	HUENCUECHO NORTE I	SIN CUENCA APORTANTE					
11	HUENCUECHO NORTE II	SIN CUENCA APORTANTE					
12	SAN MARCOS	2	0,6	0,9	2,6	2,6	1,4
		5	0,9	1,4	3,9	3,9	2,1
		10	1,2	1,8	4,9	4,9	2,6
		20	1,4	2,2	5,6	5,6	3,0
		25	1,5	2,5	6,2	6,2	3,4
		50	1,7	2,6	6,5	6,5	3,6
		100	1,9	3,1	7,5	7,5	4,2
		250	2,2	3,6	8,7	8,7	4,8
		500	2,5	4,0	9,6	9,6	5,3
		1000	2,7	4,4	10,4	10,4	5,8
13	SANTA LUCRECIA	SIN CUENCA APORTANTE					
14	SANTA TERESA DE PERQUÍN	SIN CUENCA APORTANTE					

**CUADRO 5.3-4
CAUDALES MÁXIMOS INSTÁNTANEOS PLUVIALES,
IX REGIÓN DE LA ARAUCANÍA**

Nº	EMBALSE	T (años)	DGA- AC (m3/s)	V-K MOD (m3/s)	RAC MOD (m3/s)	HUS (m3/s)	MAX (m3/s)	PROMEDIO (m3/s)
1	EL CASTILLO	SIN CUENCA APORTANTE						
2	HUELEHUEICO	2	4,7	9,6	19,4	6,3	19,4	10,0
		5	6,6	12,8	24,4	8,8	24,4	13,1
		10	7,9	14,7	27,2	10,4	27,2	15,0
		20	9,1	16,4	29,6	11,9	29,6	16,7
		25	9,5	16,9	30,3	12,2	30,3	17,2
		50	10,6	18,7	32,9	13,8	32,9	19,0
		100	11,8	19,9	34,2	15,2	34,2	20,3
		250	13,6	22,8	38,7	17,4	38,7	23,1
		500	14,8	24,6	41,4	19,0	41,4	24,9
3	CHUMPIRRO	2	0,4	0,9	2,0	-	2,0	1,1
		5	0,5	1,3	2,5	-	2,5	1,4
		10	0,6	1,5	2,8	-	2,8	1,6
		20	0,7	1,6	3,1	-	3,1	1,8
		25	0,7	1,7	3,1	-	3,1	1,8
		50	0,8	1,9	3,4	-	3,4	2,0
		100	0,9	2,0	3,6	-	3,6	2,1
		250	1,0	2,3	4,0	-	4,0	2,4
		500	1,1	2,4	4,3	-	4,3	2,6
4	SANTA ADELA	2	1,3	2,9	3,4	-	3,4	2,5
		5	1,8	3,9	4,4	-	4,4	3,4
		10	2,1	4,6	4,9	-	4,9	3,9
		20	2,5	5,2	5,4	-	5,4	4,3
		25	2,6	5,8	5,9	-	5,9	4,8
		50	2,9	6,0	6,1	-	6,1	5,0
		100	3,2	6,4	6,4	-	6,4	5,3
		250	3,7	7,5	7,3	-	7,5	6,2
		500	4,0	8,1	7,9	-	8,1	6,7
1000	4,4	8,8	8,4	-	8,8	7,2		
5	MALALCO	SIN CUENCA APORTANTE						
6	LAGUNA TEMUCO	2	2,1	4,8	5,5	-	5,5	4,1
		5	3,0	6,6	7,1	-	7,1	5,5

N°	EMBALSE	T (años)	DGA- AC (m3/s)	V-K MOD (m3/s)	RAC MOD (m3/s)	HUS (m3/s)	MAX (m3/s)	PROMEDIO (m3/s)
		10	3,5	7,6	8,0	-	8,0	6,4
		20	4,1	8,6	8,8	-	8,8	7,1
		25	4,3	9,7	9,6	-	9,7	7,8
		50	4,8	10,0	9,8	-	10,0	8,2
		100	5,3	10,7	10,3	-	10,7	8,8
		250	6,1	12,5	11,9	-	12,5	10,2
		500	6,7	13,6	12,7	-	13,6	11,0
		1000	7,3	14,6	13,6	-	14,6	11,8
7	SIN NOMBRE	SIN CUENCA APORTANTE						
8	PASO MALO	2	0,4	1,0	2,0	-	2,0	1,1
		5	0,6	1,3	2,5	-	2,5	1,5
		10	0,7	1,5	2,8	-	2,8	1,7
		20	0,8	1,7	3,1	-	3,1	1,9
		25	0,8	1,9	3,4	-	3,4	2,1
		50	0,9	2,0	3,5	-	3,5	2,1
		100	1,0	2,1	3,7	-	3,7	2,3
		250	1,1	2,5	4,2	-	4,2	2,6
		500	1,2	2,7	4,5	-	4,5	2,8
		1000	1,3	2,9	4,9	-	4,9	3,0

CUADRO 5.3-5
CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS NIVALES,
REGIÓN METROPOLITANA

