

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS Y PLANIFICACION



ESTUDIO DE CATASTRO E INSPECCION PRELIMINAR
DE EMBALSES SEGUNDA ETAPA
REGION METROPOLITANA

INFORME FINAL

EVALUACION PRELIMINAR DE SEGURIDAD DE
EMBALSES

S.I.T. N°29



INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

FEBRERO 1995

Dpto Estudios y Planificación

11/86

**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS Y PLANIFICACION**

Director General de Aguas	: Ing. Humberto Peña T.
Sub-Director General de Aguas	: Ing. Andrés Benítez G.
Jefe Depto. de Estudios y Planificación	: Ing. Carlos Salazar M.
Inspector Fiscal	: Ing. Enrique Arias S.
	: Ing. Eugenio Campos S.

R.E.G. INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

Jefe de Proyecto	:	Ing. Ricardo Edwards Gana
Asesor General	:	Ing. Guillermo Wood Herrera
Profesionales	:	Ing. Ricardo Astaburuaga Gutiérrez
		Ing. Jaime De La Sotta Sánchez
		Ing. Renán González Barrientos
		Ing. Alfredo Carrasco Molina
		Ing. Mario Moreno Oyarzún
		Ing. Néstor Cárcamo Convalán
Técnico	:	Hernán Martínez Soriano
		Marcelo Tapia Soto
		Ricardo Martínez Godomar

**ESTUDIO DE CATASTRO E INSPECCION
PRELIMINAR DE EMBALSES MAYORES
II ETAPA. REGION METROPOLITANA**

**EVALUACION PRELIMINAR DE LA SEGURIDAD
DE EMBALSES MAYORES**

INFORME FINAL

I N D I C E

	Página
1. INTRODUCCION.	1.
2. ALCANCE DEL ESTUDIO.	3.
3. RECOPIACION DE ANTECEDENTES.	5.
3.1 Capacitación del Personal.	5.
3.2 Mediciones.	6.
3.3 Muestreo.	7.
3.4 Croquis de las Obras.	8.
3.5 Fotografías.	8.
3.6 Planilla de Datos de Terreno.	10.
4. METODOS DE ANALISIS DE RIESGOS.	11.
4.1 Base Metodológica HAZOP.	11.
4.2 Adaptación al Estudio de Embalses.	15.
4.3 Falla Potencial Analizada.	19.
4.4 Criterios para Asignación de Probabilidades.	21.
4.5 Control de Calidad.	29.

CONTINUACION:

	Página
5. ESTUDIOS ESPECIALES.	30.
5.1 Plano General de Ubicación.	30.
5.2 Análisis Hidrológico.	30.
5.3 Análisis Sísmico.	31.
5.4 Análisis General de Estabilidad.	33.
6. SISTEMA DE EVACUACION.	35.
6.1 Desarrollo de Planillas Computacionales.	35.
6.2 Análisis de Eventos Desencadenantes.	36.
6.3 Análisis de Vulnerabilidad.	36.
6.3.1 Vulnerabilidad por Aceleración Sísmica.	37.
6.3.2 Vulnerabilidad por Crecidas Afluentes.	38.
6.3.3 Vulnerabilidad por Piping.	39.
6.4 Análisis de Impacto al Valle.	40.
6.5 Determinación de Riesgo Total.	40.
7. RESULTADOS.	42.
7.1 Interpretación del Riesgo Resultante.	42.
7.2 Definición de Rangos de Seguridad.	44.
7.3 Resumen y Conclusiones.	45.



A N E X O S

A N E X O S

I N D I C E

- ANEXO I : DESCRIPCION DE PLANILLAS DE TERRENO.
- ANEXO II : ESTUDIO HIDROLOGICO.
- ANEXO III : ESTUDIO SISMICO REGION METROPOLITANA.
- ANEXO IV : PLANILLAS DE EVALUACION DE RIESGOS.
- ANEXO V : RESUMEN DE FORMULAS Y BIBLIOGRAFIA.
- ANEXO VI : GLOSARIO.

**ESTUDIO DE CATASTRO E INSPECCION
PRELIMINAR DE EMBALSES MAYORES
II ETAPA, REGION METROPOLITANA**

**EVALUACION PRELIMINAR DE LA SEGURIDAD
DE EMBALSES MAYORES**

INFORME FINAL

1. INTRODUCCION

La Dirección General de Aguas, dependiente del M.O.P., ha decidido realizar un Catastro e Inspección Preliminar de los Embalses Mayores de Aguas de la Región Metropolitana. El presente informe describe principalmente, el proceso de análisis de seguridad desarrollado para éstos efectos, el cual se basa en un método probabilístico, desarrollado especialmente para este objeto y basado en la metodología HAZOP.

Los tranques seleccionados, de acuerdo a lo solicitado por la D.G.A. para este estudio, son aquellos con capacidad superior a los 50.000 m³ y una altura de muro superior a 5 m. No obstante, debido a que la cantidad de embalses por verificar ha sido fijada en 110, y que esta cantidad es superior a los embalses catalogados como

mayores, se han incluido otros embalses menores, que a juicio de la D.G.A. pudieran representar un peligro actual o potencial para terceros.

En lo que se refiere a la información catastral, ésta ha sido manejada en informe paralelo, conforme a lo solicitado en las bases contractuales.

En cuanto a la inspección de las obras, corresponde indicar que ellas se han visitado en su totalidad, y que se desplegó una completa ficha de recopilación de antecedentes de cada embalse, incluyendo la toma de fotografías y de muestra representativa del material de relleno de los muros.

La clasificación de los tranques se ha efectuado por cuencas y sub-cuencas, conforme a lo solicitado en los Términos de Referencia y se han agrupado en un total de 8 sectores.

A continuación, se presenta un plano a escala 1:250.000 que indica la ubicación de los embalses estudiados

2. ALCANCES DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD

El presente Análisis de Seguridad, cubre los aspectos relacionados con la estabilidad de la estructura del embalse ante un vaciamiento violento, y las consecuencias que puedan observarse hacia aguas abajo, debido a tal falla.

Conforme a lo planteado en la Metodología de la Propuesta Técnica, adjudicada y aceptada por la D.G.A., se considera que sólo esta falla involucra un riesgo efectivo hacia las personas, o bienes que se encuentren hacia aguas abajo.

El proceso completo de análisis cubre los siguientes aspectos:

a) En Terreno.

- Visita a cada Obra.
- Completación de Planilla de Datos Característicos obtenidas en terreno.
- Croquis del Muro, Embalse y Obras de Evacuación.
- Toma de Fotografías.
- Toma de Muestra representativa del Material Constitutivo del Muro.

b) En Oficina.

- Identificación de los Sismos y Aceleraciones Máximas en la zona de la Obra, para un período de retorno dado.
- Identificación de los Caudales de Crecida y Períodos de Retorno.
- Análisis de Estabilidad Simplificado del Muro con parámetros típicos obtenidos del análisis del entorno y de la muestra tomada. Este análisis se desarrolla mediante el Programa Computacional SLP.C de propiedad de REG. - Ingenieros.
- Estimación de Capacidad de las Obras de Evacuación, considerando su estado y material constructivo. Comparación con crecidas afluentes.
- Análisis de Potenciales Daños de la onda de crecida hacia aguas abajo.
- Cálculo Global del Riesgo, considerando la metodología de análisis anteriormente señalada.

El estudio descrito, es explicado en el presente informe, mediante las hojas que conforman las fichas de datos de terreno, croquis, fotografías y con las planillas de análisis de riesgo.

3. RECOPILACION DE ANTECEDENTES

3.1 Capacitación del Personal

Se procedió a efectuar un entrenamiento de todo el personal que participaría en la recolección y manejo de datos. Este entrenamiento, realizado en su parte técnica en las oficinas de REG, consistió en un análisis de la Metodología de cálculo ofrecida, forma de tomar los datos y relleno de planillas de terreno.

Adicionalmente, se efectuó un segundo entrenamiento en terreno, durante el cual se procedió a recolectar toda la información de un tranque, incluyendo confección de croquis, toma de fotografías y toma de muestras. En esta ocasión se efectuó también una calibración de los instrumentos comprados para esta labor específica.

En los dos entrenamientos indicados anteriormente, participó el Jefe de Proyecto, el Ingeniero a cargo de los análisis y todo el personal destacado en terreno.

Para completar en forma permanente el instructivo, se preparó una guía de llenado para las planillas y para la clasificación de los suelos, las cuales se adjuntan con un set de facsímiles en el Anexo I.

3.2 Mediciones

Para el llenado de las planillas se requiere hacer algunas mediciones directas, las cuales fueron efectuadas por el personal en terreno, conjuntamente con la confección de los croquis.

Las medidas efectuadas son las siguientes:

- a. Ancho de coronamiento.
- b. Largo talud de aguas arriba.
- c. Largo talud de aguas abajo.
- d. Ancho de la obra de evacuación.
- e. Desnivel nominal obras de evacuación.
- f. Desevel entre umbral vertiente y punto más bajo del muro.
- g. Angulo talud aguas arriba.
- h. Angulo talud aguas abajo.

Las medidas indicadas fueron tomadas con huincha, nivel topográfico y eclímetro, según corresponda.

Los anchos y largos de las obras se determinaron con huincha; los desniveles entre vertedero y coronamiento se determinaron con nivel topográfico; los taludes fueron determinados midiendo el ángulo desde el eclímetro apoyado sobre un jalón en la superficie del talud.

Cada una de las mediciones fue efectuada con la máxima acuciosidad, de modo que no existan errores de interpretación de datos.

3.3 Muestreo

Con el fin de caracterizar en la mejor forma posible el material del prisma resistente de cada uno de los tranques, se ha tomado una muestra de suelos, del orden de 500 gr, la cual se conservará en las bodegas del proyectista durante la duración del análisis.

Esta muestra, más la caracterización preliminar efectuada en sitio por el equipo de recolección de datos, y las fotografías del muro, permiten situar el material constructivo dentro de la cartilla de clasificación que se adjunta en el Anexo I. Tal cartilla, tomada del "Curso Aplicado de Cimentaciones", Colegio de Arquitectos de Madrid - 1989, es una actualización más detallada de las tablas del USBR, Small-Dams y otros similares. La caracterización alcanzada por éste medio es sensibilizada durante el estudio de estabilidad, por lo tanto no constituye una limitación al procedimiento.

3.4 Croquis de las Obras

En cada uno de los tranques visitados se confeccionó un croquis completo de la planta de la presa, con todos los detalles que puedan tener relación con su operatividad. En particular se coloca en ésta planta la forma del muro, la ubicación de sus obras de evacuación y datos respecto a fallas, filtraciones, etc.

Conjuntamente con lo anterior, se confeccionó un croquis de la sección transversal del muro, en la que se expone todos los detalles de formas y niveles relativos a éste.

Por último se entrega un croquis de las obras de evacuación, en la que se muestra el tipo de obra, sus dimensiones relativas y sus desniveles.

3.5 Fotografías

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

Las fotografías fueron tomadas en forma típica para todos los embalses por igual, de modo que faciliten la identificación y comparación entre las distintas obras. Los puntos de toma de cada

una de las seis (6) fotografías que se incluyen en la ficha de toma de datos son:

N° 1 : Vista hacia aguas arriba desde el centro del muro.

N° 2 : Vista hacia aguas abajo desde el centro del muro.

N° 3 : Vista del muro por aguas arriba, desde el extremo derecho.

N° 4 : Vista del talud de aguas abajo del muro desde el extremo derecho.

N° 5 : Vista del talud de aguas abajo desde un punto frente al centro por aguas abajo.

N° 6 : Vista de las obras de evacuación de emergencia.

3.6 Planilla de Datos de Terreno

La Planilla de Datos de Terreno empleada corresponde a la básica, que en términos generales fue presentada en la Propuesta de Ingeniería.

La presentación actual contiene una mayor apertura de datos, de modo de entregar mayores detalles que orientan al evaluador. Las planillas de datos que se incluyen en el Anexo I, son un total de 4 en lo que respecta a la evaluación de seguridad y complementan a la planilla de catastro formulada por la DGA.

Tal como se indicó, estas planillas se completaron en base a un instructivo que se entrega en el Anexo I.

4. METODO DE ANALISIS DE RIESGOS.

4.1 Base Metodológica HAZOP

El método de evaluación HAZOP, es un planteamiento probabilístico de análisis de la relación causa-efecto en un sistema. El primer paso corresponde a la identificación del sistema, de modo de establecer la estructura central del mismo, la cual será 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 dependientes de ella.
- b) Identificar aquellos fenómenos o agentes que pueden ocasionar daños o alteraciones al ente identificado en "a".
- c) Identificar los efectos potenciales que tendría en el resto del sistema la falla o alteración del ente identificado en "a".

La formulación general del Método está definida por la relación:

$$R = p * V * E$$

En que :

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 representado 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.

Para ejemplificar y dar claridad al esquema expuesto, se puede analizar el siguiente esquema:

a) Sistema

Estanque de agua potable N° 1 que surte a determinado poblado, ubicado en la cercanía a quebrada de sector costero.

b) Identificación

- La obra central o ente que se desea analizar es el estanque de agua de potable.
- Como evento desencadenante principal, se estima la bajada de un aluvión debido a una lluvia violenta.
- Como objeto principal, se desea analizar la potencialidad de que el poblado quede sin abastecimiento de agua.

c) Planteamiento

El evento desencadenante es la lluvia que puede producir un aluvión en la quebrada definida. Se estima que el periodo de retorno para esta lluvia, es de 1:20 años.

La vulnerabilidad del estanque está dada por la posibilidad de que este aluvión produzca daños a la estructura del estanque. Luego de un análisis de la estructura, se estima que hay un 80% de posibilidad de que dicha estructura falle.

El efecto producido en la población ante la rotura del estanque es la falta de abastecimiento, sin embargo, debe considerarse que hay una fuente alternativa que puede suplir un 70% de la demanda mientras dure la reparación del estanque. Luego, el efecto probable es de un 30%.

d) Determinación del Riesgo

El riesgo total del sistema para este evento y considerando la pérdida del abastecimiento de agua en un punto dado del poblado es:

$$R = 0,05 \times 0,80 \times 0,30 = 0,012, \text{ o sea } 1,2 \%$$

Este valor se puede traducir por su inverso a 83 años, dado que la probabilidad de ocurrencia de los eventos es para cada período anual. Luego, el período de retorno de una falla por desabastecimiento para un punto dado es de 83 años.

4.2 Adaptación del Método al Análisis de Embalses

Tal como se ha planteado con anterioridad, el método ha sido adaptado al análisis del riesgo de falla de los E.M. de la Región Metropolitana, con consecuencia de daños hacia aguas abajo, ya sea a las personas, obras de infraestructura y las zonas agrícolas.

El centro del análisis lo constituyen obviamente los embalses, y por lo tanto, son aquellos los que deben ser analizados desde el punto de vista de su vulnerabilidad.

Los eventos desencadenantes para una falla de estos tranques, han sido seleccionados de entre el grupo de los más destructivos, o que se conoce que han sido los causantes de fallas conocidas. Estos eventos, que se han definido en un total de 8, están constituidos por los siguientes :

- Sismos de placa de gran magnitud y baja frecuencia, y de mediana magnitud y alta frecuencia de ocurrencia.
- Sismos cordilleranos de gran magnitud y baja frecuencia, y de mediana magnitud y alta frecuencia de ocurrencia.
- Crecidas pluviales para períodos de retorno de 10, 100 y 10.000 años (esta última equivale a la PMP).
- Crecida nival en los casos que corresponda.
- Sifonamiento o Piping.

La determinación de los sismos requeridos o de las crecidas específicas, son analizados en estudio ad-hoc, los cuales son entregados en el Capítulo 5 del presente informe.

La vulnerabilidad de cada embalse es analizada en forma específica para cada evento desencadenante, de la siguiente forma:

- **Eventos Sísmicos:** Se determina para cada embalse de acuerdo a su ubicación, la aceleración máxima resultante para cada uno de los sismos elegidos. Con la aceleración, los parámetros resistentes y la forma de cada muro, se procede a realizar un estudio de estabilidad, el cual indica la existencia de fallas, su ubicación y la curva de factor de seguridad para los diferentes planos de deslizamientos.

El análisis de estabilidad se desarrolla mediante un Programa de Computación desarrollado por REG. - Ingenieros, denominado "SLP.C" versión 3.0.

La vulnerabilidad específica se determina mediante el criterio que se expone en el punto 4.4.1.

- **Eventos de Escorrentía:** Se determina para cada embalse, de acuerdo a los datos recolectados en terreno, la capacidad máxima de las obras de evacuación con todas las condicionantes

que sea pertinente considerar. La capacidad de evacuación se considera en términos nominales en relación a la capacidad de diseño de la obra, es decir, dentro de los rangos operacionales normales. A continuación se estima la capacidad de evacuación en condiciones extremas, esto es, cuando el nivel de agua está a punto de verter por sobre el coronamiento, sobrepasando el muro.

La vulnerabilidad en cada caso se estima en función de la relación entre el caudal afluente y el caudal evacuado, sin considerar el efecto regulador del embalse, dado que se asume embalse lleno. Al asumir embalse lleno, se supone que ya no hay efecto de regulación, pues el agua que llegue en forma adicional estará disminuyendo el factor de seguridad del embalse, al ocupar el volumen dado por la revancha considerada para la obra. Por lo general, el volumen dado por la revancha de las obras es de poca cuantía, además al asumir esta consideración, se elimina cualquier error de subestimar la seguridad del embalse. El criterio de asignación de vulnerabilidad se presenta en el punto 4.4.2.

- **Evento de Piping:** Se determina para cada embalse, de acuerdo a la geometría del muro, el tiempo de estabilización del flujo; para ello, se supuso una velocidad del flujo con la que nos daría el tiempo que demora una línea de flujo en recorrer



el suelo por debajo del muro. A continuación, dependiendo del tiempo de estabilización del flujo y de la antigüedad de la presa, se determina la probabilidad de ocurrencia del evento.

La vulnerabilidad se determina dependiendo del estado de saturación o filtración en que se encuentra el muro. Además, se considera si el material del muro es cohesivo o no y si tiene sistema de drenaje. El criterio de asignación de vulnerabilidad se presenta en el punto 4.4.3.

Los efectos de la falla por vaciamiento del tranque hacia aguas abajo, son determinados en base a un análisis de la onda de crecida producida por el vaciamiento. Conforme a la información disponible en la literatura y al conocimiento de falla en presas; se ha asumido que el muro se destruye formando un canalón cuyo ancho es 1,5 veces la altura de escurrimiento (Curso Internacional de Presas y Embalses, CEDEX, MOPU, España - 1978). En este canalón se calcula la crecida suponiendo altura crítica. El ancho de inundación promedio se asume para este mismo caudal, suponiendo que el valle próximo tiene una forma similar al sector en que está construido el tranque y que la altura de escurrimiento es normal.

La capacidad natural máxima de conducción del cauce aguas abajo se ha supuesto igual a la crecida centenaria, de acuerdo a la experiencia.

Los posibles efectos hacia aguas abajo dependen de la distancia en relación al cauce a que se encuentre el punto de análisis, la relación entre el caudal de vaciamiento y la capacidad del cauce y de la rama del cauce en que se encuentra dicho punto.

El criterio específico se muestra en el punto 4.4.4.

4.3 Falla Potencial Analizada.

Como se ha señalado anteriormente, el esquema de análisis definido se centra en los embalses de agua, sometidos a la acción de 4 diferentes eventos sísmicos, 3 eventos de escorrentía superficial, y un evento de piping, los cuales pueden producir una falla violenta en el muro y la generación de una onda en crecida hacia aguas abajo.

Las fallas potenciales analizadas entonces, son sólo aquellas que pueden producir un vaciamiento. En el caso sísmico son aquellas que producen un deslizamiento del talud de aguas abajo que pueden involucrar en forma inmediata o posterior tal vaciamiento.

En el caso de escorrentía, son aquellas que producen o se acercan a un sobrepasamiento del muro, llegando a la rotura completa durante el proceso erosivo.

En el caso del piping, es aquel que produzca el arrastre del suelo de modo de producir el colapso instantáneo del muro.

Los efectos en el valle son el daño producido por la crecida estimada, ya sea por impacto de la onda o por inundación. El efecto es evaluado en función de la posición del punto de análisis en relación al tranque.

El riesgo total es calculado como una matriz, ya que es el producto de la probabilidad de ocurrencia del evento desencadenado por la vulnerabilidad del embalse, por la probabilidad de que el daño analizado ocurra. Este producto se efectúa para cada evento y para cada efecto.

Al análisis se ha agregado como dato anexo, la probabilidad de pérdida en el servicio como consecuencia de una falla en el embalse. En este caso, el efecto toma siempre el valor máximo. Además, como todos los embalses son de régimen pluvial, salvo un par de ellos, en el análisis final no se incluyó la evaluación por escorrentía nival.

La matriz entregada se transforma, de este modo, en 4 x 8. El análisis de servicio de riego es sólo un indicador.

4.4 Criterios para Asignación de Probabilidades.

Con el fin de asignar las probabilidades de ocurrencia o de falla a cada una de las partes del sistema analizado, se han establecido criterios de aplicación que ligan la falla con el porcentaje de daño estimado.

En lo que se refiere a los eventos desencadenantes, cada uno tiene su período de retorno propio, de acuerdo al criterio de selección indicado al comienzo y por lo tanto, su probabilidad de ocurrencia.

Para el análisis de vulnerabilidad en tanto, se han establecido dos criterios de evaluación, que corresponden a los casos de falla sísmica o por falta de capacidad de evacuación. Los criterios citados son los siguientes:

4.4.1 Criterio de Asignación de Vulnerabilidad por Falla Sísmica.

El criterio expuesto a continuación, permite asignar una probabilidad de falla al muro de una presa, luego del análisis de estabilidad simplificado. Es importante tener en cuenta, que el análisis de estabilidad de un muro puede tener tres resultados, a saber:

- Que el muro no falle.
- Que el muro falle en un punto tal que no involucre vaciamiento.
- Que el muro falle bajo la cota de aguas máximas.

Evidentemente, el primer caso como el último, son claros y sólo corresponde en cada uno asignar la probabilidad extrema. El segundo caso en tanto, corresponde a una situación muy frecuente y sobre la cual debe hacerse distinción de varios sub-casos, dado que es muy diferente si la falla ocurre superficialmente en el talud de aguas abajo, o si ésta ocurre en el talud de aguas arriba, sobre la línea de aguas. En cada uno de estos casos intermedios, existe también una probabilidad de falla, ya sea por piping a través de una grieta, por desestabilización progresiva o por falla sucesiva para aceleraciones menores a medida que el sismo se desarrolla.

Para la falla extrema en tanto, debe tenerse en consideración que los métodos de análisis no cuentan con la precisión e información necesaria para ofrecer una conclusión terminante, y que la estimación de la magnitud media del evento desencadenante deja una incertidumbre o una variabilidad que debe ser considerada.

En concordancia a lo expuesto, se ha propuesto el siguiente criterio:

+ "Riesgo de Vaciamiento en Función de la Traza de la Falla".

- No se registra falla para el evento dado $\Rightarrow p = 0.05$
- La falla se localiza en el talud de aguas abajo $\Rightarrow p = 0.05$ a 0.40
- La falla pasa por el coronamiento $\Rightarrow p = 0.40$ a 0.75
- La falla pasa por el talud de aguas arriba sobre la línea de aguas máximas $\Rightarrow p = 0.75$ a 0.95
- La falla pasa bajo la línea de aguas máximas (*) $\Rightarrow p = 0.95$

(*) Para la consideración de nivel de aguas máximas, se tomará la capacidad máxima efectiva dada por el nivel de las obras de evacuación actualmente en servicio.

4.4.2 Criterio de Asignación de Vulnerabilidad para Falla por Sobrepasamiento de la Capacidad de Evacuación.

El criterio expuesto a continuación, pretende cuantificar la probabilidad de falla de las obras de evacuación de una presa, que pueda llevar a una falla por vaciamiento, ante la ocurrencia de una crecida determinada.

La falla por vaciamiento se produciría en este caso, por overtoping del muro de presa o deterioro progresivo del sistema de descarga.

En estos casos, el análisis de la falla de las obras de evacuación será necesariamente más subjetivo que el caso de la falla sísmica del muro, dado que no se puede hacer un análisis específico estructural para cuantificar la misma. Por otra parte, deberá tenerse en consideración la calidad y estado de la obra, y la estabilidad frente a erosiones del rápido y canal de descarga.

En cuanto al caudal desencadenante de la falla, independientemente del tipo de obra, debe considerarse que la misma operará en condiciones seguras sólo hasta una cierta proporción de su capacidad máxima, dado que en general e históricamente, los evacuadores de crecidas presentan problemas estructurales u operacionales al alcanzar sus capacidades máximas. Así también, debe señalarse que existirá un rango de excedencia de la capacidad en que la obra aún tendrá posibilidad de operar.

Conforme a lo expuesto, se ha propuesto un esquema de cálculo de la probabilidad de falla de la presa para este evento, basados en una obra de evacuación ideal, bien calculada y estructurada, y con un canal o rápido de descarga adecuado. Para los casos reales en que alguna de estas condiciones se vulnera, se proponen coeficientes de minoración. La tabla de cálculo es:

- | | | |
|---|--|------------|
| - | Caudal afluente inferior al 100% de la capacidad nominal máxima de evacuación de la obra | $p = 0.05$ |
|---|--|------------|

- Caudal afluente mayor que el 100% de la capacidad máxima nominal y menor que la capacidad máxima al borde libre p = 0.05 a 0.95

- Caudal afluente sobre el 100% de la capacidad máxima al borde libre p = 0.95

- * Coeficientes de Confiabilidad por Calidad de Construcción aplicables a la Capacidad de la Obra.

- Obra de hormigón armado c = 1.0
- Obra de albañilería c = 0.8
- Obra de tierra c = 0.6

- * Coeficientes de Confiabilidad por Estado de Conservación Aplicables a la Capacidad de la Obra.

- Obra en óptimo estado c = 1.0
- Obra en estado regular, con dudas de operatividad c = 0.8
- Obra en mal estado, no confiable c = 0.6

- * Coeficientes de Confiabilidad por Calidad del Canal de Descarga Aplicables a la Capacidad de la Obra.

- Canal revestido en hormigón c = 1.0
- Canal en mampostería o albañilería irregular c = 0.9
- Canal en tierra c = 0.7

4.4.3 Criterios de Asignación de Vulnerabilidad por Piping.

El criterio expuesto a continuación, pretende cuantificar la probabilidad de falla por piping, dependiendo del estado actual del embalse.

La tabulación de probabilidades dependerá de si existe humedad al pie del muro o bajo él, y si existen filtraciones. Además, considera la existencia o no de un sistema de drenaje o si el material del muro es cohesivo.

Luego se ha propuesto el siguiente criterio:

- Sin humedad al pie	$p = 0,05$
- Saturación abajo del muro	$p = 0,05$ a $0,10$
- Saturación del pie	$p = 0,10$ a $0,20$
- Filtración	$p = 0,20$ a $0,95$
- Si existe sistema de drenaje	$p = 0$
- Si el material es cohesivo	$p = 0,05$

4.4.4 Criterio de Definición de Potencialidad de Ocurrencia de Efectos en el Valle ante el Vaciamiento de una Presa.

El objetivo del presente instructivo, es estimar los riesgos asociados a una falla por vaciamiento de un embalse ante la ocurrencia de un fenómeno desencadenante, que logre efectivamente producir un daño estructural serio al muro de la presa. Esta probabilidad de daño no se encuentra asociada al evento desencadenante mismo, ya que se pretende evaluar sólo los daños posibles ante la ocurrencia del vaciamiento. El hecho de si se producirá o no el evento o si se dañará o no el tranque, tiene sus probabilidades de ocurrencia propias y la seguridad final se evalúa como el producto de ellas.

La estimación de eventuales daños corresponde a la forma en que la onda de crecida se propagaría en forma teórica. Sin embargo, tal determinación requiere de un análisis específico caso a caso, dependiendo de las características propias de cada valle y de cómo se incorpora el cauce en estudio a otros cauces más importantes hacia aguas abajo. Como criterio general se hará una estimación del caudal de vaciamiento y del ancho de la zona inundada, en base a recomendaciones generales de la literatura. Se estimará también, el caudal centenario del cauce en estudio, asumiendo que corresponde a la máxima capacidad aceptada por éste sin daños importantes. Para estimar la probabilidad de daño específico se hará un análisis

particular de cada cauce, de acuerdo a planos del IGM a escala 1:250.000 y 1:50.000, complementado con la información de terreno.

La presente proposición de riesgos asociados se basa en los criterios señalados, otorgando probabilidades de daño conforme a las siguientes pautas.

- * Según la Cercanía a la Faja probable de Inundación.
 - Dentro de la faja de inundación 0.50 a 1.0
 - Fuera de la faja de inundación 0.05 a 0.5

- * Según la Cercanía al Punto de Vaciamiento.
 - Dentro del cauce secundario en que se encuentra el embalse 0.8 a 1.0
 - En el cauce que recibe al anterior, sin ser un cauce importante 0.5 a 0.8
 - En un cauce mayor 0.05 a 0.5

La probabilidad de falla será el mayor valor entre el Factor 1 y el Factor 2.

Es importante conocer en cada caso una estimación del caudal centenario, de modo de analizar el monto de la crecida por vaciamiento en comparación a esta capacidad.

El análisis debe hacerse en forma independiente para los asentamientos de personas, infraestructura agrícola u otra obra.

4.5 Control de Calidad.

Para asegurar la calidad de la información obtenida, se aplicarán los siguientes mecanismos de control.

- Asignación de Inspección por Sectores.
- Revisión Sistemática de la ficha de ingreso de datos.
- Revisión en Terreno por un Ingeniero del 100% de la información recolectada del total de los embalses.
- Se efectuó una segunda revisión de todas las planillas del proceso de evaluación de riesgos.

Luego, el objetivo prioritario del equipo profesional fue siempre obtener un alto grado de fidelidad de la información recopilada, teniendo en cuenta, la gran cantidad de información que se debía manejar y procesar.

5. ESTUDIOS ESPECIALES.

5.1 Plano General de Definición de Sectores y Ubicación de Tranques.

A continuación se entrega el plano general de ubicación de embalses y de sectores a escala 1:250.000. Este plano constituye la referencia básica de ubicación de las obras, indicación de accesos e identificación de cauces.

5.2 Análisis Hidrológico.

En el informe indicado se efectuó el análisis de los parámetros requeridos para el cálculo de caudales máximos de crecidas para cada embalse. Este estudio considera ocho (8) sectores hidrológicamente diferentes, los cuales presentan curvas Intensidad-Duración-Frecuencia propias.

Estas curvas, sumadas a la morfología de cada cuenca, permitieron calcular los caudales máximos afluentes para cada período de retorno seleccionado.

Los datos básicos para la elaboración de tales curvas, han sido tomados del informe "Eventos Hidrometeorológicos Extremos Precipitaciones Máximas en 24, 48 y 72 horas", elaborados por la DGA.

Los resultados básicos del estudio muestran en una tabulación típica, la duración de la lluvia versus la intensidad de precipitación para períodos de retorno de 10, 100, 1.000 y 10.000 años.

Los sectores definidos son los siguientes :

- I. CHACABUCO
- II. SANTIAGO
- III. CURACAVI
- IV. TALAGANTE
- V. MELIPILLA
- VI. MAIPO
- VII. CORDILLERA I
- VIII. CORDILLERA II

Los análisis y tabulaciones se muestran en Anexo II.

5.3 Análisis Sísmico.

El análisis sísmico efectuado corresponde a la determinación de las aceleraciones máximas incidentes en cada sitio de embalse, con el propósito de verificar la estabilidad pseudo-estática de cada muro de embalse.

El estudio se inicia con el análisis estadístico de los sismos incidentes en la Región Metropolitana, y de los períodos de retorno de cada uno de ellos. En función de la magnitud y frecuencia, se hace una selección de 2 sismos costeros (de placa) y 2 sismos cordilleranos (corticales), que representen la relación de destructividad y frecuencia planteada al inicio del informe.

Los sismos seleccionados son:

- a) Costero, ubicación $33^{\circ} 6'$ sur y $71^{\circ} 54'$ oeste; profundidad 30 km; magnitud Richter 7,8; período de retorno 43 años.
- b) Costero, ubicación 33° sur y $71^{\circ} 54'$ oeste; profundidad 15 km; magnitud Richter 6,5; período de retorno 6,3 años.
- c) Cordillerano, ubicación $33^{\circ} 12'$ Sur $70^{\circ} 30'$ oeste; profundidad 70 km; magnitud Richter 7,1; período de retorno 18,3 años.
- d) Cordillerano, ubicación $33^{\circ} 48'$ sur y $70^{\circ} 12'$ oeste; profundidad 10 km; magnitud Richter 6,7; período de retorno 10,3 años.

A partir de cada uno de los focos determinados, se calcula la aceleración máxima transmitida al embalse, en base a la ecuación de propagación propuesta por SCHAAD y SARAGONI en 1989.

El informe de detalle con esta información se presenta en el Anexo III.

5.4 Análisis General de Estabilidad.

El análisis de estabilidad desarrollado para cada uno de los muros de los tranques se ha elaborado en base a un programa computacional de REG Ingenieros. El programa denominado SLP.C, está basado en el método de análisis de mecanismos de falla planteado por Fellenius.

Las ecuaciones han sido replanteadas y complementadas con las consideraciones sísmicas y presión de poros, la que puede ser llevada incluso hasta alcanzar una presión efectiva de cero.

El programa revisa automáticamente todas las superficies de falla para una condición de análisis dada, describiendo la curva de variación del Factor de Seguridad para todas las opciones.

La principal ventaja de este análisis, es que permite efectuar una sensibilidad de todos los parámetros resistentes asignados al suelo de una forma rápida, haciendo que los posibles errores en la estimación de propiedades no sean importantes.

El análisis sísmico con este programa se hace para cada tranque, con combinaciones diferentes de parámetros, considerando estados de saturación en los casos que corresponda y para todas las aceleraciones sísmicas determinadas en la cartilla de resultados entregada conjuntamente con las planillas de análisis de riesgos.

Se ha seleccionado la situación que a juicio del Consultor, ha presentado la combinación más cercana a la realidad.

6. SISTEMA DE EVALUACION.

6.1 Desarrollo de Planillas Computacionales.

El sistema de análisis está compuesto por 6 planillas programadas en QUATTRO Profesional, las cuales contienen todos los datos necesarios para el análisis y constituyen la aplicación del método de análisis global.

Las planillas se denominan:

- Determinación de Acciones Desencadenantes.
- Evaluación de Vulnerabilidad para Eventos Sísmicos.
- Evaluación de Vulnerabilidad para Eventos de Escorrentía.
- Evaluación de Vulnerabilidad por Piping.
- Evaluación de Seguridad del Valle ante un Vaciamiento.
- Evaluación del Riesgo Total de la Presa.

Estas planillas electrónicas son automáticas y calculan los datos de caracterización general, dejando al operador la interpretación general del sistema.

En el Anexo IV se muestran el conjunto de planillas base a modo de facsímil.

6.2 Análisis de Eventos Desencadenantes.

Esta planilla contiene la ubicación geográfica de la presa, en conjunto con la ubicación de la cuenca. Los datos correspondientes son ingresados en la planilla general.

A partir de las relaciones y parámetros determinados en los estudios sísmicos e hidrológico, se completan en forma automática los caudales afluentes para los períodos de retorno 10, 100 y 10.000 años. En la segunda parte, se calculan también automáticamente las aceleraciones sísmicas, conforme a las ecuaciones de atenuación indicadas en el estudio sísmico indicado.

Esta planilla cumple con entregar todos los parámetros base de análisis en lo que se refiere a los eventos desencadenantes de falla en la obra analizada.

6.3 Análisis de Vulnerabilidad.

Este análisis se realiza en forma separada para los dos tipos de eventos desencadenantes, es decir, para los sismos y para las crecidas afluentes.



6.3.1 Vulnerabilidad por Aceleración Sísmica.

Esta planilla contiene en su inicio la geometría general de la presa, la cual es tomada directamente de las planillas de recolección de datos y en forma más importante de los croquis de la obras realizadas en terreno.

La caracterización del material constructivo se hace tomando en consideración la calificación previa hecha en terreno, la cual es verificada con el material de muestra tomada en sitio.

Como reiteración de los datos de trabajo y con el fin de dar una visión global, se muestran también las aceleraciones sísmicas que se requieren en el análisis.

El paso siguiente es realizar el análisis sísmico tal como se indica en el punto 5.3, cuyos resultados indicarán si existe o no falla en cada caso y cual es el lugar geométrico en que esta falla se produce.

La calificación del riesgo se hace conforme al criterio establecido en el Anexo I del presente informe y cuyo extracto se muestra en el punto III de la planilla.

Finalmente, se entrega la vulnerabilidad de la presa o probabilidad de vaciamiento ante cada uno de estos eventos en conjunto con los comentarios pertinentes.

6.3.2 Vulnerabilidad por Crecidas Afluentes.

Esta planilla contiene el análisis de la capacidad de evacuación de las obras de la presa, que permitan determinar la probabilidad de sobrepasamiento del muro ante alguna de las crecidas analizadas.

En esta planilla se caracteriza completamente el sistema de evacuación, es decir, el vertedero, canal de descarga y la obra de entrega, la que se supone puede participar ante el riesgo de sobrepasamiento del muro.

Esta primera parte concluye con la determinación de la capacidad de evacuación de agua a través de las obras citadas. La capacidad es determinada en dos escenarios: cumpliendo con la capacidad nominal o de diseño de las obras y ocupando como carga hidráulica toda la altura de revancha que disponga la presa.

Las capacidades determinadas anteriormente son ponderadas por la calidad de los materiales constitutivos de la obra de evacuación, atendiendo a los efectos de una probable erosión durante la ocurrencia de una crecida.

En la segunda parte de la planilla se entregan los caudales estimados de crecida, para facilitar la comparación.

En la tercera parte se estima la vulnerabilidad o probabilidad de falla por vaciamiento, en función del criterio establecido en el Anexo I del presente informe.

6.3.3 Vulnerabilidad por Piping.

En la primera parte de esta planilla se incluyen los datos físicos del embalse con el propósito de determinar el tiempo de estabilización del flujo.

Posteriormente en la segunda parte se determina la probabilidad de ocurrencia del evento en función del periodo de servicio, para ello se compara el tiempo de estabilización del flujo versus el periodo de servicio del embalse.

En la tercera parte se estima la probabilidad de falla del muro por Piping en función del estado actual del embalse.

6.4 Análisis de Impacto al Valle.

En esta planilla se efectúa una completa caracterización del valle hacia aguas abajo, principalmente en lo que respecta a las distancias a que se encuentran los centros poblados o las obras de infraestructura. Esta distancia se ha separado en la medición por el cauce y perpendicular al cauce, de modo que se pueda hacer claro discernimiento de si se encuentra el punto en el área de inundación.

En la segunda parte se establecen las características de la onda de crecida producida por el eventual vaciamiento. La metodología de cálculo de esta crecida está indicada en el punto 4 de este informe.

En la parte III de la planilla se estima el efecto o probabilidad de daño en el valle tanto para las personas como para los bienes. Se adjuntan los comentarios pertinentes del caso. El criterio de asignación de riesgo corresponde al mostrado en el Anexo I.

6.5 Determinación del Riesgo Total.

La planilla final del sistema permite calcular automáticamente el riesgo total de la presa. En su parte inicial establece las magnitudes de los eventos y sus probabilidades de ocurrencia,

seguida de la vulnerabilidad de la presa para cada evento y el riesgo de daño al valle.

En la parte II de la planilla se muestra la matriz de resultados para el análisis descrito.

En esta matriz se muestra en forma completa la relación entre los eventos y el riesgo final a las personas y a los bienes.

Se reserva un espacio para comentarios finales.

7. RESULTADOS.

7.1 Interpretación del Riesgo Resultante.

El riesgo final determinado con la Metodología descrita establece la probabilidad de que se produzca un determinado evento, que la presa falle con dicho evento dada su estructuración y que, habiéndose producido el vaciamiento, se produzcan daños en el valle a las personas o a los bienes.

La probabilidad condicionante es el periodo de retorno del evento desencadenante, la cual se calcula para periodos anuales, es decir, es la probabilidad de que el evento ocurra cada año para una serie dada.

El riesgo final es entonces también anual, por lo que puede interpretarse como su recíproco, es decir, como el periodo dentro del cual el embalse fallará. Esta forma de analizar el riesgo es muy coherente y de fácil interpretación, mas aún, permite la comparación con la vida útil esperada de las obras al momento de su diseño.

Por otra parte, el esquema de calificación y asignación de riesgos es subjetivo, vale decir, aunque es mejor que una calificación directa a sola inspección, tiene un margen de variabilidad que está

sujeto a criterio del diseñador del sistema. No obstante, no puede negarse que el riesgo relativo entre los diversos embalses es verdadero y que es posible por lo tanto efectuar a futuro, una normalización para asumir una base de comparación efectiva o acorde con otros métodos.

En cuanto al tipo de riesgo, es decir, si la falla afectará a personas, bienes o servicios, se dispone de una tabulación independiente de cada caso, lo cual permite también una interpretación o calificación de la importancia de cada resultado obtenido o hace una comparación entre embalses dentro de cada ámbito.

7.2 Definición de Rangos de Seguridad.

Conforme a la Metodología empleada, se puede hacer una calificación de los riesgos resultantes en cada caso, con el objeto de determinar el nivel de las medidas que deban tomarse en cada caso.

En términos generales se pueden sugerir los siguientes rangos de calificación del nivel de riesgo.

PERIODO DE FALLA CALCULADO (F) [años]	NIVEL DE RIESGO	MEDIDAS RECOMENDADAS
$F > 50$	Bajo	Ninguna
$20 < F \leq 50$	Medio	Revisar el mecanismo de falla
$10 < F \leq 20$	Alto	Revisar la evaluación y en caso de mantenerse el resultado, hacer estudio especial para la obra.
$F \leq 10$	Muy alto	Acción inmediata en la revisión de la obra en sitio y determinación de limitación operacionales

Dentro del alcance de los trabajos ofrecidos por REG está la revisión desde el punto de vista de la aplicación del sistema de los casos contenidos en las calificaciones media y alta. En los casos que lo aumenten se llamará a una segunda visita a terreno en compañía del Jefe de Proyecto, para asegurar que las determinaciones realizadas son correctas.

7.3 Conclusiones.

En las hojas adjuntas se entregan las planillas finales, que resumen y califican la seguridad de los embalses analizados. Estas planillas muestran el riesgo final, mirado desde el punto de vista del período de falla asignado a cada obra ($1/p$).

En relación a las obras que presentan calificación de riesgo alto, luego de la revisión de la aplicación del método y de la eventual visita a la obra (si se estima necesaria), el Consultor Jefe de REG Ing. sr. Ricardo Edwards, emitirá un comentario y recomendación respecto a la solución técnica u operacional a dar a la obra, de modo de llevarla a niveles de operación seguros.

El método de análisis ocupado en este estudio no es ajeno a la parte subjetiva que involucra la evaluación de seguridad de un embalse, pero esto se trata de minimizar con la postulación de un método del tipo estadístico que permite desglosar el riesgo final sobre la presa en ciertos componentes básicos como lo son la acción desencadenante, la probabilidad de falla en la estructura y los efectos que el vaciamiento del embalse tendría en su entorno.

Este método de análisis es un ordenamiento claro e independiente entre las causas y efectos permitiendo evaluar el impacto de cada uno de ellos en forma separada. Como resultado final indica que el riesgo involucrado es una probabilidad de ocurrencia.

NOTA GENERAL :

Los casilleros de observación ubicados al pie de las hojas de evaluación son de carácter general y sólo fueron usados en aquellos casos en que hubo circunstancias especiales que destacar.