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (Nival) (m3/s)
1	EMBALSE PÉREZ CALDERA	2	7,8
		5	10,4
		10	12,0
		20	13,4
		25	13,9
		50	15,2
		100	16,3
		250	18,7
		500	20,2
		1000	21,7
11	EL YESO	2	34,8
		5	46,6
		10	53,6
		20	60,0
		25	62,2
		50	68,1
		100	72,9
		250	83,6
		500	90,3
		1000	97,0

6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

El análisis de estabilidad se efectuará con los siguientes criterios y supuestos:

- Se utilizará el perfil de mayor altura para efectuar la modelación.
- Los parámetros geotécnicos utilizados son obtenidos de la visita efectuada, de la experiencia del consultor y eventualmente de ensayos efectuados.
- Los parámetros geotécnicos utilizados son válidos para todo el muro.
- Se analizará la condición estática y la condición dinámica.
- Para fines del análisis dinámico se utilizará la aceleración sísmica dispuesta para el sector por la norma NCh 433.

- Se utilizará el software comercial Slope, de la empresa italiana Geostru, ampliamente utilizado en todo el mundo (www.geostru.com)

Parámetros de Diseño

Para fines de la modelación, se utilizarán los parámetros geotécnicos para el suelo que constituye el muro de la presa, a saber:

- Densidad
- Módulo de Elasticidad
- Ángulo de Fricción
- Cohesión

Dichos parámetros serán obtenidos de la bibliografía en función del tipo de suelo que con que está constituido el suelo, y en función de los ensayos de laboratorio cuando éstos fueron hechos Dentro de la bibliografía que fue utilizada para estimar los parámetros, se tiene:

- Mecánica de Suelos, T. Lambe y R. Whitman, Editorial Limusa Wiley S.A., México, 1972
- Geotecnia, José Jiménez Salas y Otros
- J.E. Bowles, "Foundation Analysis and Design"
- Anales del 4º Congreso Chileno de Ingeniería Geotécnica, 1997.

Aceleración Sísmica de Diseño

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

- Coeficiente sísmico horizontal (k_x): será estimado en base a la expresión propuesta por Saragoni (1993) para Chile.

$$K_h = \frac{0,3 * a_{m\acute{a}x}}{g} \quad : \text{ si } a_{m\acute{a}x} \leq 6,6 \text{ m/s}^2$$

$$K_h = 0,22 * (a_{m\acute{a}x}/g)^{0.33} \quad : \text{ si } a_{m\acute{a}x} > 6,6 \text{ m/s}^2$$

- Coeficiente sísmico vertical (k_y): considerando que existen antecedentes de que en embalses de importancia ubicados a lo largo del país (Convento Viejo, Puclaro, Corrales, entre otros) no se ha utilizado dicho coeficiente en su diseño y han tenido un buen

comportamiento hasta la fecha, se considerará igual a cero.

Conforme a la norma NCh 433 y a la ubicación del embalse, la aceleración sísmica que se aplicará al modelo de estabilidad será la aceleración efectiva máxima (Nch 433 of 96, Mod 2009) dependiendo en qué zona se ubique el embalse.

Es importante destacar que lo anterior corresponde sólo a una estimación. En caso de requerir valores reales, se debería efectuar un estudio de riesgo sísmico.

Los 4 casos que serán analizados son los siguientes:

- Estático Talud Aguas Arriba Saturado
- Dinámico Talud Aguas Arriba Saturado
- Estático Talud Aguas Arriba Vaciamiento Rápido
- Estático Talud Aguas Abajo Sin Agua
- Dinámico Talud Aguas Abajo Sin Agua

Para el caso del talud de aguas arriba, sólo se consideró el caso saturado, ya que el caso no saturado se analiza en el talud de aguas abajo, el que en general tiene taludes iguales o más pronunciados que el de aguas arriba.

7. ANÁLISIS DE FILTRACIONES

Para determinar la filtración a la que puede estar sometido el embalse, se ha utilizado el denominado "Método de Lane" (las longitudes horizontales se consideran la tercera parte de las longitudes verticales).

El criterio de Lane señala que no se producen filtraciones si se cumple que:

$$L' \geq C' h$$

Donde:

$$L' = L_h/3 + L_v$$

L_h = Longitud horizontal en la base del embalse.

L_v = Longitud vertical en la base del embalse.

C' = Coeficiente de filtración que depende el tipo de material del embalse (ver Cuadro).

h = carga hidráulica efectiva

COEFICIENTE DE FILTRACIÓN

Materiales de Cimentación	Lane (C')
Arena muy fina y limo	8,5
Arena fina	7,0
Arena media	6,0
Arena gruesa	5,0
Grava fina	4,0
Grava media	3,5
Grava y arena	--
Grava gruesa con piedras	3,0
Cantos rodados, con algunas piedras y gravas	2,5
Cantos rodados, grava y arena	3,0
Arcilla blanda	2,0
Arcilla media	1,8
Arcilla dura	1,6
Arcilla muy dura	

Si no se cumple la relación anterior significa que habría riesgo de que se produzcan filtraciones.

8. CÁLCULO DE CAUDALES EN VERTEDEROS

Estas obras están destinadas a captar los caudales de crecida que llegan al embalse y conducirlos hasta un cauce en forma segura.

La magnitud y el tipo de obras que se consideren dependen de las condiciones topográficas, geológicas, caudal de diseño, emplazamiento de la presa, existencia de quebradas y distancia al cauce receptor, entre otras. Por lo que cada sitio debiera tener un análisis propio.

Estas obras se verificaron para evacuar el caudal de diseño, asociados al evento de período de retorno compatible con la magnitud del embalse, es decir, si se trata de obras pequeñas, medianas o mayores.

Se analizaron varios tipos de vertederos: entre los cuales se tiene a vertederos de tipo Lateral y Frontal, Morning Glory, canales en tierra y

revestidos, tuberías, etc.

A continuación se indican los procedimientos de cálculo para los más importantes.

$$Q = m \cdot l \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Donde:

Q= Caudal evacuado por el vertedero

l= Longitud del vertedero; distancia entre las paredes verticales o inclinadas que lo limitan sobre el umbral.

h= Carga del vertedero medida sobre el plano horizontal que pasa sobre el umbral.

m= Coeficiente de gasto.

➤ **Para pared gruesa**

En este caso, vierten por sobre una parte del muro. Se considera de pared gruesa aquellos en que el espesor (ancho del muro) es al menos 5 veces la altura crítica.

El caudal máximo de vertido viene dada por la siguiente relación:

$$Q = 1,71 \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

$$H = 3 \times h/2$$

Para pared delgada

$$m = \left[0,405 + \frac{0,003}{h} \right] \cdot \left[1 + 0,55 \frac{h^2}{(h+a)^2} \right]$$

a = Altura de la barrera

Vertederos curvos tipo Morning Glory

Ecuación de gasto:

$$Q = K \cdot h^{1,48}$$

Las expresiones anteriores son válidas para diámetros comprendidos entre 0,175 m y 0,700 m, con los siguientes coeficientes K en función del diámetro:

D (m)	0,175	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70
K	0,790	0,900	1,130	1,364	1,599	1,840	2,318	2,820	3,316

9. ANÁLISIS DE RIESGOS (HAZOP)

9.1. Base Metodológica

El método de evaluación HAZOP, es un planteamiento probabilístico de análisis de la relación causa-afecto en un sistema. El primer paso corresponde a la identificación del sistema, de modo de establecer la estructura central del mismo, la cual fue la parte afectada y la causante a la vez. En términos simples se pueden identificar los siguientes pasos:

- a) Identificar el objeto de análisis, es decir, aquella obra o sistema que pueda ser afectada por agentes externos y que a su vez, una falla parcial o total produzca efectos sobre otras partes del sistema que depende de la estructura analizada.
- b) Identificar aquellos fenómenos o agentes que pueden ocasionar daños o alteraciones a la estructura.
- c) Identificar los efectos potenciales que tendría en el resto del sistema la falla o alteración de la estructura.

La formulación general del método está definida por la relación:

$$R = p \cdot V \cdot E$$

Donde:

R= Riesgo total del sistema frente a un evento dado y para una causa determinada.

p= Probabilidad de que se produzca el evento identificado como desencadenante de una falla, o alteración en la estructura principal.

V= Vulnerabilidad de la obra principal ante la ocurrencia del evento desencadenante representada por la probabilidad "p".

E= Potencialidad de que ante la falla o alteración de la obra por el evento de probabilidad "p", se produzca el efecto identificado o que se desea analizar.

10. RESULTADOS

Según los análisis efectuados, se han clasificado los embalses en los siguientes grandes grupos.

- En uso y en buen estado
- En uso y en regular estado
- En uso y en mal estado
- Fuera de uso y en buen estado
- Fuera de uso y en regular estado
- Fuera de uso y en mal estado
- Resumen Riesgo Total Por Embalse