Síntesis de riesgos críticos

Sector o cuenca **CHACABUCO**

Número registro	Código	Cuenca	Sub cuenca	Nombre de la presa	Resumen general							
					Datos físicos		Evento más crítico		Riesgo máximo asociado			
					Altura muro	Volumen embalse	Tipo	Período retorno	Daño a Personas	Daño a suelo Agrícola	Daño a Infraestructura	Pérdida Servicio Riego
					(m)	(Mm3)		(años)	(% anual)	(% anual)	(% anual)	(% anual)
367		Maipo	Río Mapocho	SAN BERNARDO	2.5		SISMO	6	0.16	0.75	0.16	0.04
368		Aconcagua	Río Aconcagua	LOS TALAVERAS	4.0	40	ESCORRENTIA	10	1.90	9.03	1.90	0.48
369		Aconcagua	Río Aconcagua	VICTORIA 1	9.0	100	ESCORRENTIA	100	0.76	0.90	0.76	0.05
370		Aconcagua	Río Aconcagua	TAHULTACA	2.7	7	ESCORRENTIA	10	7.60	9.03	4.75	0.48
371		Aconcagua	Río Aconcagua	LOS MUERTOS	4.5	18	SISMO	6	0.63	0.75	0.63	0.04
372		Aconcagua	Río Aconcagua	VICTORIA 2	6.2	50	ESCORRENTIA	10	4.75	9.03	8.08	9.03
373		Aconcagua	Río Aconcagua	LOS CANELOS	7.2	70	ESCORRENTIA	10	8.08	9.03	8.08	0.48
374		Aconcagua	Río Aconcagua	LA PREFERIDA	6.8	90	ESCORRENTIA	10	5.70	9.03	8.08	0.48
375		Aconcagua	Río Aconcagua	LA TEJADA	5.5	30	ESCORRENTIA	10	1.90	9.03	6.65	0.48
376		Aconcagua	Río Aconcagua	ANCONA	4.0	8	ESCORRENTIA	10	1.90	9.03	4.75	0.48
377		Aconcagua	Río Aconcagua	SANTA ELISA	5.7	30	ESCORRENTIA	10	0.80	3.80	1.00	0.20
378		Maipo	Río Mapocho	PARPALEN 1	5.5	80	ESCORRENTIA	10	1.90	8.08	1.43	0.48
379		Maipo	Río Mapocho	PARPALEN 2	6.3	20	ESCORRENTIA	10	1.43	0.95	0.95	0.48
380		Maipo	Río Mapocho	QUILAPILUN 1	3.8	30	ESCORRENTIA	10	7.60	7.60	5.70	0.48
381		Maipo	Río Mapocho	QUILAPILUN 2	4.0	30	ESCORRENTIA	10	5.70	7.60	6.65	0.48
382		Maipo	Río Mapocho	SANTA ADRIANA 1	1.8	10	ESCORRENTIA	10	3.00	4.00	1.00	0.25
383		Maipo	Río Mapocho	SANTA ADRIANA 2	2.5	12	ESCORRENTIA	10	3.50	4.00	1.00	0.25
384		Maipo	Río Mapocho	SANTA ADRIANA 3	2.8	40	ESCORRENTIA	10	2.50	4.00	1.25	0.25
385		Aconcagua	Río Aconcagua	LA REPRESA	2.1	25	ESCORRENTIA	10	5.70	9.03	7.60	0.48
386		Aconcagua	Río Aconcagua	LOS POZOS	3.2	50	ESCORRENTIA	100	0.90	0.90	0.48	0.05
387		Aconcagua	Río Aconcagua	GUAYACAN	11.2	350	PIPING	7	11.40	12.83	11.40	13.54
388		Maipo	Río Mapocho	QUILAPILUN GRANDE	5.5	200	ESCORRENTIA	10	6.65	8.55	7.60	0.00
389		Maipo	Río Mapocho	QUILAPILUN CHICO	2.5	20	ESCORRENTIA	10	4.75	6.65	1.90	0.48
390		Maipo	Río Mapocho	PELDEHUE 1	6.5	100	ESCORRENTIA	10	8.55	7.60	7.60	0.48
391		Maipo	Río Mapocho	PELDEHUE 2	7.5	135	ESCORRENTIA	10	8.55	9.03	7.6	9.03
392		Maipo	Río Mapocho	VILLA PELDEHUE	2.5	2	SISMO	6	6.32	6.32	6.32	6.32
393		Maipo	Río Mapocho	REINA NORTE	5.8	90	ESCORRENTIA	10	7.6	9.03	7.6	9.03
394		Maipo	Río Mapocho	REINA SUR	4.3	10	SISMO	6	0.64	0.76	0.76	0.76
395		Maipo	Río Mapocho	SANTA FILOMENA	5.7	125	SISMO	6	0.64	0.76	0.76	0.76
396		Maipo	Río Mapocho	SAN LUIS	4	65	SISMO	6	0.64	0.76	0.76	0.76
397		Maipo	Río Mapocho	SANTA ESTER	3.3	25	SISMO	6	0.76	0.76	0.76	0.76
398		Maipo	Río Mapocho	2001	2.7	20	ESCORRENTIA	10	4.75	9.03	1.9	9.03
399		Maipo	Río Mapocho	SANTA ELENA	2.3	75	SISMO	6	0.4	0.76	0.16	0.76
400		Maipo	Río Maipo	SANTA MARTA	6.3	330	PIPING	1	4.51	4.51	0.95	4.51
402		Maipo	Río Mapocho	SANTA LAURA	12.5	40	ESCORRENTIA	10	4.75	9.03	1.9	9.03
410		Maipo	Río Mapocho	LO FONTECILLA	3.5	20	ESCORRENTIA	10	7.6	9.03	9.03	9.03
421		La Ligua	Est. La Ligua	RUNGUE	3.1	12	SISMO	6	0.76	0.40	0.24	0.04
403		La Ligua	Est. La Ligua	HUECHUN	2.2	45	ESCORRENTIA	100	0.90	0.90	0.90	0.90

Resumen del sector

Mayor altura (m): 12.5 Mayor riesgo (% anual): 13.54
 Mayor volumen (Mm3): 350 Período crítico (años): 7

Nota: El periodo se calcula en valor 1R, que equivale al periodo de falla probable de la obra

* El riesgo de este embalse está determinado por una posible falla del embalse, que está ubicado aguas arriba de éste

Calificación de riesgos

Sector o cuenca

CHACABUCO

Nombre de la presa	ESTADO OPERACIONAL	Resumen general							
		Datos físicos		Evento más crítico		Período de falla calculado / Calificación			
		Altura muro	Volumen embalse	Tipo	Período retorno	Daño a Personas	CALIFICACION	Daño a suelo Agrícola	CALIFICACION
		(m)	(Mm3)		(años)	(años)		(años)	
SAN BERNARDO	EN USO	2.5		SISMO	6	625	bajo	133	bajo
LOS TALAVERAS	EN USO	4.0	40	ESCORRENTIA	10	53	bajo	11	alto
VICTORIA 1	EN USO	9.0	100	ESCORRENTIA	100	132	bajo	111	bajo
TAHULTACA	EN USO	2.7	7	ESCORRENTIA	10	13	alto	11	alto
LOS MUERTOS	EN USO	4.5	18	SISMO	6	159	bajo	133	bajo
VICTORIA 2	EN USO	6.2	50	ESCORRENTIA	10	21	medio	11	alto
LOS CANELOS	EN USO	7.2	70	ESCORRENTIA	10	12	alto	11	alto
LA PREFERIDA	EN USO	6.8	90	ESCORRENTIA	10	18	alto	11	alto
LA TEJADA	EN USO	5.5	30	ESCORRENTIA	10	53	bajo	11	alto
ANCONA	EN USO	4.0	8	ESCORRENTIA	10	53	bajo	11	alto
SANTA ELISA	EN USO	5.7	30	ESCORRENTIA	10	125	bajo	26	medio
PARPALEN 1	EN USO	5.5	80	ESCORRENTIA	10	53	bajo	12	alto
PARPALEN 2	EN USO	6.3	20	ESCORRENTIA	10	70	bajo	105	bajo
QUILAPILUN 1	EN USO	3.8	30	ESCORRENTIA	10	13	alto	13	alto
QUILAPILUN 2	EN USO	4.0	30	ESCORRENTIA	10	18	alto	13	alto
SANTA ADRIANA 1	EN USO	1.8	10	ESCORRENTIA	10	33	medio	25	medio
SANTA ADRIANA 2	EN USO	2.5	12	ESCORRENTIA	10	29	medio	25	medio
SANTA ADRIANA 3	EN USO	2.8	40	ESCORRENTIA	10	40	medio	25	medio
LA REPRESA	EN USO	2.1	25	ESCORRENTIA	10	18	alto	11	alto
LOS POZOS	EN USO	3.2	50	ESCORRENTIA	100	111	bajo	111	bajo
GUAYACAN	EN USO	11.2	350	PIPING	7	9	muy alto	8	muy alto
QUILAPILUN GRANDE	EN USO	5.5	200	ESCORRENTIA	10	15	alto	12	alto
QUILAPILUN CHICO	EN USO	2.5	20	ESCORRENTIA	10	21	medio	15	alto
PELDEHUE 1	EN USO	6.5	100	ESCORRENTIA	10	12	alto	13	alto
PELDEHUE 2	EN USO	7.5	135	ESCORRENTIA	10	12	alto	11	alto
VILLA PELDEHUE	EN USO	2.5	2	SISMO	6	16	alto	16	alto
REINA NORTE	EN USO	5.6	90	ESCORRENTIA	10	13	alto	11	alto
REINA SUR	EN USO	4.3	10	SISMO	6	156	bajo	132	bajo
SANTA FILOMENA	EN USO	5.7	125	SISMO	6	156	bajo	132	bajo
SAN LUIS	EN USO	4.0	65	SISMO	6	156	bajo	132	bajo
SANTA ESTER	EN USO	3.3	25	SISMO	6	132	bajo	132	bajo
2001	EN USO	2.7	20	ESCORRENTIA	10	21	medio	11	alto
SANTA ELENA	EN USO	2.3	75	SISMO	6	250	bajo	132	bajo
SANTA MARTA	EN USO	6.3	330	PIPING	1	22	medio	22	medio
SANTA LAURA	EN USO	12.5	40	ESCORRENTIA	10	21	medio	11	alto
LO FONTECILLA	EN USO	3.5	20	ESCORRENTIA	10	13	alto	11	alto
RUNGUE	EN USO	3.1	12	SISMO	6	132	bajo	250	bajo
HUECHUN	EN USO	2.2	45	ESCORRENTIA	100	111	bajo	111	bajo

(*) El riesgo de este embalse esta determinado por una posible falla del embalse, que esta ubicado aguas arriba de éste.

Síntesis de riesgos críticos

Sector o cuenta

SANTIAGO

[illegible]

Resumen del sector

Mayor altura (m):

20.5 Mayor riesgo (% anual):

27.07

Mayor volumen (Mm3):

4000 Período crítico (años):

4

NOTA: puede analizarse el valor $1/R$, que equivale al periodo de falla probable de la obra

*) El riesgo de este embalse esta determinado por una posible falla del embalse que esta ubicado aguas arriba de éste



Sector o cuenca

SANTIAGO

[illegible]

(*)

(*) El riesgo de este embalse esta determinado por una posible falla del embalse, que esta ubicado aguas arriba de éste.

Síntesis de riesgos críticos

Sector o cuenca

CURACAVI

Número registro	Código	Cuenca	Sub cuenca	Nombre de la presa	Resumen general							
					Datos físicos		Evento más crítico		Riesgo máximo asociado			
					Altura muro	Volumen embalse	Tipo	Período retorno	Daño a Personas	Daño a suelo Agrícola	Daño a Infraestructura	Pérdida Servicio Riego
					(m)	(Mm3)		(años)	(% anual)	(% anual)	(% anual)	(% anual)
414		Maipo	Río Mapocho	LO ESTRELLA	3.0	30	ESCORRENTIA	10	9.03	9.03	4.75	9.03
415		Aconcagua	Río Aconcagua	SANTA ELENA	3.8	25	ESCORRENTIA	10	4.75	4.75	4.75	4.75
416		Aconcagua	Río Aconcagua	MIRAFLORES DE CURACAVI	4.5	35	SISMO	6	0.76	0.76	0.64	0.76
417		Maipo	Río Mapocho	SANTA INES	3.6	15	ESCORRENTIA	10	8.55	9.03	9.03	9.03
418		Maipo	Río Mapocho	CERRILLOS	4.0	20	SISMO	6	0.64	0.74	0.64	0.74
419		Maipo	Río Mapocho	ORDEN Y PATRIA	4.0	20	ESCORRENTIA	10	4.00	4.75	4.00	4.75
420		Maipo	Río Mapocho	MALALHUE	2.0	20	SISMO	6	0.64	0.76	0.40	0.76
421		Maipo	Río Mapocho	EL LUCHADOR	3.6	35	SISMO	6	0.64	0.76	0.40	0.76
422		Maipo	Río Mapocho	LA ENGORDITA	4.0	26	PIPING	20	1.75	2.25	1.25	2.38
423		Maipo	Río Mapocho	LAS VACAS	3.4	250	ESCORRENTIA	10	0.95	6.65	0.48	9.03
424		Maipo	Río Mapocho	EL LLANO	2.6	30	SISMO	6	0.08	0.40	0.40	0.76
425		Maipo	Estero Puangue	LOS FRUTALES	2.0	50	ESCORRENTIA	10	2.00	4.75	1.00	0.00
426		Maipo	Río Mapocho	LOS MELLIZOS DE CHOROMBO	4.3	25	SISMO	6	0.40	0.76	0.40	0.76
427		Maipo	Río Mapocho	LOS MELLIZOS DE BOLLENAR	4.0	25	SISMO	6	0.40	0.76	0.40	0.76
428		Maipo	Estero Puangue	LOLEO	17.2	500	ESCORRENTIA	10	9.03	9.03	5.70	9.03
429		Maipo	Estero Puangue	LOS ANGELES	6.0	200	PIPING	5	15.20	18.05	9.50	18.05
430		Maipo	Río Mapocho	EL MANDARINO	6.2	15	ESCORRENTIA	10	4.75	9.03	4.75	9.03
431		Maipo	Río Mapocho	EL PAVO	4.1	30	PIPING	20	0.50	0.95	0.50	0.95
432		Maipo	Río Mapocho	GIBRALTAR	8.3	60	ESCORRENTIA	10	5.70	9.03	5.70	9.03
433		Maipo	Río Mapocho	EL MAITEN	2.2	10	ESCORRENTIA	10	9.03	9.03	4.75	9.03
434		Maipo	Río Mapocho	SAN PATRICIO	6.4	15	ESCORRENTIA	10	7.60	9.03	4.75	9.03
435		Maipo	Río Mapocho	EL QUILLAY	8.0	20	ESCORRENTIA	10	3.20	3.80	2.40	3.80
436		Maipo	Río Mapocho	EL AJI	4.7	20	ESCORRENTIA	10	2.85	2.85	2.10	2.85
445		Maipo	Estero Puangue	CHON-CHON	10.0	20	PIPING	5	5.70	5.70	1.90	18.05
446		Maipo	Estero Puangue	EL TRANQUE	4.5	40	ESCORRENTIA	10	3.80	9.03	3.80	9.03

Resumen del sector

Mayor altura (m)

17.2 Mayor riesgo (% anual):

18.05

Mayor volumen (Mm3):

500 Período crítico (años):

6

NOTA: por lo analizado el valor 1-R que equivale al período de falla probable de la obra.

Calificación de riesgos

Sector o cuenca

CURACAVI

Nombre de la presa	ESTADO OPERACIONAL	Resumen general							
		Datos físicos		Evento más crítico		Período de falla calculado / Calificación			
		Altura muro	Volumen embalse	Tipo	Período retorno	Daño a Personas	CALIFICACION	Daño a suelo Agrícola	CALIFICACION
		(m)	(Mm3)		(años)	(años)		(años)	
LO ESTRELLA	EN USO	3.0	30	ESCORRENTIA	10	11	alto	11	alto
SANTA ELENA	EN USO	3.8	25	ESCORRENTIA	10	21	medio	21	medio
MIRAFLORES DE CURACAVI	EN USO	4.5	35	SISMO	6	132	bajo	132	bajo
SANTA INES	EN USO	3.6	15	ESCORRENTIA	10	12	alto	11	alto
CERRILLOS	EN USO	4.0	20	SISMO	6	156	bajo	135	bajo
ORDEN Y PATRIA	EN USO	4.0	20	ESCORRENTIA	10	25	medio	21	medio
MALALHUE	EN USO	2.0	20	SISMO	6	156	bajo	132	bajo
EL LUCHADOR	EN USO	3.6	35	SISMO	6	156	bajo	132	bajo
LA ENGORDITA	EN USO	4.0	26	PIPING	20	57	bajo	44	medio
LAS VACAS	EN USO	3.4	250	ESCORRENTIA	10	105	bajo	15	alto
EL LLANO	EN USO	2.6	30	SISMO	6	1250	bajo	250	bajo
LOS FRUTALES	EN USO	2.0	50	ESCORRENTIA	10	50	medio	21	medio
LOS MELLIZOS DE CHOROMBO	EN USO	4.3	25	SISMO	6	250	bajo	132	bajo
LOS MELLIZOS DE BOLLENAR	EN USO	4.0	25	SISMO	6	250	bajo	132	bajo
LOLEO	EN USO	17.2	500	ESCORRENTIA	10	11	alto	11	alto
LOS ANGELES	EN USO	6.0	200	PIPING	5	7	muy alto	6	muy alto
EL MANDARINO	EN USO	6.2	15	ESCORRENTIA	10	21	medio	11	alto
EL PAVO	EN USO	4.1	30	PIPING	20	200	bajo	105	bajo
GIBRALTAR	EN USO	8.3	60	ESCORRENTIA	10	18	alto	11	alto
EL MAITEN	EN USO	2.2	10	ESCORRENTIA	10	11	alto	11	alto
SAN PATRICIO	EN USO	6.4	15	ESCORRENTIA	10	13	alto	11	alto
EL QUILLAY	EN USO	8.0	20	ESCORRENTIA	10	31	medio	26	medio
EL AJI	EN USO	4.7	20	ESCORRENTIA	10	35	medio	35	medio
CHON-CHON	EN USO	10.0	20	PIPING	5	18	alto	18	alto
EL TRANQUE	EN USO	4.5	40	ESCORRENTIA	10	26	medio	11	alto

Síntesis de riesgos críticos

Sector o cuenta

TALAGANTE

[illegible]

Resumen del sector

Mayor altura (m):

3.6 Mayor nesgo (% anual):

9.03

Mayor volumen (Mm3)

15. Periodo critico (años):

11

En el EA puede analizarse el valor $1/R$ que equivale al período de falla probable de la obra.

Calificación de riesgos

Sector o cuenca

TALAGANTE

[illegible]

Síntesis de riesgos críticos

Sector o cuenca

MELIPILLA

[illegible]

Resumen del sector

Mayor altura (m):

14.0 Mayor riesgo (% anual):

27.07

Mayor volumen (Mm3)

130 Período crítico (años):

NOTA. puede analizarse el valor 1 R, que equivale al periodo de falla probable de la obra.

MELIPILLA

Sector o cuenta

[illegible]

IMAPO

Resumen del sector

NOTA: puede analizarse el valor $1/R$, que equivale al período de falla probable de la obra.

Calificación de riesgos

Sector o cuenca

MAIPO

[illegible]

Síntesis de riesgos críticos

Sector o cuenca	CORDILLERA I
-----------------	--------------

CORDILLERA I

[illegible]

Resumen del sector	Mayor altura (m):	28.7	Mayor riesgo (% anual):	9.03
--------------------	-------------------	------	-------------------------	------

NOTA: puede analizarse el valor $1/R$, que equivale al periodo de falla probable de la obra.

Calificación de riesgos

Sector o cuenca

CORDILLERA I

[illegible]

Síntesis de riesgos críticos

Sector o cuenca

CORDILLERA II

[illegible]

Resumen del sector

Mayor altura (m):

62.0 Mayor riesgo (% anual):

0.76

Mayor volumen (Mm3):

220000 Periodo crítico (años):

132

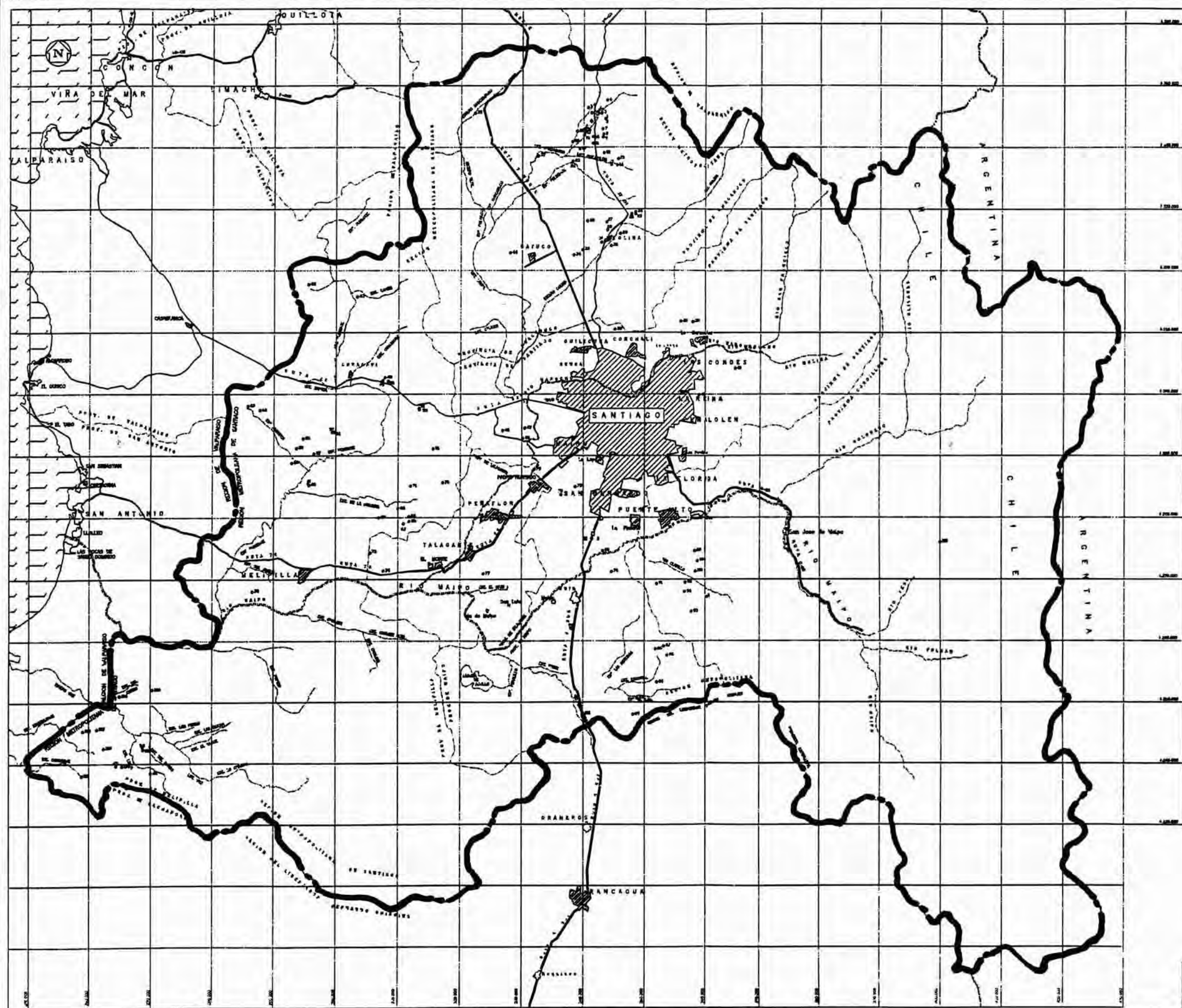
N.º 14: puede analizarse el valor 1 R, que equivale al periodo de falla probable de la obra

CORDILLERA II

CORDILLERA II

[illegible]

A continuación se presenta, a modo de resumen gráfico, un Plano General de la Región Metropolitana escala 1:250.000 (reducido a tamaño doble carta), que muestra todos los tranques analizados, indicando mediante un código de colores en nivel de riesgo determinado. Este plano, de gran importancia para la visualización del estudio, se envía también en su versión original (formato especial) y en copia magnética como archivo AUTOCAD (se adjunta diskette con información indicada).



ELEVACIONES	
Altura en metros	Altura en pies
0	0
100	328
200	656
300	984
400	1312
500	1640
600	1968
700	2296
800	2624
900	2952
1000	3280

NOTA: La altitud indicada en esta carta es la altura sobre el nivel del mar.



DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
OPTO. DE ESTUDIOS Y PLANEACIÓN

16-002-001

PROYECTO: ... FECHA: ... ELABORADO POR: ... REVISADO POR: ... APROBADO POR: ...	ESTADO DE AVANCE: ... FECHA DE ENTREGA: ... FECHA DE RECEPCIÓN: ... FECHA DE PAGAMENTO: ...
--	---

A N E X O I

**DESCRIPCION DE PLANILLAS
DE TERRENO**



A N E X O I

ESTUDIO DE CATASTRO E INSPECCION PRELIMINAR DE EMBALSES II ETAPA, REGION METROPOLITANA

DESCRIPCION DE PLANILLAS DE TERRENO

I N D I C E

	Página
1. UBICACION DE PRESA	I.1
2. TAMAÑO DEL EMBALSE	I.2
3. DESCRIPCION DEL MURO	I.2
4. ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCION	I.3
5. OBRAS DE EVACUACION	I.4
6. CANALES AFLUENTES	I.5
7. CARACTERIZACION DEL CAUCE Y USO DEL SUELO AGUAS ABAJO	I.6
8. TOPOGRAFIAS	I.7
9. MONOGRAFIAS	I.7
10. OBSERVACIONES	I.8
11. GUIA PARA CARACTERIZACION DE SUELOS	I.9
11.1 DEFINICIONES	I.9
11.2 CARACTERIZACION	I.9

A N E X O I

ESTUDIO DE CATASTRO E INSPECCION

PRELIMINAR DE EMBALSES

II ETAPA. REGION METROPOLITANA

GUIA PARA EL LLENADO DE LA PLANILLA
DE DATOS

1. UBICACION DE PRESA.

Conforme a la información requerida por el catastro, se requirió definir con la máxima precisión la ubicación del embalse, tanto desde el punto de vista geográfico, como desde el punto de vista de los accesos posibles al sector. Esta información debió contener por lo menos lo siguiente desde el punto de vista del análisis de riesgos:

- Nombre de la presa.
- Código DGA
- Rol de la propiedad.
- Nombre del propietario.
- Comuna.
- Sector rural.
- Posición relativa al poblado más cercano.

2. TAMAÑO DEL EMBALSE.

Se requirió definir con la máxima precisión el tamaño del embalse, tanto desde el punto de vista de la información del propietario o verificar esta información. Como mínimo se debió informar:

- Altura máxima del muro.
- Volumen declarado o proyectado.
- Ancho máximo de la poza.
- Largo de la poza.
- Profundidad máxima real de agua en sector del muro.
- Area estimada o calculada de la poza.

3. DESCRIPCION DEL MURO

Se indicaron todas las características que permitan vislumbrar las dimensiones y las características estructurales de la presa, con el objeto de poder calcular en forma aproximada su capacidad resistente ante solicitaciones externas. Los datos recolectados son de 2 tipos: los datos dimensionales, los que se tomaron con huincha y con eclímetro y los datos de caracterización del material en cuanto a su granulometría y su plasticidad. Conjuntamente, se tomó una muestra del suelo representativo de un tamaño similar a 1/2 kilo, la que fue rotulada y colocada en una bolsa de polietileno transparente, La muestra fue tomada de un sitio

representativo y a una profundidad en que no se vio influida por la capa vegetal actual o por carpetas de camino sobre el embalse. Se consideraron los siguientes datos a recolectar:

- Tipo de material de construcción (clasificación según tabla adjunta)
- Toma de muestra del suelo (preferentemente en el centro del muro)
- Altura máxima del muro.
- Largo del coronamiento.
- Ancho de coronamiento.
- Talud de aguas arriba.
- Talud de aguas abajo.
- Revancha mínima en relación a la cota máxima de aguas conocida.
- Revancha mínima en relación al umbral de las obras de evacuación de emergencia (vertedero).

4. ESTADO DEL MURO Y CALIDAD DE CONSTRUCCION.

En este punto se debió considerar los antecedentes referidos a la calidad de construcción y al estado de conservación de la obra en la actualidad. El inspector debió hacer un recorrido a lo largo de la presa, con el fin 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. En particular se consideró:

- Método probable de Construcción.
- 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.

5. OBRAS DE EVACUACION

En esta sección se pretende definir claramente el tipo de obra de evacuación, su estructuración y material constructivo y su capacidad máxima real. Para este fin se debió revisar los planos de diseño y hacer un bosquejo del diseño original y sus dimensiones, debiéndose corroborar esta información con los datos reales que se tomaron en terreno. En los casos en que no exista información de proyecto, se debió hacer un bosquejo con las

dimensiones medidas en terreno. Cabe destacar que estos datos permitieron establecer la posibilidad efectiva de evacuar la crecida de análisis considerada. Los datos que se consignó son:

- Tipo de vertedero.
- Material constructivo.
- Estado de conservación y operatividad.
- Dimensiones relevantes (ancho, altura y carga máxima de operación).
- Capacidad máxima de diseño.
- Tipo de obra de descarga (agua de riego).
- Capacidad máxima nominal.

6. CANALES AFLUENTES.

En muchos embalses que tienen una hoya tributaria pequeña o cuyo aporte principal sea por canales derivados de una red superior, la crecida máxima afluente se verá muy influida por el aporte de estos canales, los que a su recorrido recogerán aportes hasta su capacidad máxima, entregándolos a la poza del tranque analizado. Los datos a consignados son:

- Nombre de cada uno de los canales afluentes.
- Capacidad máxima nominal de cada uno de ellos.
- Indicación de la existencia de by-pass en la alimentación.

7. CARACTERIZACION DEL CAUCE Y USO DEL SUELO AGUAS ABAJO.

En este punto se pretendió 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 y 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 requeridos son:

- Tipo de cauce natural o artificial aguas abajo por donde escurriría la eventual onda de crecida.
- Tipo de terreno del cauce.
- Pendiente media del cauce.
- Ancho medio del cauce.
- Distancia hacia centros poblados medidos por el cauce desde el tranque.
- 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.
- Area de riego servida por el tranque analizado.

8. FOTOGRAFIAS.

Se tomó en cada tranque un número de fotografías estándar, las que tuvieron una cobertura mínima especificada y lugares de toma únicos en relación al muro de la presa. Las fotografías contienen:

- Panorámica aguas arriba desde el centro del muro.
- Panorámica aguas abajo desde el centro del muro.
- Vista del muro desde el extremo derecho.
- Vista del talud de aguas abajo desde el extremo derecho.
- Vista del talud de aguas abajo desde aguas abajo.
- Vista de las obras de evacuación y/o de toma.

9. MONOGRAFIA.

Se contempla la confección de un croquis a mano alzada para cada tranque, en que se muestre como mínimo:

- Planta del muro (forma y dimensiones).
- Sección transversal del muro en la zona con menor revancha y con mayor revancha, indicando sus taludes respecto a la horizontal.
- Croquis de la obra de evacuación y dimensiones.

- Indicación en la planta del muro del sitio de toma de la muestra.
- Indicación de la forma del coronamiento en una sección longitudinal.

10. OBSERVACIONES

Debió consignarse cualquier dato de importancia en relación al tranque que no haya sido incluido en esta inspección. También debió indicarse las rutas de acceso principales y alternativas y la o las personas encargadas de su operación. Por ejemplo:

- Accidentes ocurridos en la presa.
- Identificación de potenciales inestabilidades de las laderas continuas en la poza.
- Datos sobre reparaciones realizadas.

. GUIA PARA CARACTERIZACION DE SUELOS.

11.1 Definiciones

* Según Tamaño:

Bloques : Clastos de diámetro mayor que 4 pulgadas.
Grava : Clastos de diámetro mayor que 5 mm.
Arena : Granos de diámetro entre 0.1 mm y 5.0 mm.
Finos : Partículas de diámetro bajo 0.1 mm.

* Según Características Físicas:

Limos : Partículas finas de baja plasticidad.
Arcillas : Partículas finas de alta plasticidad.

11.2 Caracterización

El tipo de suelo se definió en función del tamaño de granos más abundante en el volumen total, añadiendo los nombres de los que siguen con el mismo criterio.

SIMBOLOGIA	T I P O D E S U E L O
Ba	Bloques angulosos
Br	Bloques redondeados
G	Grava
GA	Grava arenosa con pocos finos
GAL	Grava arenosa con finos limosos o arcillosos que no altera su estructura principalmente granular
LGA	Mezcla de grava y arenas en matriz de finos
Af	Arena uniforme fina
Ag	Arena uniforme gruesa
A	Arena bien graduada y arena con grava
AG	Arena con finos que no alteran la estructura granular
AL	Arena con finos que alteran la predominancia granular
Lb	Limo de baja plasticidad
Lm	Limo de plasticidad media a alta
Cb	Arcilla de baja plasticidad
Cm	Arcilla de plasticidad media
Ca	Arcilla de plasticidad alta
Lo	Finos de origen orgánico
T	Turba
F	Fango

CUADRO 1.12. PARAMETROS CARACTERISTICOS DEL SUELO (1)

TIPO DE SUELO	GRANULOMETRÍA < 0,075 < 2,0		LÍMITES DE ATÉRCER (Fracción < 0,075 mm)			PESO ESPECÍFICO		HUMEDAD NATURAL		PROCTOR HUMEDAL		DEFORMABILIDAD (2)		RESISTENCIA AL CORTE			PERM. K
	mm %	mm %	w _L %	w _P %	I _P %	γ t/m ³	γ _{hum} t/m ³	w %	D. seca t/m ³	w _{PH} %	E _t = E _u E _u = $\frac{1}{10} \left(\frac{100}{w_{at}} \right)^2$ E _t = $\frac{1}{10} \left(\frac{100}{w_{at}} \right)^2$ cm ²	u _s %	u _s %	σ' (?)	c' t/m ²	φ' °	
B _u B _r G	Grava	< 5	< 60	—	—	1,60 1,90	0,95 1,05	5 2	1,70 1,90	8 5	400 900	0,60 0,40	34 42	— —	32 35	2.10 ⁻¹ 1.10 ⁻¹	
GA	Grava arenosa con pocos finos	< 5	< 60	—	—	2,10 2,30	1,15 1,35	7 3	2,00 2,25	7 4	400 1100	0,70 0,50	35 45	— —	32 35	1.10 ⁻¹ 1.10 ⁻¹	
1GA	Grava arenosa con finos limosos o arcillosos que no alteran la estructura granular	8 15	< 60	20 45	16 25	2,10 2,40	1,15 1,15	9 3	2,10 2,35	7 3	400 1200	0,70 0,50	35 43	1 0	32 35	1.10 ⁻¹ 1.10 ⁻¹	
LSA	Mezcla de gravas y arenas envueltos por finos	20 40	< 60	20 50	16 25	2,00 2,25	1,05 1,30	13 5	1,90 2,20	10 5	150 400	0,90 0,70	28 35	3 0,5	22 30	1.10 ⁻¹ 1.10 ⁻¹	
A ₁	a) Fina	< 5	100	—	—	1,60 1,90	0,95 1,10	22 8	1,60 1,75	15 10	150 300	0,75 0,60	32 40	— —	30 32	2.10 ⁻¹ 1.10 ⁻¹	
A ₂	b) Gruesa	< 5	100	—	—	1,60 1,90	0,95 1,10	16 6	1,60 1,75	13 8	250 700	0,70 0,55	34 42	— —	30 34	5.10 ⁻¹ 2.10 ⁻¹	
A	Arena bien graduada y arena con grava	< 5	60	—	—	1,80 2,10	1,00 1,20	11 5	1,90 2,15	10 6	200 600	0,70 0,55	33 41	— —	32 34	5.10 ⁻¹ 2.10 ⁻¹	
AG	Arena con finos que no alteran la estructura granular	8 15	> 60	20 45	16 25	1,90 2,25	1,05 1,30	15 4	2,00 2,20	13 7	150 500	0,80 0,65	32 40	1 0	30 32	1.10 ⁻¹ 1.10 ⁻¹	
AL	Arena con finos que alteran la estructura granular	20 40	> 60	20 50	16 30	1,80 2,15	0,90 1,10	20 8	1,70 2,00	18 12	50 250	0,90 0,75	25 32	5 1	22 30	1.10 ⁻¹ 1.10 ⁻¹	
L _b	Limo poco plástico	> 50	> 80	25 35	20 28	1,75 2,10	0,95 1,10	28 15	1,60 1,80	22 15	40 110	0,80 0,60	28 35	2 0,5	25 30	1.10 ⁻¹ 1.10 ⁻¹	
L _h	Limo de plasticidad media a alta	> 80	> 100	35 50	22 25	1,70 2,00	0,85 1,05	35 20	1,55 1,75	23 16	30 70	0,90 0,70	25 33	3 1	22 29	2.10 ⁻¹ 1.10 ⁻¹	
C _b	Arcilla de baja plasticidad	> 80	100	25 35	15 22	1,90 2,20	0,95 1,20	28 14	1,65 1,85	20 14	20 50	1,00 0,90	24 32	6 1,5	20 28	1.10 ⁻¹ 2.10 ⁻¹	
C _m	Arcilla de plasticidad media	> 90	100	40 50	18 25	1,80 2,10	0,85 1,10	38 18	1,55 1,75	21 17	10 30	1,00 0,95	20 30	8 2	10 20	5.10 ⁻¹ 1.10 ⁻¹	
C _a	Arcilla de alta plasticidad	100	100	60 85	20 35	1,65 2,00	0,70 1,00	55 20	1,45 1,65	27 20	6 20	1,00 1,00	17 27	10 3	6 15	1.10 ⁻¹ 1.10 ⁻¹	
L _o	Limo o arcilla orgánicos	> 80	100	45 70	30 45	1,55 1,90	0,55 0,90	60 30	1,45 1,70	27 18	5 20	1,00 0,85	20 26	7 2	15 22	1.10 ⁻¹ 1.10 ⁻¹	
T	Turba	—	—	—	—	1,01 1,30	0,01 0,30	800 100	—	—	3 8	1,00 1,00	25 30	1,5 0,5	—	1.10 ⁻¹ 1.10 ⁻¹	
F	Fango	—	—	100 250	30 80	1,25 1,60	0,25 0,60	200 50	—	—	4 15	1,00 0,90	22 28	2 0,5	—	1.10 ⁻¹ 1.10 ⁻¹	

(1) Según el Grindbau Taschenbuch, 3.ª ed. 1.ª Parte, 1920

(2) u_s = 0,11 p/cm²

Catastro e Inspección Preliminar de Embalses R. Metropolitana

Planilla de datos de terreno

Hoja 1/4

1. Ubicación de la presa

Nombre embalse:			
Código DGA:			
Comuna:			
Nombre sector rural:			
Nombre del predio:			
Nombre del propietario del predio:			
Rol del SII			
Posición relativa al poblado más cercano:			

2. Tamaño del embalse

Altura máxima del muro:		m
Volumen declarado o proyectado:		m ³
Ancho de la poza:		m
Largo de la poza:		m
Profundidad máxima de agua junto al muro:		m
Area estimada de la poza:		m ²

3. Descripción del muro

Tipo de material de construcción:		
Toma de muestra:	OK	
Código de material según tabla:		
Altura máxima muro:		m
Largo del coronamiento:		m
Ancho de coronamiento:		m
Angulo talud de aguas arriba:		°
Angulo talud de aguas abajo:		°
Revancha mínima conocida:		m
Revancha mínima respecto a umbral de evacuación:		m

Observaciones

--

4. Estado del muro

Calidad original de construcción	Controlada	Sin control
Regularidad de la geometría actual	Regular	Irregular
Compacidad del material	Compacto	Suelto
Uniformidad de los taludes	Parejos	Disparejos

Observaciones

--

Estado general (indicar lugar de irregularidades y cuantificación)

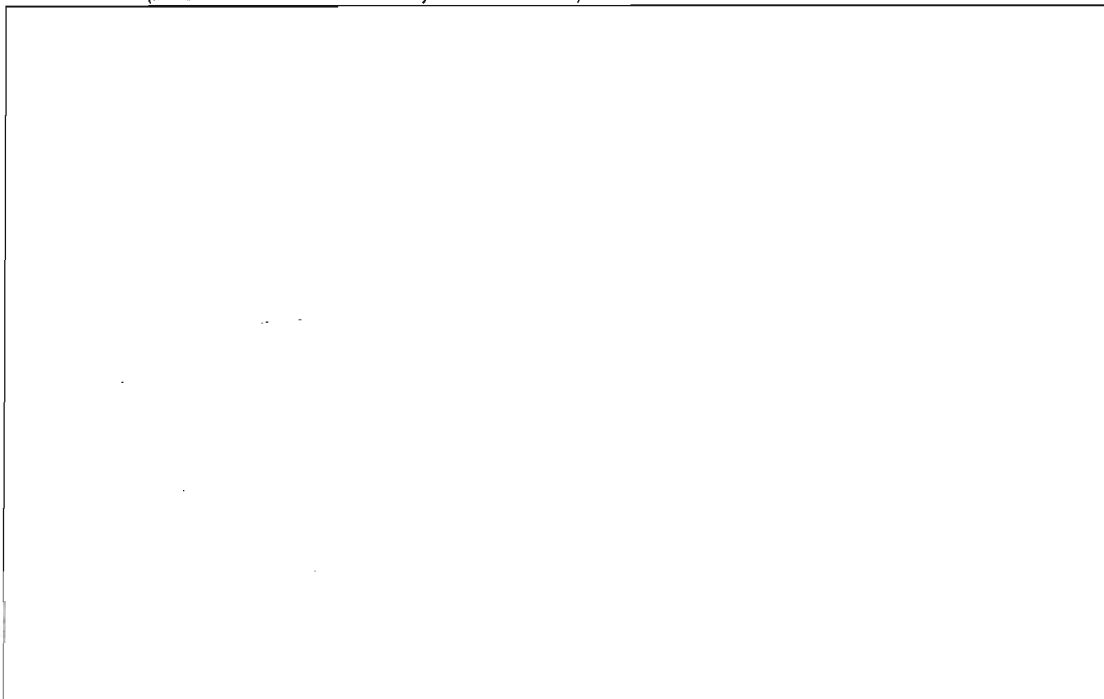
Grietas	
Depresiones	
Saturación	
Deslizamiento	
Filtraciones	

Hoja 2/4

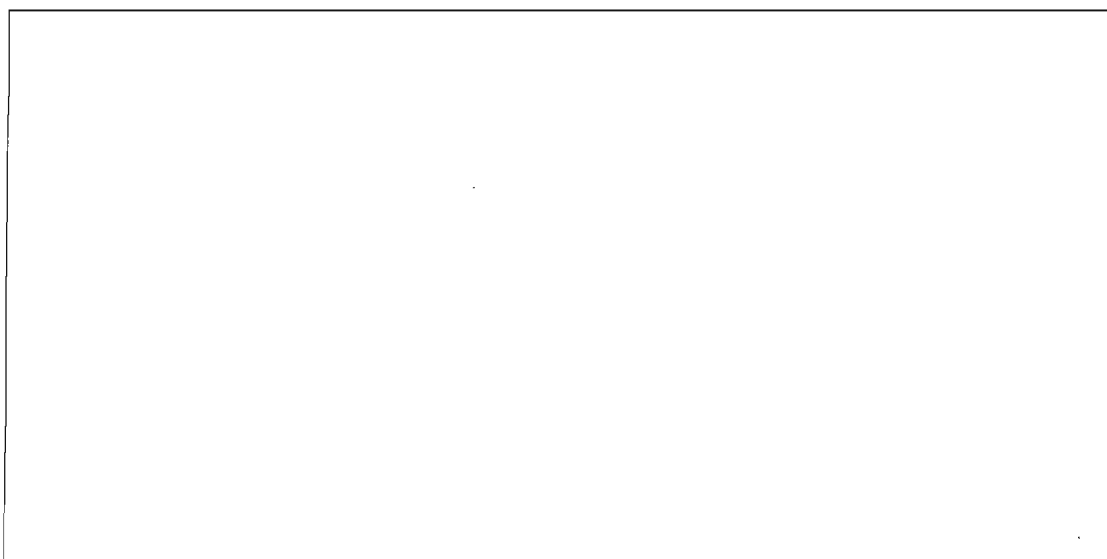
Observaciones

9. Monografías

Planta del muro (indicar sitios toma de muestras y fallas detectadas)



Sección transversal del muro

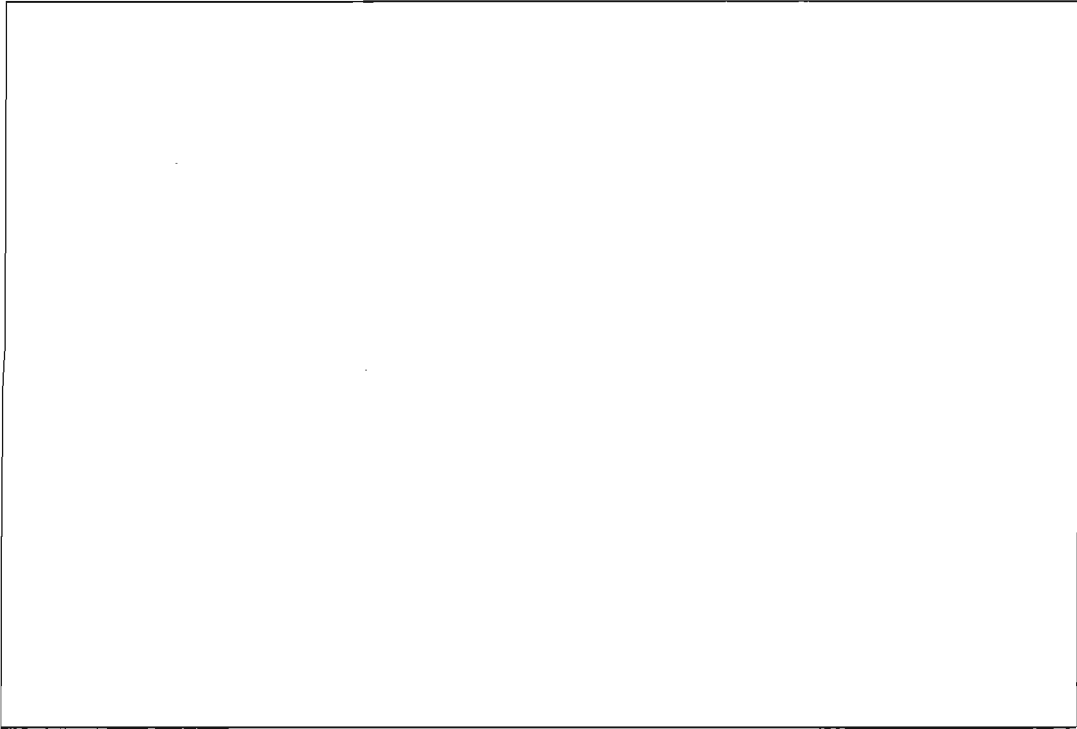


Catastro e Inspección Preliminar de Embalses R. Metropolitana

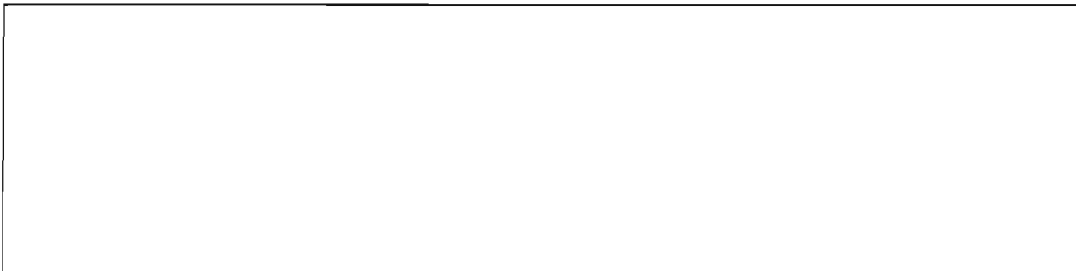
Planilla de datos de terreno

Foja 4/4

Croquis obras de evacuación



OBSERVACIONES GENERALES



A N E X O I I

ESTUDIO HIDROLOGICO INTENSIDADES DE DISEÑO DE LA PRECIPITACION

A N E X O I I

ESTUDIO DE CATASTRO E INSPECCION PRELIMINAR DE EMBALSES II ETAPA, REGION METROPOLITANA

ESTUDIO HIDROLOGICO INTENSIDADES DE DISEÑO DE LA PRECIPITACION

I N D I C E

	Página
1. INTENSIDAD DE LLUVIA	II.1
2. INTENSIDAD DE DISEÑO DE DESHIELO	II.17

A N E X O I I

ESTUDIO DE CATASTRO E INSPECCION
PRELIMINAR DE EMBALSES
II ETAPA, REGION METROPOLITANA

ESTUDIO HIDROLOGICO
INTENSIDADES DE DISEÑO
DE LA PRECIPITACION

Las intensidades de diseño de la precipitación se establecieron para precipitaciones líquidas y sólidas.