a) En Uso y en Buen Estado

Nº	NOMBRE EMBALSE	REGIÓN	USO
1	SAUSALITO	DE VALPARAÍSO	Si, Recreación
3	LLIULLIU	DE VALPARAÍSO	Si, Riego
7	PEÑUELAS	DE VALPARAÍSO	Si, Agua Potable
9	LA LUZ	DE VALPARAÍSO	Si, Recreación
10	PERALITO	DE VALPARAÍSO	Si, Riego
17	POZA AZUL O LAGUNA QUILPUÉ	DE VALPARAÍSO	Si, Agua Potable
18	LAS PALMAS DE QUILPUÉ	DE VALPARAÍSO	Si, Riego
20	CASAS DE QUILPUÉ	DE VALPARAÍSO	Si, Riego
21	LAS REPRESAS	DE VALPARAÍSO	Si, Riego
1	PÉREZ CALDERA	METROPOLITANA	Si, Relaves
2	MINERA FLORIDA	METROPOLITANA	Si, Relaves
3	CARÉN	METROPOLITANA	Si, Relaves
4	EL PARRÓN	METROPOLITANA	Si, Riego
6	LAS TÓRTOLAS	METROPOLITANA	Si, Relaves
7	OVEJERÍA	METROPOLITANA	Si, Relaves
8	EL CHILQUE	METROPOLITANA	Si, Riego
9	REINA NORTE	METROPOLITANA	Si, Riego
10	CHADA	METROPOLITANA	Si, Riego
11	EL YESO	METROPOLITANA	Si, Agua Potable
12	RUNGUE	METROPOLITANA	Si, Riego
13	LO ERMITA	METROPOLITANA	Si, Riego
1	EL CERRILLO	DEL MAULE	Si, Riego
2	SANTA CECILIA	DEL MAULE	Si, Riego
3	EL MAITÉN	DEL MAULE	Si, Riego
6	GUAICO III	DEL MAULE	Si, Riego y Recreación
8	CORRALONES VIEJO	DEL MAULE	Si, Riego
9	LA CRIANZA	DEL MAULE	Si, Riego
11	HUENCUECHO NORTE II	DEL MAULE	Si, Riego
1	EL CASTILLO O MALQUERIDA	DE LA ARAUCANIA	Si, Riego
2	HUELEHUEICO	DE LA ARAUCANIA	Si, Riego, Recreación, Energía
4	SANTA ALDEA	DE LA ARAUCANIA	Si, Riego
5	MALALCO	DE LA ARAUCANIA	Si, Riego
6	LAGUNA TEMUCO	DE LA ARAUCANIA	Si, Riego y Recreación
7	MARÍA ESTER	DE LA ARAUCANIA	Si, Riego

b) En Uso y en Regular Estado

Nº	NOMBRE EMBALSE	REGIÓN	USO
2	SAN JUAN	DE VALPARAÍSO	Si, Riego y Recreación
4	SANTA ROSA	DE VALPARAÍSO	Si, Riego
5	SAN JORGE	DE VALPARAÍSO	Si, Riego
22	LOS LEONES	DE VALPARAÍSO	Si, Riego y Recreación
24	EL CARRIZO	DE VALPARAÍSO	Si, Riego
5	GUAICO I	DEL MAULE	Si, Riego
10	HUENCUECHO NORTE I	DEL MAULE	Si, Riego
12	SAN MARCOS	DEL MAULE	Si, Riego
14	SANTA TERESA DE PERQUIN	DEL MAULE	Si, Riego
3	CHUMPIRRO	DE LA ARAUCANIA	Si, Riego
8	PASO MALO	DE LA ARAUCANIA	Si, Riego

c) En Uso y en Mal Estado

Nº	NOMBRE EMBALSE	REGIÓN	USO
4	LAS MERCEDES	DEL MAULE	Si, Riego
7	CORRALONES II	DEL MAULE	Si, Riego

d) Fuera de uso y en Buen Estado

Nº	NOMBRE EMBALSE	REGIÓN	USO
12	EL MELÓN	DE VALPARAÍSO	No, Riego
16	LA GLORIA	DE VALPARAÍSO	No, Riego
23	LOS CORONELES	DE VALPARAÍSO	No, Riego
14	LOICA	METROPOLITANA	No, Riego
19	CACHAGUA	DE VALPARAÍSO	No, Riego y Recreación
8	LO OROZCO	DE VALPARAÍSO	No, Riego y Recreación
15	LOS PERALES DE TAPIHUE	DE VALPARAÍSO	No, Riego y Recreación

e) Fuera de uso y en Regular Estado

Nº	NOMBRE EMBALSE	REGIÓN	USO
14	LA LAGUNA DE CATAPILCO	DE VALPARAÍSO	No, Riego
13	SANTA LUCRECIA	DEL MAULE	No, Riego
11	LOS LEONES DE LIMACHE	DE VALPARAÍSO	No, Riego y Recreación
6	LO OVALLE	DE VALPARAÍSO	No, Riego y Recreación