1. INTENSIDADES DE LLUVIAS.

Las intensidades máximas de las lluvias se representan a través de las relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia (I-D-F).

De acuerdo a los tiempos de concentración estimados para las cuencas pluviales afluentes a los diferentes embalses, a los criterios de diseño adoptados y a la sectorización de la zona del estudio, la relación I-D-F se estableció para cada uno de los sectores definidos, considerando duraciones de las tormentas de diseño comprendidas entre 10 y 240 minutos y para los períodos de

retorno de 10, 100, 1.000 y 10.000 años, este último como representativo de la precipitación máxima probable.

Para establecer la I-D-F, para cada uno de los sectores se siguieron los siguientes pasos metodológicos:

- La intensidad horaria se estableció de acuerdo a la fórmula de Grunsky, que esta dada por la siguiente expresión:

$$I(T, t) = I(T, 24) \cdot \sqrt{24/t} \quad (mm/hr)$$

Donde:

$I(T, t)$ = Intensidad máxima en mm/hr para el período de retorno T años y duración t horas.

$I(T, 24)$ = Intensidad media para la duración de 24 horas y período de retorno T años.

Para aplicar la fórmula de Grunsky se procedió a determinar $I(T, 24)$ para cada sector en base al estudio "Eventos Hidrometeorológicos Extremos - Precipitaciones Máximas en 1, 2 y 3 días" (Dirección General de Aguas, 1989). Del mapa de isoyetas de precipitaciones máximas en 1 día para T = 10 años se asignó una

precipitación media a cada sector y luego se aplicaron los coeficientes de frecuencia que se proponen en el mismo estudio para llevar esta precipitación a los otros períodos de retorno, la intensidad media se obtuvo dividiendo la precipitación oxi máxima diaria por 24.

A continuación se entregan las relaciones I-D-F en tablas y gráficos para cada sector, y el mapa de isoyetas y los coeficientes de frecuencia utilizados, extraídos del estudio indicado.

S E C T O R		P.MAX.DIARIA T-10 AÑOS (mm/día)	ZONA COEFIC. FRECUENCIA
I	CHACABUCO	75	V.5
II	SANTIAGO	80	V.5
III	CURACAVI	95	V.5
IV	TALAGANTE	100	V.5
V	MELIPILLA	90	V.5
VI	MAIPO	95	V.5
VII	CORDILLERA I	100	V.3
VIII	CORDILLERA II	110	V.3

INTENSIDAD - DURACION - FRECUENCIA

I. CHACABUCO

DURACION min.	T=10 mm/hr	T=100 mm/hr	T=1.000 mm/hr	T=10.000 mm/hr
240	7.7	12.4	17.2	21.6
180	8.8	14.4	19.9	25.2
120	10.8	17.6	24.4	30.9
60	15.3	24.9	34.4	43.6
45	17.7	28.7	39.8	50.4
30	21.7	35.2	48.7	61.7
15	30.6	49.8	68.9	87.3
10	37.5	60.9	84.4	106.9
5	53.0	86.2	119.3	151.1

II. SANTIAGO

DURACION min.	T=10 mm/hr	T=100 mm/hr	T=1.000 mm/hr	T=10.000 mm/hr
240	8.2	13.3	18.4	23.3
180	9.4	15.3	21.2	26.9
120	11.5	18.8	26.0	32.9
60	16.3	26.5	36.7	46.5
45	18.9	30.6	42.4	53.7
30	23.1	37.5	52.0	65.8
15	32.7	53.1	73.5	93.1
10	40.0	65.0	90.0	114.0
5	56.6	91.9	127.3	161.2

INTENSIDAD - DURACION - FRECUENCIA

III. CURACAVI

DURACION min.	T=10 mm/hr	T=100 mm/hr	T=1.000 mm/hr	T=10.000 mm/hr
240	9.7	15.6	20.5	26.0
180	11.2	18.1	23.6	30.0
120	13.7	22.1	28.9	36.7
60	19.4	31.3	40.9	52.0
45	22.4	36.1	47.2	60.0
30	27.4	44.3	57.9	73.5
15	38.8	62.6	81.8	103.9
10	47.5	76.7	100.2	127.3
5	67.2	108.4	141.7	180.0

IV. TALAGANTE

DURACION min.	T=10 mm/hr	T=100 mm/hr	T=1.000 mm/hr	T=10.000 mm/hr
240	10.2	16.6	23.0	29.1
180	11.8	19.2	26.5	33.6
120	14.4	23.5	32.5	41.1
60	20.4	33.2	45.9	58.2
45	23.6	38.3	53.0	67.2
30	28.9	46.9	65.0	82.3
15	40.8	66.3	91.9	116.4
10	50.0	81.3	112.5	142.5
5	70.7	114.9	159.1	201.5

INTENSIDAD - DURACION - FRECUENCIA

V. MELIPILLA

DURACION min.	T=10 mm/hr	T=100 mm/hr	T=1.000 mm/hr	T=10.000 mm/hr
240	9.2	14.9	20.7	26.2
180	10.6	17.2	23.9	30.2
120	13.0	21.1	29.2	37.0
60	18.4	29.9	41.3	52.4
45	21.2	34.5	47.7	60.5
30	26.0	42.2	58.5	74.0
15	36.7	59.7	82.7	104.7
10	45.0	73.1	101.3	128.3
5	63.6	103.4	143.2	181.4

VI. MAIPO

DURACION min.	T=10 mm/hr	T=100 mm/hr	T=1.000 mm/hr	T=10.000 mm/hr
240	9.7	15.6	20.5	26.0
180	11.2	18.1	23.6	30.0
120	13.7	22.1	28.9	36.7
60	19.4	31.2	40.9	52.0
45	22.4	36.1	47.2	60.0
30	27.4	44.3	57.9	73.5
15	38.8	62.6	81.8	103.9
10	47.5	76.7	100.2	127.3
5	67.2	108.4	141.7	180.0

INTENSIDAD - DURACION - FRECUENCIA

VII. CORDILLERA I

DURACION min.	T=10 mm/hr	T=100 mm/hr	T=1.000 mm/hr	T=10.000 mm/hr
240	10.2	15.4	20.8	26.2
180	11.6	17.8	24.0	30.3
120	14.4	21.8	29.4	37.1
60	20.4	30.8	41.6	52.5
45	23.6	35.5	48.1	60.2
30	28.9	43.5	58.9	74.2
15	40.8	61.5	83.3	104.9
10	50.0	75.4	102.0	128.5
5	70.7	106.6	144.2	181.7

VIII. CORDILLERA II

DURACION min.	T=10 mm/hr	T=100 mm/hr	T=1.000 mm/hr	T=10.000 mm/hr
240	11.2	16.9	22.9	28.9
180	13.0	19.5	26.4	33.3
120	15.9	23.9	32.4	40.8
60	22.5	33.8	45.8	57.7
45	25.9	39.1	52.9	66.6
30	31.8	47.9	64.8	81.6
15	44.9	67.7	91.6	115.4
10	55.0	82.9	112.2	141.4
5	77.8	117.2	158.7	199.9

2. INTENSIDAD DE DISEÑO DEL DESHIELO.

Con propósitos de diseño para crecidas de deshielo durante el período primavera-verano, se propone utilizar y aplicar los resultados con éstos fines, recomendados por la Dirección General de Aguas, a través de los estudios realizados en el Glaciar Echaurren y otros de la zona central de Chile, y particularmente las proposiciones efectuadas por H. Peña y F. Vidal (1989), en la Publicación "Estimación de Crecidas de Deshielo" (IX Congreso Nacional de Sch ID 1989).

Para los casos que se presenten en este estudio y atendiendo a lo expuesto anteriormente, el caudal máximo instantáneo con fines de diseño se calculará en base a la Fórmula Racional, cuya expresión está dada por:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6} \text{ (m}^3\text{/S)}$$

Donde:

- C = Coeficiente de escorrentía.
- i = Intensidad máxima de la precipitación en mm/hr.
- A = Superficie aportante en km².

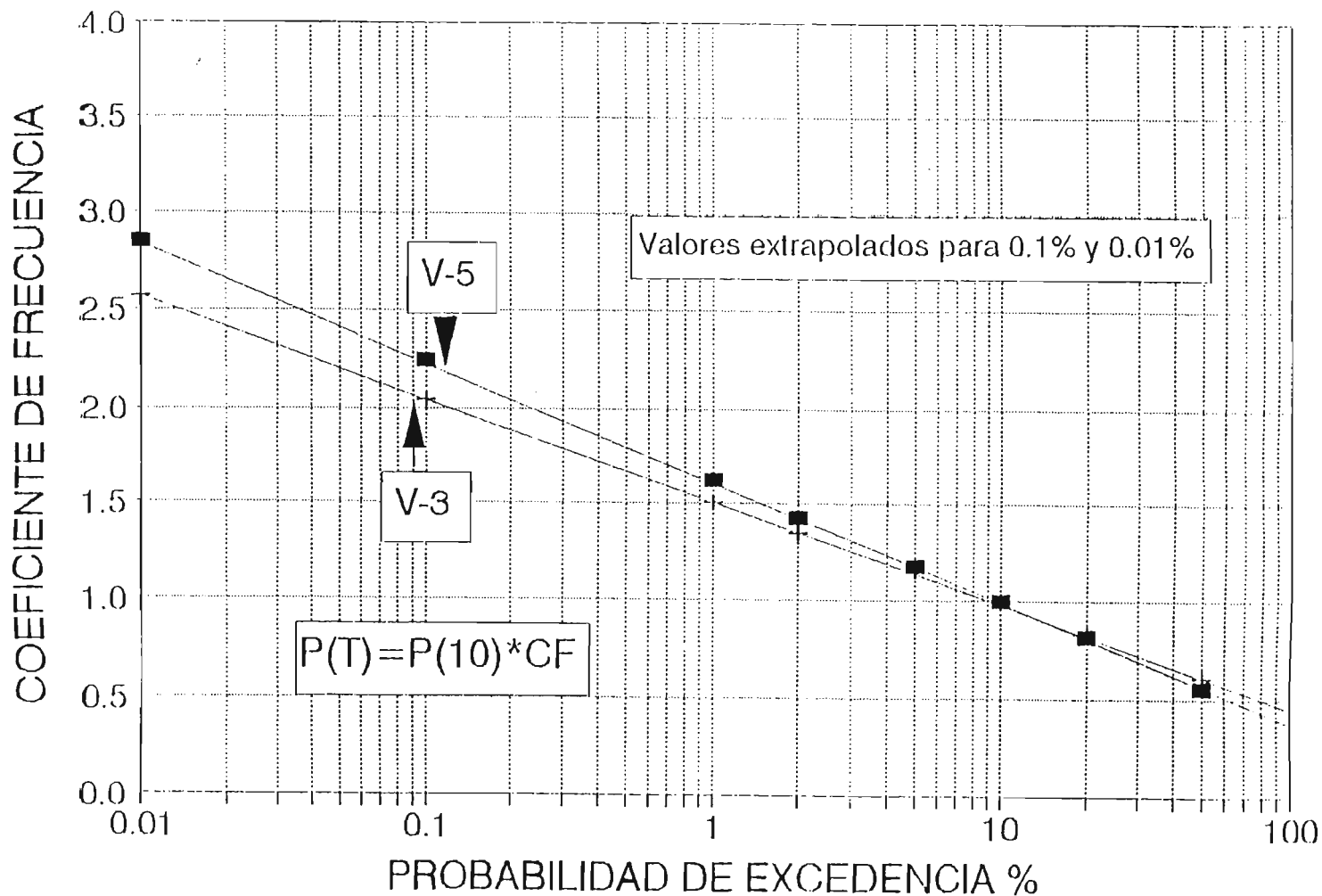
Para estimar la intensidad máxima de la precipitación, y atendiendo a lo expuesto al inicio de este punto, se aplicó la tasa máxima de derretimiento diario de 40 mm/día a la elevación de 3.750 m.s.n.m. y el gradiente de -1,5 mm/día/100 m; para llevar esta tasa máxima diaria a intensidad horaria se aplicó a la tasa resultante a la elevación requerida al factor de 0,10; este factor fue determinado después de un análisis efectuado de la razón entre la intensidad máxima de la radiación solar global horaria y la radiación solar global diaria, considerando para este propósito la radiación de los meses de Enero y Febrero.

Con estos datos se tiene la siguiente intensidad máxima de deshielo expresadas en mm de equivalente en agua por hora a diferentes elevaciones.

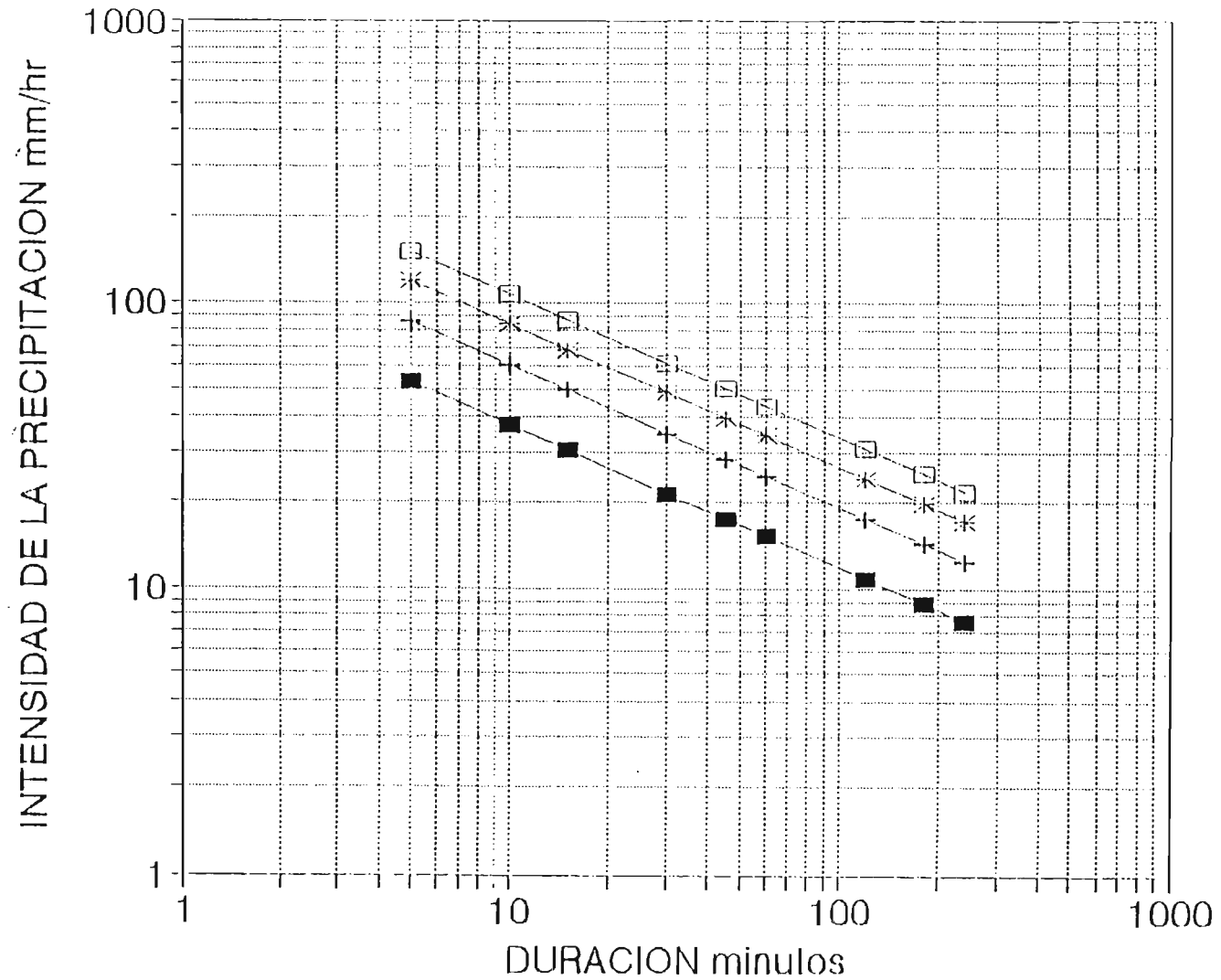
**INTENSIDAD DE DISEÑO
DEL DESHIELO MAXIMO**

H (msnm)	i (mm/h)
2.750	13,8
3.000	12,8
3.250	11,9
3.500	11,0
3.750	10,0
4.000	9,1

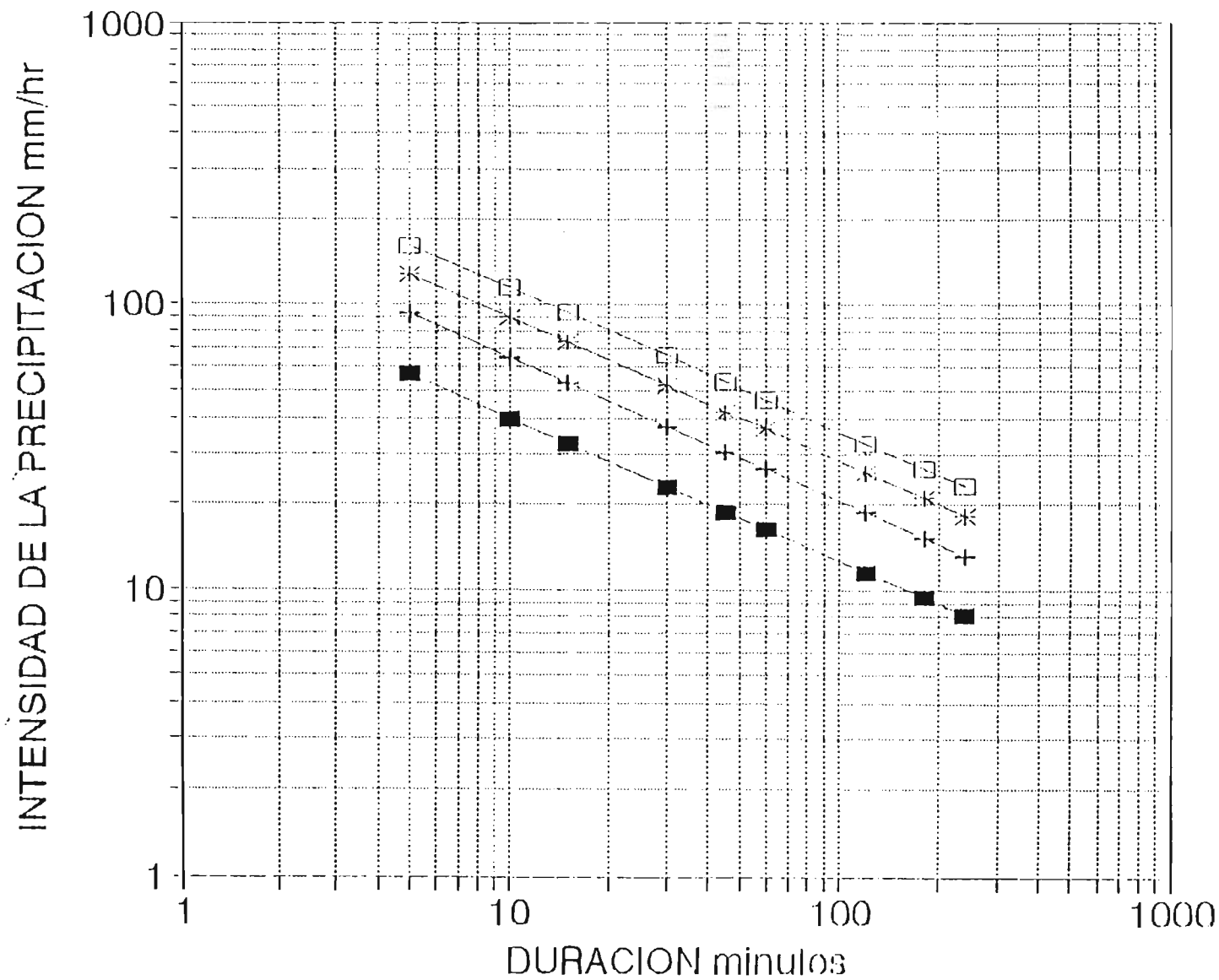
COEFICIENTES DE FRECUENCIAS SEGUN DGA-1989



INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA I.- SECTOR CHACABUCO

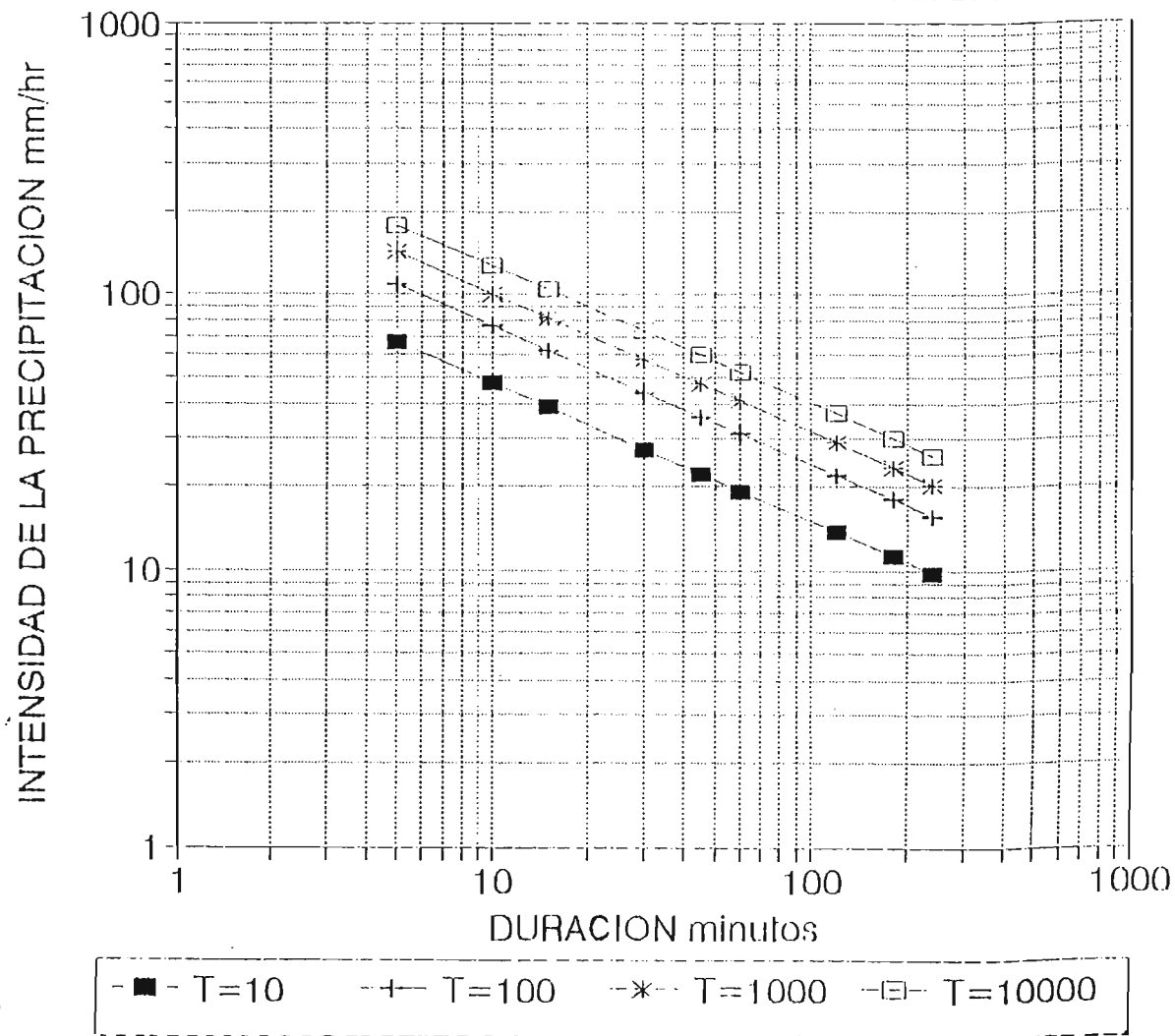


-■- T=10 -+- T=100 -*- T=1000 -□- T=10000



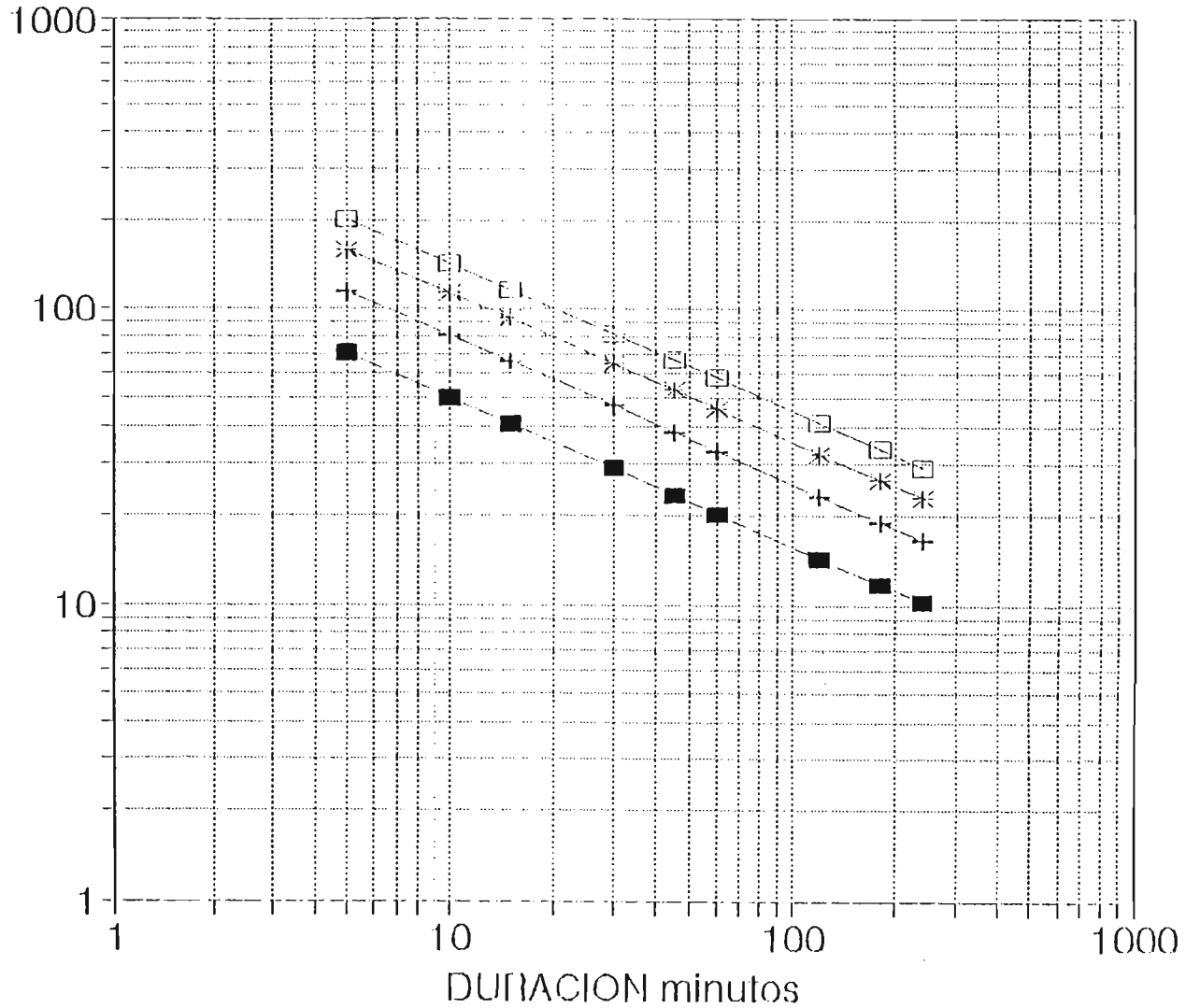
-■- T=10 -+- T=100 -*- T=1000 -□- T=10000

INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA III.- SECTOR CURACAVI



INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA IV.- SECTOR TALAGANTE

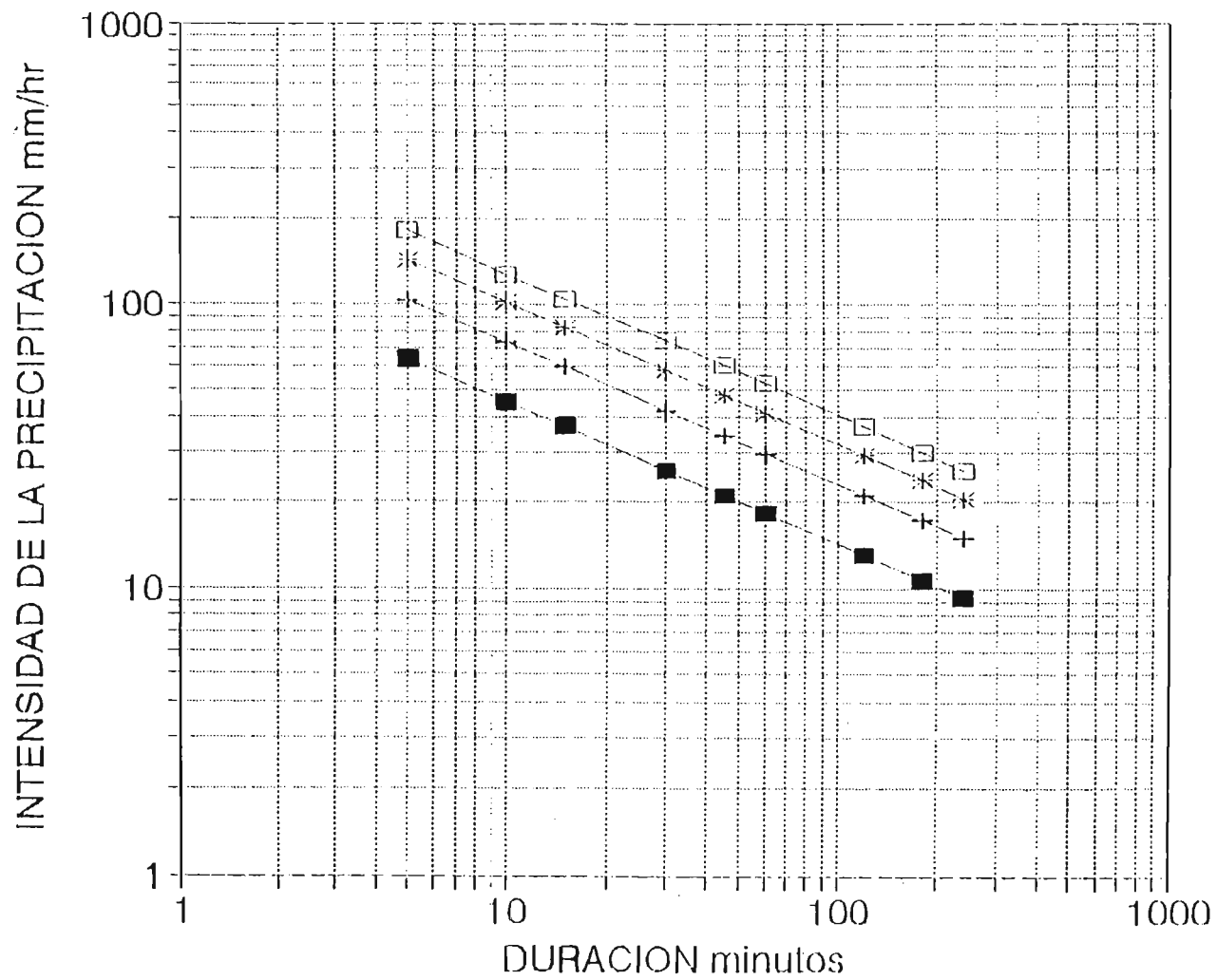
INTENSIDAD DE LA PRECIPITACION mm/hr



-■- T=10 -+- T=100 -*-* T=1000 -□- T=10000

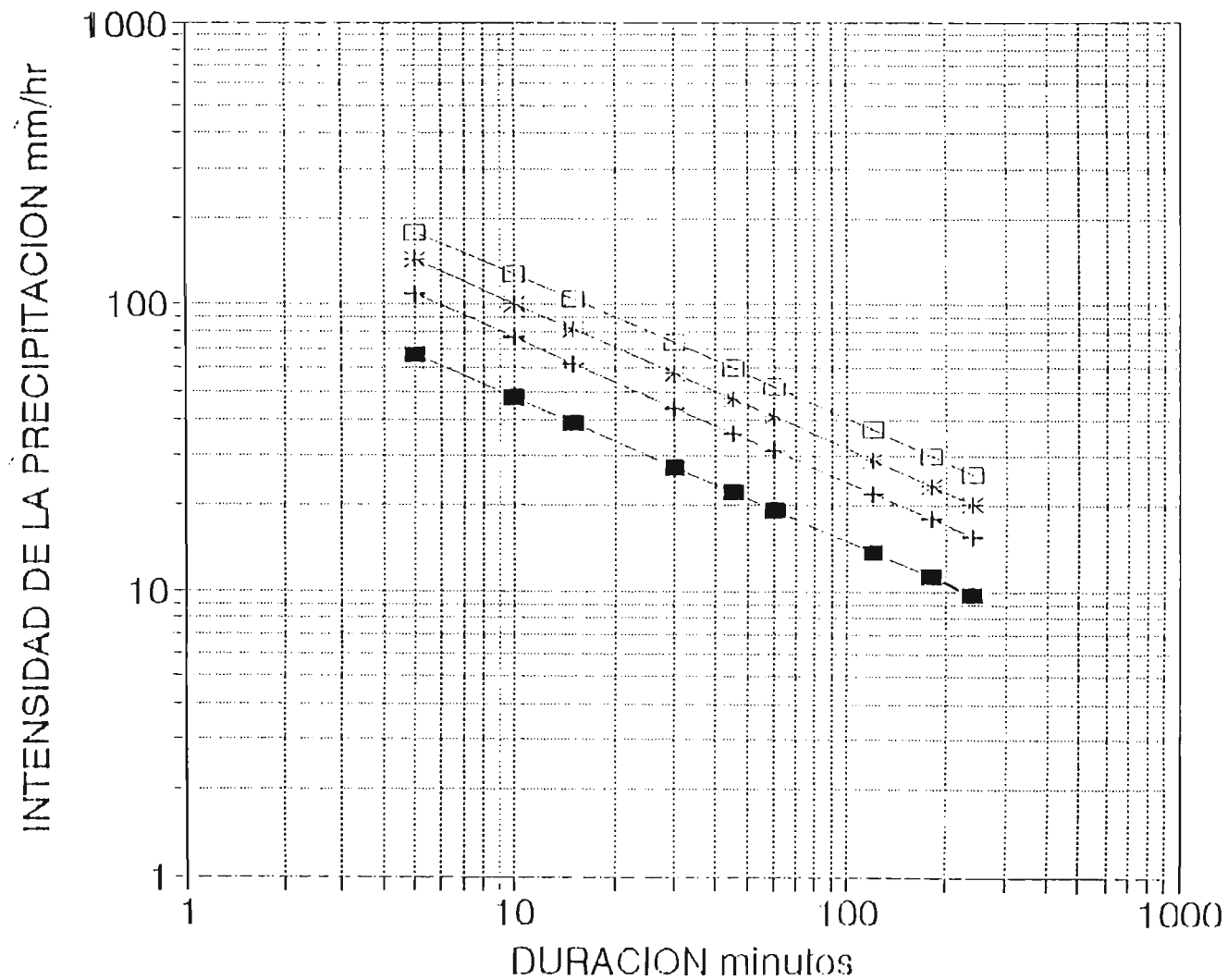


INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA V.- SECTOR MELIPILLA



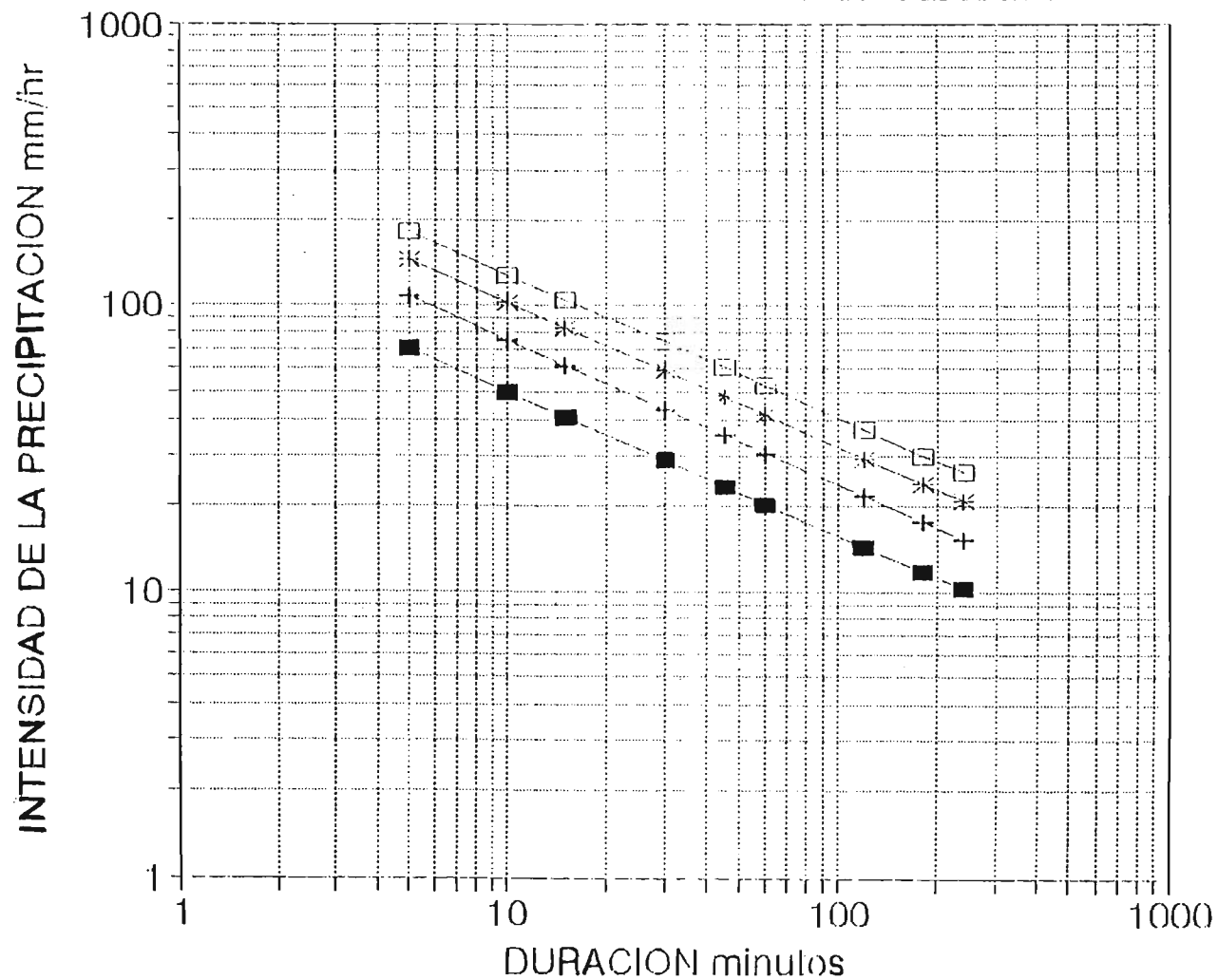
—■— T=10
—+— T=100
—*— T=1000
—□— T=10000

INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA VI.- SECTOR MAIPO



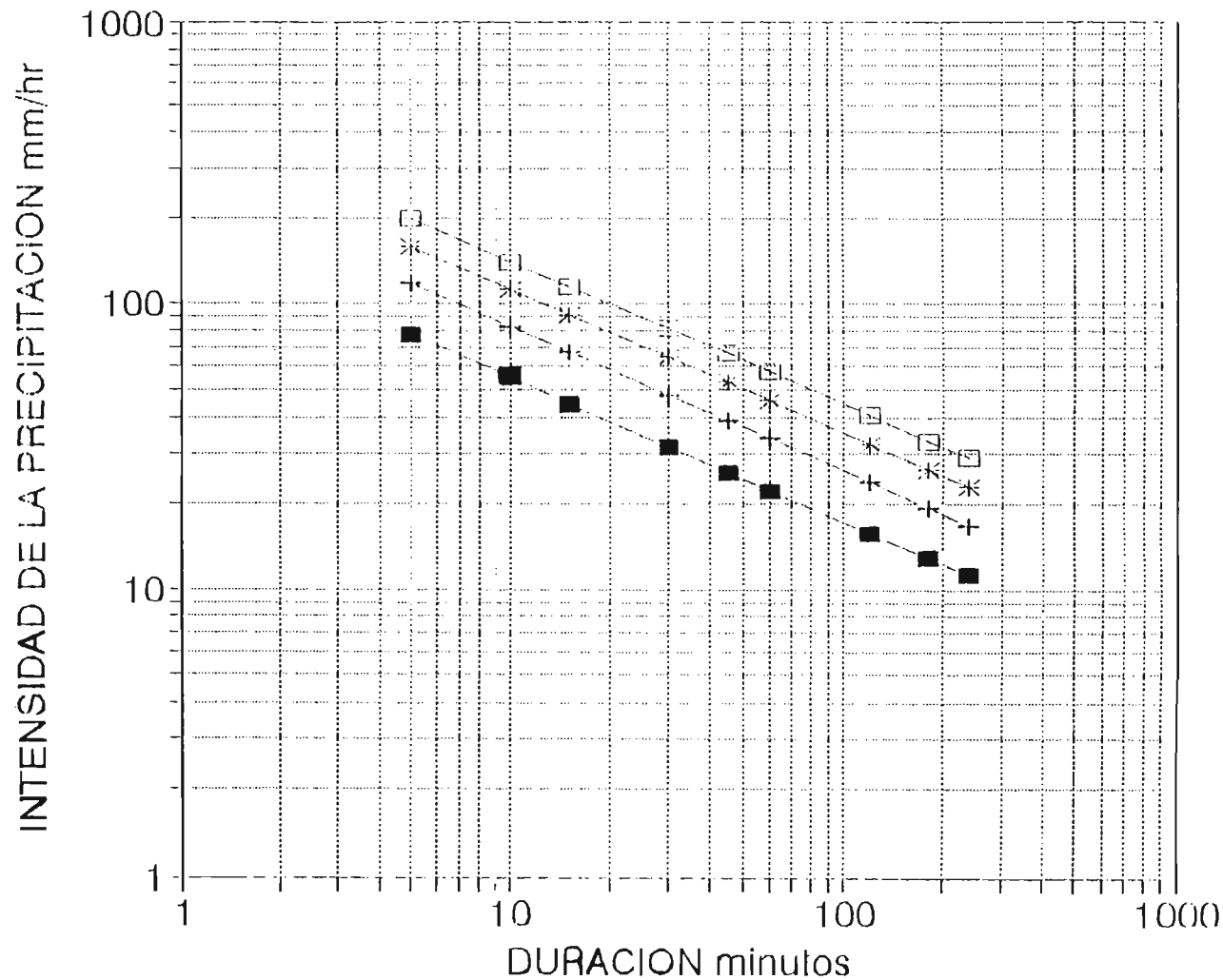
T=10
 T=100
 T=1000
 T=10000

INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA
VII.- SECTOR CORDILLERA I



-■- T=10 -+-- T=100 -*-- T=1000 -□- T=10000

INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA
VIII.- SECTOR CORDILLERA II



-■- T=10 -+- T=100 -* T=1000 -□- T=10000

A N E X O I I I

ESTUDIO SISMICO. REGION METROPOLITANA

A N E X O I I I

ESTUDIO DE CATASTRO E INSPECCION PRELIMINAR DE EMBALSES

I I ETAPA, REGION METROPOLITANA

ESTUDIO SISMICO, REGION METROPOLITANA

I N D I C E

	Página
1. INTRODUCCION	III.1
2. ANTECEDENTES EXISTENTES	III.2
3. SISMICIDAD DEL AREA	III.6
3.1 INFORMACION DISPONIBLE	III.6
3.2 ANALISIS DE SISMICIDAD	III.7
3.3 ACELERACION SISMICO BASAL	III.11
4. CONCLUSIONES	III.14

A N E X O I I I

ESTUDIO DE CATASTRO E INSPECCION

PRELIMINAR DE EMBALSES

II ETAPA, REGION METROPOLITANA

ESTUDIO SISMICO, REGION METROPOLITANA

1. INTRODUCCION

Para el Catastro de Embalses de Agua de la Región Metropolitana, es necesario revisar la estabilidad de los taludes de cada uno de los muros ante la aplicación de aceleraciones sísmicas estáticas, correspondientes a eventos de una cierta probabilidad de ocurrencia, de modo de inferir la vulnerabilidad de la presa ante tal sollicitación.

Para llevar a cabo lo anterior, se hizo un estudio estadístico de la zona en cuestión para obtener la probabilidad de ocurrencia de un sismo de magnitud dada. Posteriormente, se seleccionaron cuatro (4) sismos representativos de la actividad sísmica de la Región; dos (2) sismos costeros y dos (2) sismos cordilleranos, que representan a los eventos desencadenantes definidos para el análisis de riesgo.