f) Fuera de Uso y en Mal Estado

Nº	NOMBRE EMBALSE	REGIÓN	USO
13	EL BOSQUE	DE VALPARAÍSO	No, Riego
5	LA REINA	METROPOLITANA	No, Riego

g) Resumen Riesgo Total Por Embalse

Nº	NOMBRE EMBALSE	REGIÓN	USO	CLASIFICACIÓN	ESTADO	RIESGO HAZOP	
			Y TIPO			% ANUAL	TIPO DE
			DE USO			(Categoría)	EMBALSE
1	SAUSALITO	DE VALPARAÍSO	Sí, Recreación	A	BUENO	2,1	SÍSMICO
2	SAN JUAN	DE VALPARAÍSO	Sí, Riego y Recreación	A	REGULAR	2,1	SÍSMICO
3	LLIULLU	DE VALPARAÍSO	Sí, Riego	B	BUENO	0,15	SÍSMICO
4	SANTA ROSA	DE VALPARAÍSO	Sí, Riego	A	REGULAR	0,15	SÍSMICO
5	SAN JORGE	DE VALPARAÍSO	Sí, Riego	B	REGULAR	9,5	ESCORRENTÍA
6	LO OVALLE	DE VALPARAÍSO	No, Riego y Recreación	B	REGULAR	2,1	SÍSMICO
7	PEÑUELAS	DE VALPARAÍSO	Sí, Agua Potable	C	BUENO	0,15	SÍSMICO
8	LO OROZCO	DE VALPARAÍSO	No, Riego y Recreación	B	BUENO	0,15	SÍSMICO
9	LA LUZ	DE VALPARAÍSO	Sí, Recreación	B	BUENO	38	ESCORRENTÍA
10	PERALITO	DE VALPARAÍSO	Sí, Riego	A	BUENO	7,6	ESCORRENTÍA
11	LOS LEONES DE LIMACHE	DE VALPARAÍSO	No, Riego y Recreación	A	REGULAR	19	ESCORRENTÍA
12	EL MELÓN	DE VALPARAÍSO	No, Riego	B	BUENO	48	ESCORRENTÍA
13	EL BOSQUE	DE VALPARAÍSO	No, Riego	A	MALO	0,15	SÍSMICO
14	LA LAGUNA DE CATAPILCO	DE VALPARAÍSO	No, Riego	B	REGULAR	2,1	SÍSMICO
15	LOS PERALES DE TAPIHUE	DE VALPARAÍSO	No, Riego y Recreación	B	BUENO	0,15	SÍSMICO
16	LA GLORIA	DE VALPARAÍSO	No, Riego	A	BUENO	2,1	SÍSMICO
17	POZA AZUL O LAGUNA QUILPUÉ	DE VALPARAÍSO	Sí, Agua Potable	B	BUENO	0,15	SÍSMICO
18	LAS PALMAS DE QUILPUÉ	DE VALPARAÍSO	Sí, Riego	A	BUENO	0,15	SÍSMICO
19	CACHAGUA	DE VALPARAÍSO	No, Riego y Recreación	A	BUENO	9,5	ESCORRENTÍA
20	CASAS DE QUILPUÉ	DE VALPARAÍSO	Sí, Riego	A	BUENO	19	ESCORRENTÍA
21	LAS REPRESAS	DE VALPARAÍSO	Sí, Riego	A	BUENO	2,1	SÍSMICO
22	LOS LEONES	DE VALPARAÍSO	Sí, Riego y Recreación	A	REGULAR	2,4	SÍSMICO
23	LOS CORONELES	DE VALPARAÍSO	No, Riego	A	BUENO	47,5	ESCORRENTÍA
24	EL CARRIZO	DE VALPARAÍSO	Sí, Riego	A	REGULAR	0,15	SÍSMICO
1	PÉREZ CALDERA	METROPOLITANA	Sí, Relaves	B	BUENO	0,07	SÍSMICO
2	MINERA FLORIDA	METROPOLITANA	Sí, Relaves	B	BUENO	47,5	ESCORRENTÍA
3	CARÉN	METROPOLITANA	Sí, Relaves	C	BUENO	10,5	ESCORRENTÍA
4	EL PARRÓN	METROPOLITANA	Sí, Riego	A	BUENO	0,07	SÍSMICO
5	LA REINA	METROPOLITANA	No, Riego	A	MALO	0,07	SÍSMICO
6	LAS ÓRTOLAS	METROPOLITANA	Sí, Relaves	C	BUENO	47,5	ESCORRENTÍA
7	OVEJERÍA	METROPOLITANA	Sí, Relaves	C	BUENO	0,07	SÍSMICO
8	EL CHILQUE	METROPOLITANA	Sí, Riego	A	BUENO	0,07	SÍSMICO
9	REINA NORTE	METROPOLITANA	Sí, Riego	A	BUENO	0,07	SÍSMICO
10	CHADA	METROPOLITANA	Sí, Riego	A	BUENO	4,8	ESCORRENTÍA
11	EL YESO	METROPOLITANA	Sí, Agua Potable	C	BUENO	0,07	SÍSMICO
12	RUNGUE	METROPOLITANA	Sí, Riego	B	BUENO	0,07	SÍSMICO
13	LO ERMITA	METROPOLITANA	Sí, Riego	A	BUENO	0,07	SÍSMICO
14	LOICA	METROPOLITANA	No, Riego	A	BUENO	47,5	ESCORRENTÍA
1	EL CERRILLO	DEL MAULE	Sí, Riego	A	BUENO	0,1	SÍSMICO
2	SANTA CECILIA	DEL MAULE	Sí, Riego	A	BUENO	0,1	SÍSMICO
3	EL MAITÉN	DEL MAULE	Sí, Riego	A	BUENO	0,2	SÍSMICO
4	LAS MERCEDES	DEL MAULE	Sí, Riego	A	MALO	1,6	SÍSMICO
5	GUAICO I	DEL MAULE	Sí, Riego	A	REGULAR	0,2	SÍSMICO
6	GUAICO III	DEL MAULE	Sí, Riego y Recreación	A	BUENO	47,5	ESCORRENTÍA
7	CORRALONES II	DEL MAULE	Sí, Riego	A	MALO	0,1	SÍSMICO
8	CORRALONES VIEJO	DEL MAULE	Sí, Riego	A	BUENO	0,1	SÍSMICO
9	LA CRIANZA	DEL MAULE	Sí, Riego	A	BUENO	0,1	SÍSMICO
10	HUENCUECHO NORTE I	DEL MAULE	Sí, Riego	A	REGULAR	0,1	SÍSMICO
11	HUENCUECHO NORTE II	DEL MAULE	Sí, Riego	A	BUENO	0,1	SÍSMICO
12	SAN MARCOS	DEL MAULE	Sí, Riego	A	REGULAR	1,6; 1,9	SÍSMICO; ESCORRENTÍA
13	SANTA LUCRECIA	DEL MAULE	No, Riego	A	REGULAR	0,1	SÍSMICO
14	SANTA TERESA DE PERQUIN	DEL MAULE	Sí, Riego	A	REGULAR	0,1	SÍSMICO
1	EL CASTILLO O MALQUERIDA	DE LA ARAUCANIA	Sí, Riego	B	BUENO	0,16	SÍSMICO
2	HUELEHUEICO	DE LA ARAUCANIA	Sí, Riego, Recreación, Energía	B	BUENO	47,5	ESCORRENTÍA
3	CHUMPIRO	DE LA ARAUCANIA	Sí, Riego	A	REGULAR	47,5	ESCORRENTÍA
4	SANTA ALDEA	DE LA ARAUCANIA	Sí, Riego	A	BUENO	0,16	SÍSMICO
5	MALALCO	DE LA ARAUCANIA	Sí, Riego	A	BUENO	0,16	SÍSMICO
6	LAGUNA TEMUCO	DE LA ARAUCANIA	Sí, Riego y Recreación	A	BUENO	19	ESCORRENTÍA
7	MARÍA ESTER	DE LA ARAUCANIA	Sí, Riego	A	BUENO	0,19	SÍSMICO
8	PASO MALO	DE LA ARAUCANIA	Sí, Riego	A	REGULAR	47,5	ESCORRENTÍA