Con la información anterior se creo un "Campo" sísmico probabilístico en que para la posición de cada embalse se determinan las aceleraciones basales que lo afecta con la respectiva probabilidad asociada.

2. ANTECEDENTES EXISTENTES

La zona en estudio corresponde a la Región Metropolitana, cuya zona de influencia de eventuales focos de sismos se ha definido entre los paralelos 35° por el sur, y 32° por el norte.

Esta zona según la regionalización realizada por A. Martin (1990), está dentro de dos (2) zonas: la Zona Costera (Z2) y la Zona Cordillerana (Z7). Estas zonas quedan caracterizadas por la expresión del tipo:

$$\text{Log } N (M) = a - (b * M) \quad (1)$$

Donde N corresponde al número de sismos promedio anual, cuya magnitud es igual o superior a M (Magnitud Richter). Con esta expresión se da una probabilidad de ocurrencia a un sismo de una cierta magnitud dada.

Para la Zona Costera Z2, la expresión es:

$$\text{Log N} = 4,62 - (0,70 * M)$$

Para la Zona Cordillerana Z7, la expresión es:

$$\text{Log N} = 4,63 - (0,87 * M)$$

En la tabla que se presenta a continuación, se han evaluado estas expresiones, anotando el período de recurrencia asociado a cada Magnitud.

PERIODOS DE RECURRENCIA
REGIONALIZACION DE MARTIN (1990)
Zona Costera Z2 (Latitud 25° a 36°)
Zona Cordillerana Z7 (Latitud 31ª a 38ª)

MAGNITUD Ms	RECURRENCIA SISMOS COSTERO (años)	RECURRENCIA SISMOS CORDILLERANOS (años)
4.5	0.03	0.19
4.6	0.04	0.24
4.7	0.05	0.29
4.8	0.05	0.35
4.9	0.06	0.43
5.0	0.08	0.52
5.1	0.09	0.64
5.2	0.10	0.78
5.3	0.12	0.96
5.4	0.14	1.17
5.5	0.17	1.43
5.6	0.20	1.75
5.7	0.23	2.13
5.8	0.28	2.61
5.9	0.32	3.18
6.0	0.38	3.89
6.1	0.45	4.75
6.2	0.52	5.81
6.3	0.62	7.10
6.4	0.72	8.67
6.5	0.85	10.59
6.6	1.00	12.94
6.7	1.17	15.81
6.8	1.38	19.32
6.9	1.62	23.60
7.0	1.91	28.84
7.1	2.24	35.24
7.2	2.63	43.05
7.3	3.09	52.60
7.4	3.63	64.27
7.5	4.27	78.52
7.6	5.01	95.94
7.7	5.89	117.22
7.8	6.92	143.22
7.9	8.13	174.98
8.0	9.55	213.80
8.1	11.22	261.22
8.2	13.18	319.15
8.3	15.49	389.94
8.4	18.20	476.43
8.5	21.38	582.10

La regionalización de A. Martín, entrega zonas muy amplias, que reúnen ciertas características comunes en cuanto a su actividad sísmica. Sin embargo, es posible realizar análisis para una zona más restringida, pudiendo evaluar con mayor precisión, los períodos de recurrencia en función de las Magnitudes, para un área específica de interés.

Se realizó por esto, un análisis particular para la zona comprendida entre los paralelos 32° y 35° , que corresponden al área de influencia de eventuales sismos, que tendrían relevancia para obras construidas en la Región Metropolitana.

3. SISMISIDAD DEL AREA

3.1 Información Disponible

Con el objeto de evaluar los periodo de recurrencia de los sismos en la Región Metropolitana, se ha recopilado toda la información sismológica disponible para el sector comprendido entre 32° a 35° latitud sur y 67° a 71° longitud oeste.

Para tal efecto, se han recopilado de los antecedentes existentes para dicha zona, la magnitud y posición focal de los sismos, los cuales se presentan a continuación.

- Sismos recientes de magnitud $M_s \geq 5,5$ correspondiente al período 1918 a 1978 recopilados por S. Barrientos.
- Sismos períodos 1570 a 1980 recopilados por A. Martin, 1990 bajo la supervisión de Edgar Kausel y S. Barrientos. Magnitudes sobre 4,5.
- Sismos destructores históricos de F. Greve (1984).

3.2 Análisis de Sismicidad

De la información existente se seleccionaron todos los sismos de magnitud mayor que $M_s = 4,5$; cuyo epicentro y profundidad focal son conocidos, y ellos se muestran en la lámina N° 1 adjunta. También se proyectó todos los sismos a una latitud común, mostrados en lámina N° 2.

Para efectuar el análisis se utilizó la relación Magnitud - Número de Casos, de Gutenberg - Richter.

$$\text{Log } N_r(M) = a_r - (b * M) \quad (2)$$

En que N_r es el número de casos por el período de análisis de 65 años (desde 1920 a 1985), y como $N(M)$ es el promedio anual para un período T se tiene que:

$$N_r(M) = N(M) * T$$

Luego:

$$\text{Log } [N(M) * T] = a_r - (b * M) \quad (3)$$

$$\text{Log } N(M) = a - (b * M) \quad (4)$$

en que $a = a_r - \text{Log } T$

La relación (4) equivale a la relación (1) mostrada anteriormente.

Para obtener los coeficientes (a,b) se efectuó una regresión lineal para la muestra dividida en tres casos:

Como primer caso, todos los sismos de la muestra, un segundo caso para aquellos sismos ocurridos en la zona costera, y un tercer caso para aquellos sismos ocurridos en la zona cordillera.

Los valores los parámetros a y b obtenidos se muestran en el cuadro N° 2.

CUADRO N° 2

CASOS	a	b	r^2
Primer Caso	4,07	0,73	0,98
Segundo Caso Costero	3,36	0,64	0,99
Tercer Caso Cordillerano	3,14	0,62	0,97

La precisión de los resultados queda en parte avalada, por el valor del coeficiente de correlación cercano a 1. Al observar por ejemplo, el período de recurrencia obtenido para un sismo costero de magnitud superior a $M_s = 8,0$, similar al ocurrido el 3 de marzo de 1985, resulta un período cercano a 80 años que corresponde muy acertadamente, a la frecuencia de los sismos de dicha magnitud que ocurrieron en julio de 1730, en noviembre de 1822, en agosto de

1906 y marzo de 1985. Cabe recordar que la muestra analizada contempla desde 1920 en adelante.

En el cuadro adjunto, se evalúan los períodos de recurrencia correspondientes a la Zona Costera y Zona Cordillerana.

PERIODOS DE RECURRENCIA
ZONA REGION METROPOLITANA
(Latitud 32° a 35°)

MAGNITUD Ms	RECURRENCIA SISMOS COSTERO (años)	RECURRENCIA SISMOS CORDILLERANOS (años)
4.5	0.33	0.45
4.6	0.38	0.52
4.7	0.44	0.59
4.8	0.52	0.69
4.9	0.60	0.79
5.0	0.69	0.91
5.1	0.80	1.05
5.2	0.93	1.21
5.3	1.08	1.40
5.4	1.25	1.61
5.5	1.45	1.86
5.6	1.67	2.15
5.7	1.94	2.48
5.8	2.25	2.86
5.9	2.61	3.30
6.0	3.02	3.80
6.1	3.50	4.39
6.2	4.06	5.06
6.3	4.70	5.83
6.4	5.45	6.73
6.5	6.31	7.76
6.6	7.31	8.95
6.7	8.47	10.33
6.8	9.82	11.91
6.9	11.38	13.74
7.0	13.18	15.85
7.1	15.28	18.28
7.2	17.70	21.09
7.3	20.51	24.32
7.4	23.77	28.05
7.5	27.54	32.36
7.6	31.92	37.33
7.7	36.98	43.05
7.8	42.85	49.66
7.9	49.66	57.28
8.0	57.54	66.07
8.1	66.68	76.21
8.2	77.27	87.90
8.3	89.54	101.39
8.4	103.75	116.95
8.5	120.23	134.90



3.3 Aceleración Sísmico Basal

La Aceleración Sísmico Basal se determina haciendo uso de la relación de atenuación propuesta por Schaad y Saragoni, 1989.

$$a \text{ (máx)} = \frac{46,4 * e^{(0,8 * Ms)}}{(R + 60)^{0,915}} \quad (5)$$

en que:

a (máx) = Aceleración Horizontal Máxima (peak) en cm/seg²

Ms = Magnitud de Richter.

R = Distancia Hipocentral en km. (distancia entre el embalse y el foco sísmico).

La elección de los sismos históricos que pueden repetirse y afectar el área en cuestión, se ha realizado observando las figuras N° 1 y N° 2, detectándose lo siguiente:

- a) Un sismo costero de magnitud Ms = 7,8 con ubicación aproximada 33,1° latitud sur 71,9° longitud oeste a una profundidad de 30 km y un periodo de recurrencia de 43 años.

- b) Un sismo de magnitud $M_s = 6,5$ con ubicación aproximada 33° latitud sur $71,9^\circ$ longitud oeste a una profundidad de 15 km y un período de recurrencia de 6,3 años.
- c) Un sismo cordillerano profundo de magnitud $M_s = 7,1$ con ubicación aproximada $33,2^\circ$ latitud sur $70,5^\circ$ longitud oeste y una profundidad proyectada al nivel superior del rango de subducción de 70 km y un período de recurrencia de 18,3 años.
- d) Un sismo cordillerano cortical y superficial de magnitud $M_s = 6,7$ ubicado a $33,8^\circ$ latitud sur y $70,2^\circ$ longitud oeste a una profundidad de 10 km y un período de recurrencia de 10,3 años.

Con lo anterior es posible definir un "Campo" sísmico probabilístico, en que la aceleración esperada es independiente de la latitud.

Por lo tanto, si se conocen las distancias medidas en dirección este-oeste desde el punto a los 4 sismos base, se tiene las siguientes expresiones para determinar la aceleración basal:

Caso a)

$$a_{\text{máx}} = \frac{23796,6}{\left(\sqrt{(900 + D_a^2)} + 60\right)^{0,915}} \quad (6)$$

En que D_a es la distancia entre el punto de análisis y el meridiano $71^\circ 54'$.

Caso b)

$$a_{\text{máx}} = \frac{8411,0}{\left(\sqrt{(225 + D_b^2)} + 60\right)^{0,915}} \quad (7)$$

En que D_b es la distancia entre el punto de análisis y el meridiano $71^\circ 54'$.

Caso c)

$$a_{\text{máx}} = \frac{13592,9}{\left(\sqrt{(4900 + D_c^2)} + 60\right)^{0,915}} \quad (8)$$

En que D_c es la distancia entre el punto de análisis y el meridiano $70^\circ 30'$.

Caso d)

$$a_{\text{máx}} = \frac{9870,4}{\left(\sqrt{(100+D_d^2)} + 60\right)^{0,915}} \quad (9)$$

En que D_d es la distancia entre el punto de análisis y el meridiano $70^\circ 12'$.

4. CONCLUSIONES

Mediante el conocimiento del "Campo" sísmico definido por las expresiones 6, 7, 8 y 9, es posible conocer para cada punto de la región en estudio de aceleraciones máximas y sus probabilidades asociadas.

Cabe señalar que la probabilidad asignada a cada coeficiente sísmico es la de ocurrencia del sismo seleccionado en toda la región, por lo que se asumirá que el sismo elegido puede producirse en cualquier latitud con la misma probabilidad, evaluándose sólo la distancia medida paralela a la longitud geográfica.

SISMOS HISTORICOS Ms >= 4.5

32.00° - 35.00° LATITUD SUR

AÑO	MES	DIA	HORA HH:MM	LATITUD SUR	LONGITU OESTE	PROFUNDIDA KMS	MAGNITUD RICHTER
1575	3	17	6.00	33.40	70.06	0.00	7.30
1647	5	14	2.30	33.00	72.00	0.00	8.50
1687	7	12	7.00	32.75	70.73	0.00	7.30
1730	7	8	10.00	33.05	71.63	0.00	8.70
1782	5	22	16.00	33.00	69.00	30.00	7.00
1822	9	26	14.30	33.05	71.63	0.00	7.00
1822	11	20	2.30	33.05	71.63	0.00	8.50
1850	12	6	10.52	33.81	70.22	0.00	7.30
1851	4	2	10.48	33.32	71.42	0.00	7.10
1861	3	20	23.00	32.92	68.90	30.00	7.00
1903	8	12	23.00	32.10	69.10	70.00	6.00
1906	8	17	0.40	33.00	72.00	25.00	8.40
1914	1	30	3.36	35.00	73.00	0.00	7.60
1920	12	17	18.59	32.70	68.40	40.00	6.00
1924	12	21	19.23	32.20	66.40	0.00	6.10
1927	4	14	6.23	32.00	69.50	110.00	7.10
1927	6	19	8.51	32.50	69.30	0.00	6.10
1927	6	28	19.46	33.00	69.00	0.00	5.60
1927	8	13	8.23	34.00	69.00	0.00	6.10
1928	1	27	7.11	35.00	69.50	0.00	4.70
1928	6	4	11.31	34.00	68.60	0.00	5.60
1928	10	17	7.54	34.00	69.50	0.00	4.70
1928	12	1	4.06	35.00	72.00	25.00	8.00
1928	12	6	2.00	33.50	69.50	0.00	5.30
1928	12	21	0.28	34.00	69.00	0.00	5.00
1929	5	23	5.04	32.90	68.90	30.00	5.80
1929	5	30	9.43	35.00	68.00	40.00	6.80
1929	6	1	22.18	34.80	68.20	0.00	4.70
1929	7	27	1.59	34.00	69.50	0.00	5.80
1929	8	9	3.57	34.00	68.00	0.00	4.70
1930	1	9	7.58	33.00	69.50	0.00	5.90
1930	3	27	10.40	33.50	70.00	0.00	4.90
1930	6	13	19.58	32.00	68.00	0.00	5.50
1930	7	7	12.40	34.00	69.00	0.00	5.90
1931	3	18	8.02	32.50	72.00	0.00	7.10
1931	8	17	5.05	32.50	69.50	120.00	5.80
1931	9	11	22.22	34.00	68.50	0.00	4.70
1931	11	7	16.20	32.50	68.00	0.00	5.20
1931	11	24	8.25	33.00	69.50	0.00	5.20

SISMOS HISTORICOS Ms >= 4.5

32.00° - 35.00° LATITUD SUR

AÑO	MES	DIA	HORA HH:MM	LATITUD SUR	LONGITU OESTE	PROFUNDIDA KMS	MAGNITUD RICHTER
1932	1	26	13.00	32.00	69.00	0.00	4.70
1932	5	8	19.21	32.50	69.50	110.00	5.50
1932	5	10	11.53	32.00	70.00	110.00	5.50
1932	6	11	13.11	35.00	71.00	80.00	5.70
1932	7	9	23.20	32.50	69.50	0.00	4.90
1932	8	15	20.31	32.50	69.00	0.00	5.00
1932	11	29	11.11	32.00	71.00	110.00	6.70
1932	12	8	12.19	33.50	68.50	0.00	5.30
1933	6	5	1.43	32.00	70.00	0.00	5.00
1933	10	19	7.11	32.00	70.00	0.00	5.80
1933	11	14	14.05	32.00	69.50	110.00	6.50
1934	2	5	0.34	34.00	66.00	0.00	5.00
1934	3	7	0.51	34.00	69.00	0.00	5.20
1934	6	9	9.44	32.70	69.70	0.00	5.90
1934	6	9	11.04	34.00	68.00	0.00	4.70
1934	6	11	3.07	33.50	64.50	30.00	6.00
1934	6	11	6.00	33.50	64.50	30.00	6.00
1934	9	26	1.08	34.00	69.00	0.00	4.70
1935	4	2	18.59	32.00	68.00	0.00	5.20
1935	5	28	12.08	33.50	68.00	200.00	5.70
1935	6	28	2.30	34.00	73.00	0.00	6.00
1935	7	26	19.41	34.00	68.00	0.00	4.70
1935	8	5	23.50	35.00	72.00	0.00	6.00
1935	12	20	11.12	32.00	69.00	0.00	5.50
1936	5	22	0.15	32.00	66.00	40.00	6.00
1937	2	12	18.32	32.00	66.50	200.00	5.50
1937	10	27	0.21	34.50	71.00	110.00	6.00
1940	4	8	8.49	33.50	71.50	0.00	6.00
1940	9	29	1.21	35.00	70.00	110.00	6.20
1940	10	24	20.06	35.00	72.50	80.00	6.70
1942	6	29	6.26	32.00	71.00	100.00	6.90
1945	9	13	11.17	33.25	70.50	100.00	7.10
1952	4	29	19.42	34.80	71.60	0.00	6.00
1953	9	4	14.07	32.00	71.00	50.00	6.80
1955	11	4	22.48	33.50	69.50	100.00	6.70
1958	9	24	21.51	33.80	70.20	10.00	6.70
1963	6	13	16.59	33.50	72.20	38.00	4.60
1964	9	10	17.37	32.99	69.77	95.00	5.00

SISMOS HISTORICOS Ms >= 4.5

32.00° - 35.00° LATITUD SUR

AÑO	MES	DIA	HORA HH:MM	LATITUD SUR	LONGITU OESTE	PROFUNDIDA KMS	MAGNITUD RICHTER
1965	3	23	16.33	32.42	71.10	68.00	7.10
1965	8	24	9.50	33.70	72.00	48.00	4.70
1965	10	14	3.28	32.41	71.84	36.00	4.70
1965	10	23	15.34	32.50	71.50	61.00	5.00
1966	1	15	19.28	33.60	70.20	33.00	4.70
1966	1	15	19.29	33.50	69.80	50.00	5.50
1966	3	12	18.26	34.35	72.41	39.00	4.60
1967	4	25	10.36	32.72	69.17	45.00	5.30
1967	9	26	11.11	33.60	70.50	84.00	5.90
1967	10	27	0.34	32.25	69.49	26.00	4.60
1968	3	28	13.37	34.82	69.34	164.00	5.00
1968	10	13	12.04	32.17	69.31	124.00	4.70
1968	10	19	2.43	35.32	71.14	98.00	4.70
1969	1	19	18.48	34.90	71.40	33.00	5.00
1969	12	13	21.32	32.81	70.11	103.00	5.30
1970	2	14	11.51	33.80	64.70	30.00	4.50
1970	4	9	5.19	33.91	70.09	120.00	5.20
1970	5	17	9.12	33.65	68.47	39.00	5.00
1970	9	14	15.17	33.95	72.31	27.00	4.90
1970	9	14	15.23	34.01	72.16	40.00	4.70
1970	9	14	15.36	33.97	72.17	31.00	5.30
1970	9	14	18.06	34.00	72.15	15.00	5.00
1970	9	18	7.45	33.98	72.32	29.00	4.60
1970	9	18	22.49	33.97	72.14	16.00	5.20
1970	9	18	22.54	33.77	72.11	25.00	5.00
1970	9	19	6.37	33.56	71.95	22.00	5.40
1970	10	5	11.44	34.00	72.19	53.00	4.90
1971	1	2	8.41	32.15	68.38	136.00	4.70
1971	3	29	3.31	33.36	71.84	46.00	4.90
1971	3	29	5.38	33.31	72.03	26.00	5.00
1971	4	7	15.10	32.57	69.07	122.00	5.80
1971	7	9	3.03	32.51	71.21	40.00	7.50
1971	7	9	19.15	32.23	71.67	53.00	5.00
1971	7	9	20.19	32.36	71.47	47.00	5.00
1971	7	10	13.04	32.64	71.48	55.00	4.90
1971	7	11	9.51	32.26	71.80	36.00	6.30
1971	7	11	22.38	32.13	71.68	45.00	4.90
1971	7	25	10.07	32.41	71.65	43.00	5.00
1971	7	31	22.08	32.43	71.58	46.00	6.20
1971	8	12	4.22	32.83	72.02	9.00	5.20
1971	9	25	13.05	32.40	73.06	40.00	5.50
1971	9	28	23.16	32.02	69.96	110.00	5.60
1971	10	20	19.07	32.69	71.76	51.00	5.00
1971	10	26	15.14	32.22	71.66	44.00	5.30

SISMOS HISTORICOS Ms >= 4.5

32.00° - 35.00° LATITUD SUR

AÑO	MES	DIA	HORA HH:MM	LATITUD SUR	LONGITU OESTE	PROFUNDIDA KMS	MAGNITUD RICHTER
1972	1	13	14.09	32.31	70.93	80.00	5.50
1972	1	20	12.09	32.71	70.29	98.00	4.60
1972	1	20	12.09	32.71	70.29	98.00	4.60
1972	1	21	21.56	35.02	70.46	20.00	4.90
1972	2	4	5.47	32.18	71.88	23.00	5.20
1972	3	19	22.08	32.63	71.76	40.00	4.60
1972	5	13	15.19	32.73	71.58	38.00	5.30
1972	5	13	21.44	32.69	71.77	40.00	5.30
1972	6	21	20.42	33.86	70.43	138.00	4.60
1972	8	11	21.03	33.15	70.08	114.00	4.70
1972	10	12	20.35	33.90	70.93	80.00	6.20
1973	4	23	15.25	33.93	70.68	87.00	5.70
1973	10	5	5.45	32.98	71.91	14.00	6.50
1973	10	5	5.47	32.51	71.47	33.00	6.70
1973	10	5	7.07	32.93	71.87	24.00	5.60
1973	10	5	23.20	33.07	72.08	29.00	4.60
1973	10	6	4.24	33.06	72.12	21.00	4.70
1973	10	10	21.10	32.71	71.49	19.00	4.90
1973	10	12	4.09	33.12	71.98	29.00	4.90
1973	10	20	12.31	33.23	71.90	38.00	4.60
1973	10	20	12.32	33.30	71.90	43.00	4.60
1974	1	7	19.37	33.10	71.67	24.00	4.90
1974	1	14	13.15	33.02	72.22	26.00	4.60
1974	1	23	21.43	32.16	69.77	115.00	5.00
1974	3	24	10.08	33.04	70.30	104.00	5.20
1974	7	19	2.02	32.78	71.73	44.00	4.50
1974	8	14	17.56	32.74	69.01	132.00	5.60
1974	8	15	18.27	35.22	71.00	96.00	5.60
1974	11	12	5.59	33.15	70.62	90.00	5.50
1974	12	29	17.20	32.99	69.99	99.00	5.50
1975	1	2	21.35	33.12	69.99	108.00	5.00
1975	4	16	19.23	33.50	73.19	18.00	5.00
1975	5	6	18.10	32.91	69.00	26.00	4.90
1975	6	4	14.10	32.56	71.26	91.00	4.60
1975	6	14	10.40	32.49	70.68	94.00	5.80
1975	9	14	12.03	33.78	70.66	37.00	5.70
1976	8	28	16.53	33.78	71.63	47.00	4.70
1976	11	13	2.36	32.83	71.91	56.00	4.60
1977	1	25	0.50	33.58	68.35	17.00	5.30
1977	6	24	0.09	33.96	72.39	26.00	4.60
1977	6	24	0.47	33.95	72.37	35.00	4.50
1977	7	31	18.34	32.70	71.39	62.00	4.70
1977	10	24	16.06	33.18	70.02	112.00	4.60
1977	11	7	10.30	32.53	71.51	84.00	4.90