En el Cuadro 10-1 se incluye un cuadro resumen con los principales tópicos del diagnóstico efectuado.

Catastro e Inspección Preliminar de Embalses Regiones de Valparaíso, Metropolitana, del Maule y de la Araucanía

CUADRO 10-1 RESUMEN DEL DIAGNÓSTICO																
Nº	NOMBRE EMBALSE	REGIÓN	USO Y TIPO DE USO	CLASIFICACIÓN (Categoría)	ESTÁTICO SATURADO AGUAS ARRIBA	ESTÁTICO SECO AGUAS ABAJO	ESTABILIDAD			CAUDAL VERTEDERO (m³/s)	FILTRACIONES		ESTADO EMBALSE	% ANUAL	RIESGO HAZOP	
							ESTÁTICO AGUAS ARRIBA VACIAMIENTO RÁPIDO	DINÁMICO SATURADO AGUAS ARRIBA	DINÁMICO SECO AGUAS ABAJO		VALOR DE L'(m)	CUMPLE CONDICIÓN CRITERIO LANE SI NO			RIESGO	TIPO DE RIESGO
1	SAUSALITO	DE VALPARAÍSO	Si, Recreación	A	1,59	2,12	1,44	1,24	1,66	60	16,8	X	BUENO	2,1	SÍSMICO	
2	SAN JUAN	DE VALPARAÍSO	Si, Riego y Recreación	A	1,66	2,37	1,47	1,3	1,85	47	12,6	X	REGULAR	2,1	SÍSMICO	
3	LIULLIU	DE VALPARAÍSO	Si, Riego	B	1,91	2,07	1,54	1,43	1,58	348	48,2	X	BUENO	0,15	SÍSMICO	
4	SANTA ROSA	DE VALPARAÍSO	Si, Riego	A	2,64	3,81	2,51	2,08	2,88	5,3	5,1	X	REGULAR	0,15	SÍSMICO	
5	SAN JORGE	DE VALPARAÍSO	Si, Riego	B	1,63	2,18	1,47	1,3	1,74	2,65	9,6	X	REGULAR	9,5	ESCORRENTIA	
6	LO OVALLE	DE VALPARAÍSO	No, Riego y Recreación	B	1,63	2,16	1,41	1,26	1,67	310	18	X	REGULAR	2,1	SÍSMICO	
7	PEÑUELAS	DE VALPARAÍSO	Si, Agua Potable	C	1,91	2,87	1,91	1,47	2,14	411	20,6	X	BUENO	0,15	SÍSMICO	
8	LO OROZCO	DE VALPARAÍSO	No, Riego y Recreación	B	1,88	2,23	1,92	1,42	1,73	173	19,6	X	BUENO	0,15	SÍSMICO	
9	LA LUZ	DE VALPARAÍSO	Si, Recreación	B						50	Hormigón	X	BUENO	38	ESCORRENTIA	
10	PERALITO	DE VALPARAÍSO	Si, Riego	A	1,9	2,39	1,75	1,47	1,86	25	12,7	X	BUENO	7,6	ESCORRENTIA	
11	LOS LEONES DE LIMACHE	DE VALPARAÍSO	No, Riego y Recreación	A	1,93	2,16	1,93	1,73	2,56	2,4	5	X	REGULAR	19	ESCORRENTIA	
12	EL MELÓN	DE VALPARAÍSO	No, Riego	B	2,13	2,82	2,08	1,6	2,08	0,14	23,5	X	BUENO	48	ESCORRENTIA	
13	EL BOSQUE	DE VALPARAÍSO	No, Riego	A	1,72	2,44	1,54	1,35	1,5	0,08	3,7	X	MALO	0,15	SÍSMICO	
14	LA LAGUNA DE CATAPILCO	DE VALPARAÍSO	No, Riego	B	1,51	2,33	1,34	1,16	1,76	39	22,2	X	REGULAR	2,1	SÍSMICO	
15	LOS PERALES DE TAPHUE	DE VALPARAÍSO	No, Riego y Recreación	B	2,22	2,12	2,05	1,59	1,62	526	19,4	X	BUENO	0,15	SÍSMICO	
16	LA GLORIA	DE VALPARAÍSO	No, Riego	A	1,5	1,9	1,33	1,18	1,51	13	13,9	X	BUENO	2,1	SÍSMICO	
17	POZA AZUL O LAGUNA QUILPUÉ	DE VALPARAÍSO	Si, Agua Potable	B						498	Hormigón	X	BUENO	0,15	SÍSMICO	
18	LAS PALMAS DE QUILPUÉ	DE VALPARAÍSO	Si, Riego	A	1,61	2,08	1,51	1,27	1,63	49	16,9	X	BUENO	0,15	SÍSMICO	
19	CACHAGUA	DE VALPARAÍSO	No, Riego y Recreación	A	2	2,48	1,83	1,58	1,97	16	7,1	X	BUENO	9,5	ESCORRENTIA	
20	CASAS DE QUILPUÉ	DE VALPARAÍSO	Si, Riego	A	2,55	3,41	2,5	1,98	2,62	0,5	6,2	X	BUENO	19	ESCORRENTIA	
21	LAS REPRESAS	DE VALPARAÍSO	Si, Riego	A	1,6	1,85	1,29	1,27	1,47	118	19,9	X	BUENO	2,1	SÍSMICO	
22	LOS LEONES	DE VALPARAÍSO	Si, Riego y Recreación	A	1,84	1,53	1,23	1,12	1,23	214	26,2	X	REGULAR	2,4	SÍSMICO	
23	LOS CORONLES	DE VALPARAÍSO	No, Riego	A	1,75	2,31	1,52	1,38	1,79	SIN VERTEDERO	13,9	X	BUENO	47,5	ESCORRENTIA	
24	EL CARRIZO	DE VALPARAÍSO	Si, Riego	A	2,09	2,82	2,17	1,61	2,13	SIN VERTEDERO	5,4	X	REGULAR	0,15	SÍSMICO	
1	PÉREZ CALDERA	METROPOLITANA	Si, Relaves	B	3,08	1,92	1,92	1,92	1,92	35	338	X	BUENO	0,07	SÍSMICO	
2	MINERA FLORIDA	METROPOLITANA	Si, Relaves	B	1,33				1,05	SIN VERTEDERO	31,8	X	BUENO	47,5	ESCORRENTIA	
3	CARÉN	METROPOLITANA	Si, Relaves	C	1,52	1,82	1,38	1,15	1,38	119	125,7	X	BUENO	10,5	ESCORRENTIA	
4	EL PARRÓN	METROPOLITANA	Si, Riego	A	1,52	2,13	1,54	1,15	1,59	0,22	8,7	X	BUENO	0,07	SÍSMICO	
5	LA REINA	METROPOLITANA	No, Riego	A	1,93	3,17	2,8	1,39	2,19	0,22	6,1	X	MALO	0,07	SÍSMICO	
6	LAS TORTOLAS	METROPOLITANA	Si, Relaves	C		2,33			1,58	SIN VERTEDERO	12,2	X	BUENO	47,5	ESCORRENTIA	
7	OVIERIA	METROPOLITANA	Si, Relaves	C		1,62			1,2	25	70,8	X	BUENO	0,07	SÍSMICO	
8	EL CHILQUE	METROPOLITANA	Si, Riego	A	2,16	2,32	1,94	1,65	1,81	157	14,6	X	BUENO	0,07	SÍSMICO	
9	REINA NORTE	METROPOLITANA	Si, Riego	A	1,81	1,94	1,94	1,34	1,57	0,14	7,1	X	BUENO	0,07	SÍSMICO	
10	CHADA	METROPOLITANA	Si, Riego	A	1,53	1,83	1,54	1,12	1,38	5,13	25,2	X	BUENO	4,8	ESCORRENTIA	
11	EL YESO	METROPOLITANA	Si, Agua Potable	C	2,28	2,04	1,67	1,66	1,56	250	69,4	X	BUENO	0,07	SÍSMICO	
12	RUNGUE	METROPOLITANA	Si, Riego	B	1,64	2,35	1,51	1,2	1,69	386	31,9	X	BUENO	0,07	SÍSMICO	
13	LO ERMITA	METROPOLITANA	Si, Riego	A	2,1	3,08	2,29	1,58	2,21	0,6	4,9	X	BUENO	0,07	SÍSMICO	
14	LÓICA	METROPOLITANA	No, Riego	A	2,29	3,18	2,14	1,69	2,3	SIN VERTEDERO	16,7	X	BUENO	47,5	ESCORRENTIA	
1	EL CERRILLO	DEL MAULE	Si, Riego	A	2,32	3,26	2,31	1,79	2,48	29	8,5	X	BUENO	0,1	SÍSMICO	
2	SANTA CECILIA	DEL MAULE	Si, Riego	A	2,74	2,92	2,85	2,09	2,27	SIN VERTEDERO	7,1	X	BUENO	0,1	SÍSMICO	
3	EL MAITÉN	DEL MAULE	Si, Riego	A	1,59	2,53	1,37	1,13	1,91	0,9	8	X	BUENO	0,2	SÍSMICO	
4	LAS MERCEDES	DEL MAULE	Si, Riego	A	1,48	1,83	1,52	1,13	1,39	2,6	5,6	X	MALO	1,6	SÍSMICO	
5	GUAICO I	DEL MAULE	Si, Riego	A	2,78	4,04	3,24	2	2,86	0,08	3,4	X	REGULAR	0,2	SÍSMICO	
6	GUAICO III	DEL MAULE	Si, Riego y Recreación	A	2,61	3,16	2,15	2,02	2,39	2	8,6	X	BUENO	47,5	ESCORRENTIA	
7	CORRALONES II	DEL MAULE	Si, Riego	A	2,26	3,08	2,55	1,68	2,31	SIN VERTEDERO	4,4	X	MALO	0,1	SÍSMICO	
8	CORRALONES VIEJO	DEL MAULE	Si, Riego	A	1,97	2,25	1,9	1,57	1,77	4	4,8	X	BUENO	0,1	SÍSMICO	
9	LA GRANJA	DEL MAULE	Si, Riego	A	1,5	1,67	1,52	1,15	1,26	3,4	6,6	X	BUENO	0,1	SÍSMICO	
10	HUENQUECHO NORTE I	DEL MAULE	Si, Riego	A	2,03	2,87	1,81	1,58	2,09	0,9	6	X	REGULAR	0,1	SÍSMICO	
11	HUENQUECHO NORTE II	DEL MAULE	Si, Riego	A	2,16	2,82	1,93	1,7	2,12	0,2	4,7	X	BUENO	0,1	SÍSMICO	
12	SAN MARCOS	DEL MAULE	Si, Riego	A	1,76	2,23	1,44	1,39	1,75	4	9,1	X	REGULAR	1,6; 1,9	SÍSMICO; ESCORRENTIA	
13	SANTA LUCRECIA	DEL MAULE	No, Riego	A	1,97	2,87	2,17	1,52	2,15	SIN VERTEDERO	4,6	X	REGULAR	0,1	SÍSMICO	
14	SANTA TERESA DE PERQUIN	DEL MAULE	Si, Riego	A	2,74	2,73	2,25	2,12	2,25	0,5	2,5	X	REGULAR	0,1	SÍSMICO	
1	EL CASTILLO O MALQUERIDA	DE LA ARAUCANÍA	Si, Riego	B	1,64	2,33	1,75	1,28	1,74	9	7,1	X	BUENO	0,16	SÍSMICO	
2	HUELEHUEICO	DE LA ARAUCANÍA	Si, Riego, Recreación, Energía	B	1,21	1,91	1,27	0,93	1,39	2,6	18,8	X	BUENO	47,5	ESCORRENTIA	
3	CHUMPIRRO	DE LA ARAUCANÍA	Si, Riego	A	1,54	2,14	1,59	1,18	1,58	4	9,4	X	REGULAR	47,5	ESCORRENTIA	
4	SANTA ALDEA	DE LA ARAUCANÍA	Si, Riego	A	2,13	3,18	2,5	1,59	2,29	8	5,6	X	BUENO	0,16	SÍSMICO	
5	MALALCO	DE LA ARAUCANÍA	Si, Riego	A	1,67	2,5	1,78	1,27	1,78	1,2	8,7	X	BUENO	0,16	SÍSMICO	
6	LAGUNA TEMUCO	DE LA ARAUCANÍA	Si, Riego y Recreación	A	1,89	3,28	2,51	1,37	2,25	6	8,05	X	BUENO	19	ESCORRENTIA	
7	MARÍA ESTER	DE LA ARAUCANÍA	Si, Riego	A	1,64	2,31	1,88	1,23	1,73	5	6,1	X	BUENO	0,19	SÍSMICO	
8	PASO MALO	DE LA ARAUCANÍA	Si, Riego	A	1,41	1,85	1,34	1,09	1,4	0,04	3,6	X	REGULAR	47,5	ESCORRENTIA	

Nota: x Factor de Seguridad Bajo el Mínimo Aceptable

Nota: si NO cumple el criterio de Lane significa que habría riesgo de filtraciones