SISMOS HISTORICOS Ms >= 4.5

32.00° - 35.00° LATITUD SUR

AÑO	MES	DIA	HORA HH:MM	LATITUD SUR	LONGITU OESTE	PROFUNDIDA KMS	MAGNITUD RICHTER
1978	1	20	4.42	34.27	70.19	132.00	5.80
1978	6	7	15.16	32.08	67.55	44.00	4.90
1978	7	15	16.22	33.71	71.03	96.00	5.00
1978	9	15	8.59	32.72	71.65	45.00	4.90
1978	9	18	7.12	32.78	71.74	46.00	4.60
1978	10	11	1.21	34.28	70.15	10.00	4.90
1979	3	7	22.57	32.69	71.94	29.00	4.60
1979	4	26	2.00	33.82	71.90	38.00	5.80
1979	7	6	2.01	32.14	71.32	45.00	5.60
1979	8	28	16.23	34.95	69.17	26.00	4.60
1979	8	28	17.12	34.95	69.28	36.00	4.90
1979	10	11	8.55	33.41	71.73	41.00	5.30
1979	12	30	6.25	32.60	70.52	78.00	5.00
1980	1	14	21.51	33.19	69.45	14.00	5.20
1980	1	15	23.42	33.30	69.50	10.00	4.60
1980	4	25	21.53	32.60	70.07	112.00	4.60
1980	4	26	5.17	33.60	72.28	42.00	4.90
1980	6	11	14.21	32.72	71.64	35.00	5.50
1980	7	13	6.20	33.46	70.18	106.00	5.60
1980	7	18	2.57	32.70	71.63	81.00	4.70
1980	7	31	1.10	32.61	72.76	33.00	4.90
1980	8	22	7.49	34.11	69.53	29.00	4.60
1980	11	25	6.04	34.85	70.74	96.00	4.90
1981	3	23	19.28	33.66	71.89	46.00	6.20
1981	5	6	15.41	32.60	71.59	67.00	4.60
1981	9	30	23.59	34.37	71.84	40.00	4.60
1981	10	16	3.25	33.13	73.07	33.00	7.20
1981	10	22	11.39	33.25	73.14	26.00	4.70
1981	11	7	3.29	32.19	71.33	65.00	6.50
1981	12	14	3.54	33.65	70.44	19.00	4.90
1982	1	11	17.52	32.19	71.31	59.00	4.60
1982	2	25	21.59	33.24	73.25	27.00	4.70
1982	4	26	8.42	32.41	71.59	48.00	4.70
1982	8	3	16.44	32.24	71.46	46.00	5.00
1982	9	6	11.10	32.13	71.45	73.00	5.20
1983	12	15	4.22	33.09	70.12	100.00	6.10
1984	11	18	20.18	32.34	71.81	42.00	4.90

SISMOS HISTORICOS Ms >= 4.5

32.00° - 35.00° LATITUD SUR

AÑO	MES	DIA	HORA HH:MM	LATITUD SUR	LONGITU OESTE	PROFUNDIDA KMS	MAGNITUD RICHTER
1985	1	26	3.06	33.05	68.47	5.00	5.90
1985	1	26	3.57	33.07	68.49	5.00	5.00
1985	2	10	11.38	33.76	72.39	33.00	4.60
1985	2	21	18.53	33.21	71.77	56.00	5.20
1985	2	21	19.23	33.28	71.99	33.00	4.60
1985	2	22	19.06	33.10	71.80	65.00	4.60
1985	2	22	19.33	33.08	71.74	66.00	4.70
1985	2	23	4.35	33.15	71.88	64.00	4.70
1985	2	23	5.45	33.08	71.85	58.00	5.30
1985	2	23	6.01	33.12	71.76	26.00	4.90
1985	2	24	3.12	33.12	69.69	33.00	4.70
1985	3	3	22.46	33.11	71.74	33.00	5.50
1985	3	3	22.47	33.13	71.87	33.00	7.80
1985	3	3	23.38	32.74	71.21	33.00	6.40
1985	3	3	23.38	32.74	71.21	33.00	6.40
1985	3	4	0.11	32.94	71.48	33.00	6.10
1985	3	4	0.27	33.14	71.63	29.00	5.50
1985	3	4	0.32	33.21	71.66	33.00	6.70
1985	3	4	0.40	33.58	71.93	33.00	5.20
1985	3	4	0.46	33.36	72.04	33.00	5.00
1985	3	4	1.07	33.01	72.26	33.00	5.20
1985	3	4	1.16	33.25	72.05	33.00	4.90
1985	3	4	1.49	33.13	72.04	33.00	5.30
1985	3	4	2.08	33.15	72.05	33.00	5.00
1985	3	4	2.29	34.06	71.76	33.00	4.60
1985	3	4	2.56	33.24	72.03	33.00	5.00
1985	3	4	2.57	34.25	72.10	33.00	4.90
1985	3	4	3.17	34.12	71.90	33.00	6.20
1985	3	4	3.32	32.92	71.79	33.00	6.60
1985	3	4	6.06	32.93	71.98	33.00	6.00
1985	3	4	6.10	33.22	71.92	33.00	5.60
1985	3	4	6.17	33.14	72.00	33.00	6.30
1985	3	4	7.41	34.06	71.78	33.00	4.70
1985	3	4	8.39	34.03	71.67	33.00	4.90
1985	3	4	12.02	32.91	71.76	33.00	5.00
1985	3	4	13.00	33.22	71.97	33.00	5.40

SISMOS HISTORICOS Ms >= 4.5

32.00° - 35.00° LATITUD SUR

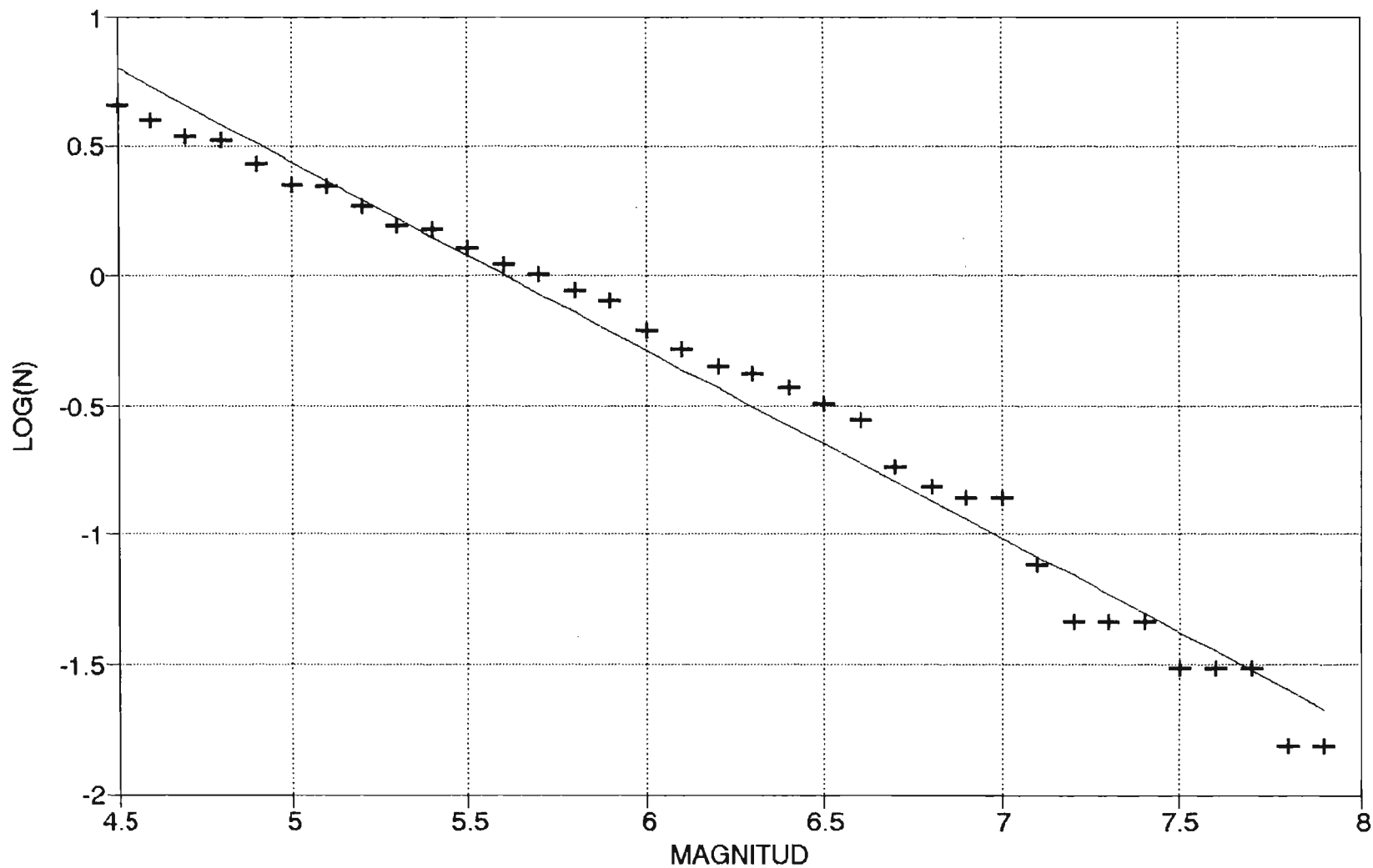
AÑO	MES	DIA	HORA HH:MM	LATITUD SUR	LONGITU OESTE	PROFUNDIDA KMS	MAGNITUD RICHTER
1985	3	4	13.49	33.92	72.28	29.00	5.50
1985	3	4	15.07	33.84	71.25	40.00	6.00
1985	3	4	17.00	34.22	72.26	33.00	5.30
1985	3	4	17.09	34.09	72.33	33.00	5.70
1985	3	4	18.12	33.91	72.21	33.00	5.40
1985	3	4	19.13	32.88	71.82	33.00	6.00
1985	3	4	19.43	33.55	71.96	33.00	4.90
1985	3	4	21.17	33.97	72.06	33.00	4.90
1985	3	5	6.04	33.96	72.39	33.00	5.00
1985	3	5	6.58	33.83	72.17	33.00	4.60
1985	3	5	7.33	32.67	71.71	33.00	4.90
1985	3	5	9.08	34.21	71.71	33.00	5.20
1985	3	5	12.48	33.95	72.14	33.00	4.90
1985	3	5	14.13	32.78	71.81	43.00	4.90
1985	3	5	16.38	33.81	71.70	49.00	4.90
1985	3	5	21.46	33.18	72.30	33.00	5.30
1985	3	6	18.21	33.43	72.43	33.00	4.60
1985	3	7	0.55	32.88	71.89	56.00	5.30
1985	3	7	1.56	32.99	72.12	33.00	5.20
1985	3	7	5.22	33.08	71.83	33.00	4.90
1985	3	7	10.57	33.92	71.92	33.00	5.20
1985	3	7	12.16	33.11	71.70	33.00	4.70
1985	3	8	2.49	33.03	71.86	33.00	4.70
1985	3	9	15.11	33.70	72.30	33.00	5.80
1985	3	10	6.58	33.85	72.12	33.00	4.60
1985	3	10	8.53	32.66	71.67	40.00	5.00
1985	3	12	8.23	33.07	72.19	47.00	5.60
1985	3	12	10.44	33.28	72.36	33.00	5.20
1985	3	17	10.41	32.63	71.55	33.00	6.60
1985	3	17	12.19	32.76	72.10	33.00	4.90
1985	3	18	5.08	32.56	71.52	33.00	5.30
1985	3	18	18.40	33.42	71.91	33.00	4.80
1985	3	19	4.01	33.20	71.65	42.00	6.60
1985	3	19	4.41	33.10	71.74	58.00	4.70
1985	3	20	2.46	33.42	71.79	33.00	4.90
1985	3	22	14.32	34.40	72.11	33.00	4.90
1985	3	23	13.45	34.21	72.02	57.00	5.20
1985	3	23	14.36	33.25	72.20	53.00	5.10
1985	3	24	16.16	34.36	72.26	26.00	5.50

SISMOS HISTORICOS Ms >= 4.5

32.00° - 35.00° LATITUD SUR

AÑO	MES	DIA	HORA HH:MM	LATITUD SUR	LONGITU OESTE	PROFUNDIDA KMS	MAGNITUD RICHTER
1985	3	25	5.14	34.25	72.16	45.00	6.40
1985	4	3	3.57	33.14	72.07	33.00	4.60
1985	4	3	13.06	32.56	71.66	33.00	6.10
1985	4	8	23.27	33.03	71.97	33.00	4.70
1985	4	9	1.56	34.13	71.62	38.00	7.20
1985	4	14	9.30	33.96	72.02	33.00	4.70
1985	4	15	4.41	33.49	71.96	33.00	5.20
1985	4	22	4.19	33.46	72.24	33.00	4.70
1985	4	26	2.53	33.00	71.77	33.00	5.20
1985	5	7	11.14	32.80	71.83	46.00	4.70
1985	5	14	18.50	33.07	72.06	33.00	4.80
1985	5	17	2.44	34.27	72.47	33.00	5.10
1985	5	19	7.07	33.29	72.29	33.00	5.30
1985	5	19	7.23	33.99	72.37	33.00	4.60
1985	5	20	10.22	33.49	72.18	33.00	4.50
1985	6	11	11.12	32.63	71.86	33.00	5.20
1985	6	23	10.09	33.71	70.76	99.00	4.60
1985	6	25	7.20	33.42	71.94	33.00	4.90
1985	7	5	15.22	33.44	72.21	33.00	5.30
1985	7	6	8.33	33.40	72.15	40.00	5.10
1985	7	6	14.36	33.46	72.30	33.00	4.80
1985	7	7	11.25	32.95	72.07	31.00	5.60
1985	7	7	13.05	33.01	72.37	10.00	4.70
1985	7	11	20.31	32.98	72.11	29.00	4.90
1985	7	14	18.20	33.30	72.42	33.00	4.90
1985	7	17	13.53	32.76	71.72	33.00	4.80
1985	7	17	23.04	33.07	71.94	33.00	4.90
1985	8	20	12.21	33.78	72.23	33.00	4.80
1985	9	26	8.08	33.62	71.60	47.00	5.70
1985	9	27	10.17	34.04	72.10	33.00	5.30
1985	10	9	13.42	34.12	71.45	54.00	4.90
1985	11	4	19.12	35.24	70.70	18.00	4.90
1985	11	14	22.32	32.38	69.57	120.00	5.00
1985	11	14	23.33	33.22	70.14	23.00	4.70
1985	12	26	3.59	34.09	70.06	6.00	5.20

CORRELACION MUESTRA TOTAL (32° a 35°)
REGION METROPOLITANA



+ MUESTRA 1920-1985

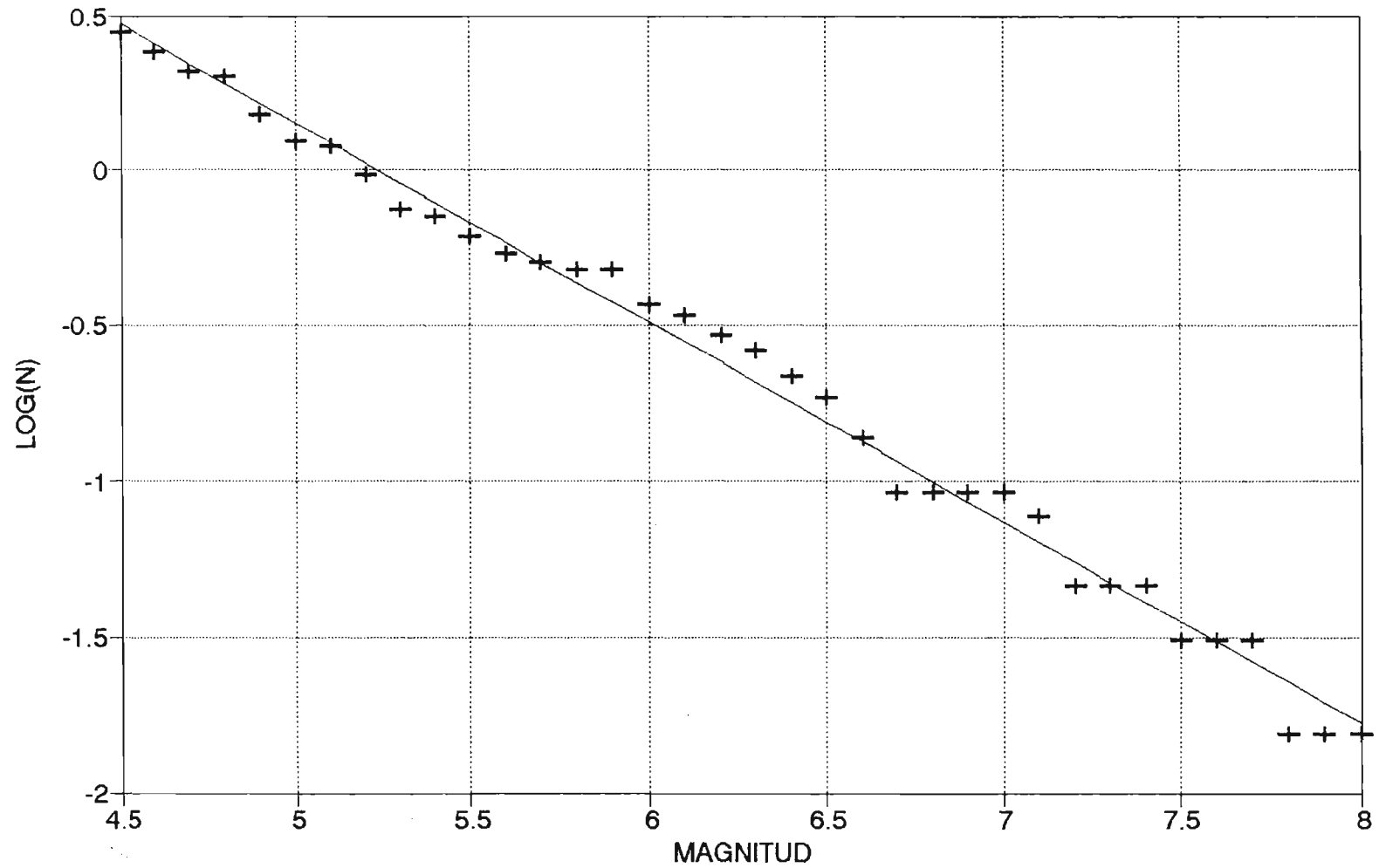
CORRELACION MUESTRA TOTAL

Muestra 1920-1985

Regression Output:

Constant	4.068824
Std Err of Y Est	0.1077
R Squared	0.980071
No. of Observations	35
Degrees of Freedom	33
X Coefficient(s)	-0.72615
Std Err of Coef.	0.018025

CORRELACION SISMOS COSTEROS REGION METROPOLITANA



+ MUESTRA 1920-1985

CORRELACION SISMOS COSTEROS

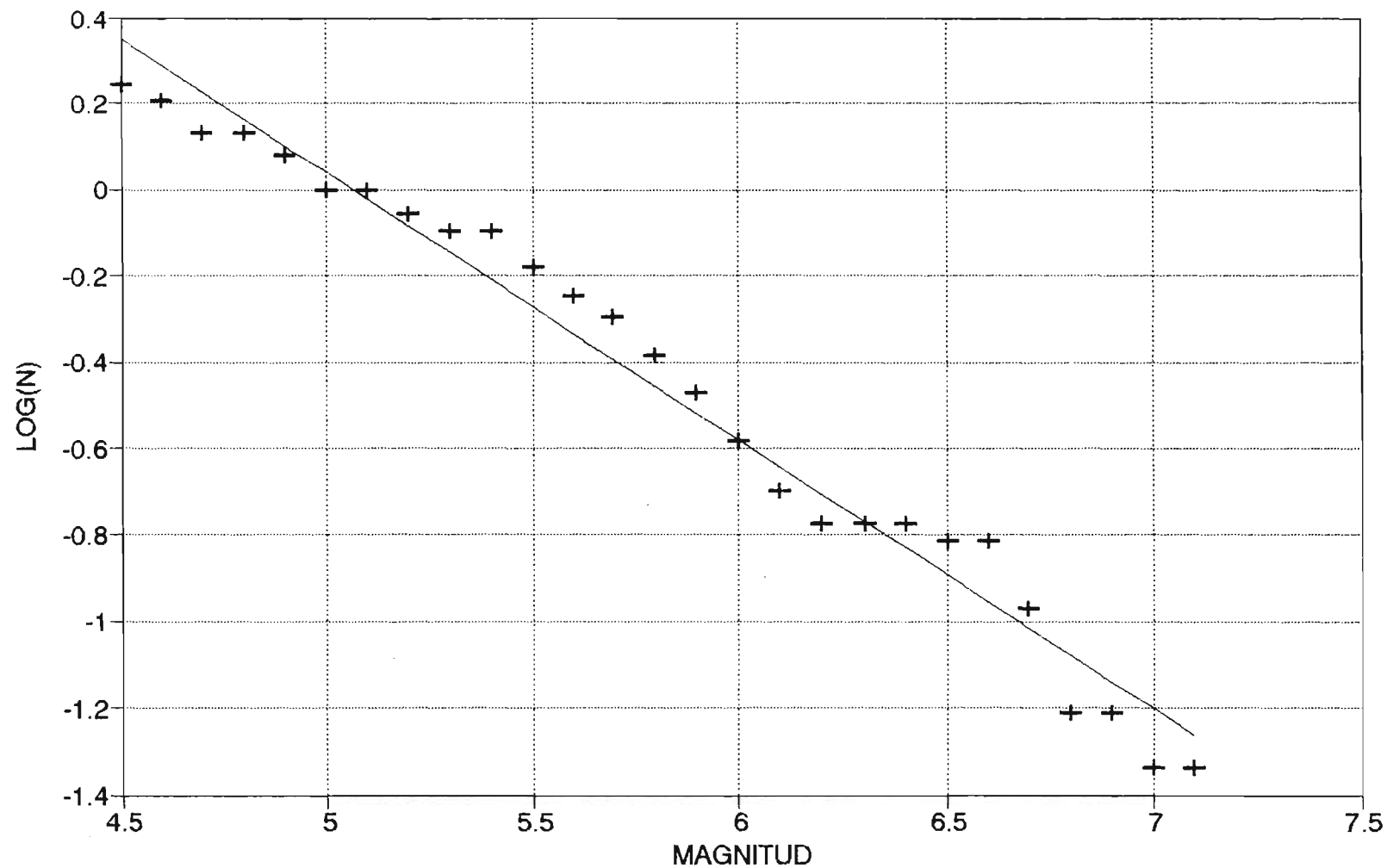
Muestra 1920-1985

Regression Output:

Constant	3.358048
Std Err of Y Est	0.068098
R Squared	0.990231
No. of Observations	36
Degrees of Freedom	34

X Coefficient(s)	-0.64138
Std Err of Coef.	0.010925

CORRELACION SISMOS CORDILLERA REGION METROPOLITANA



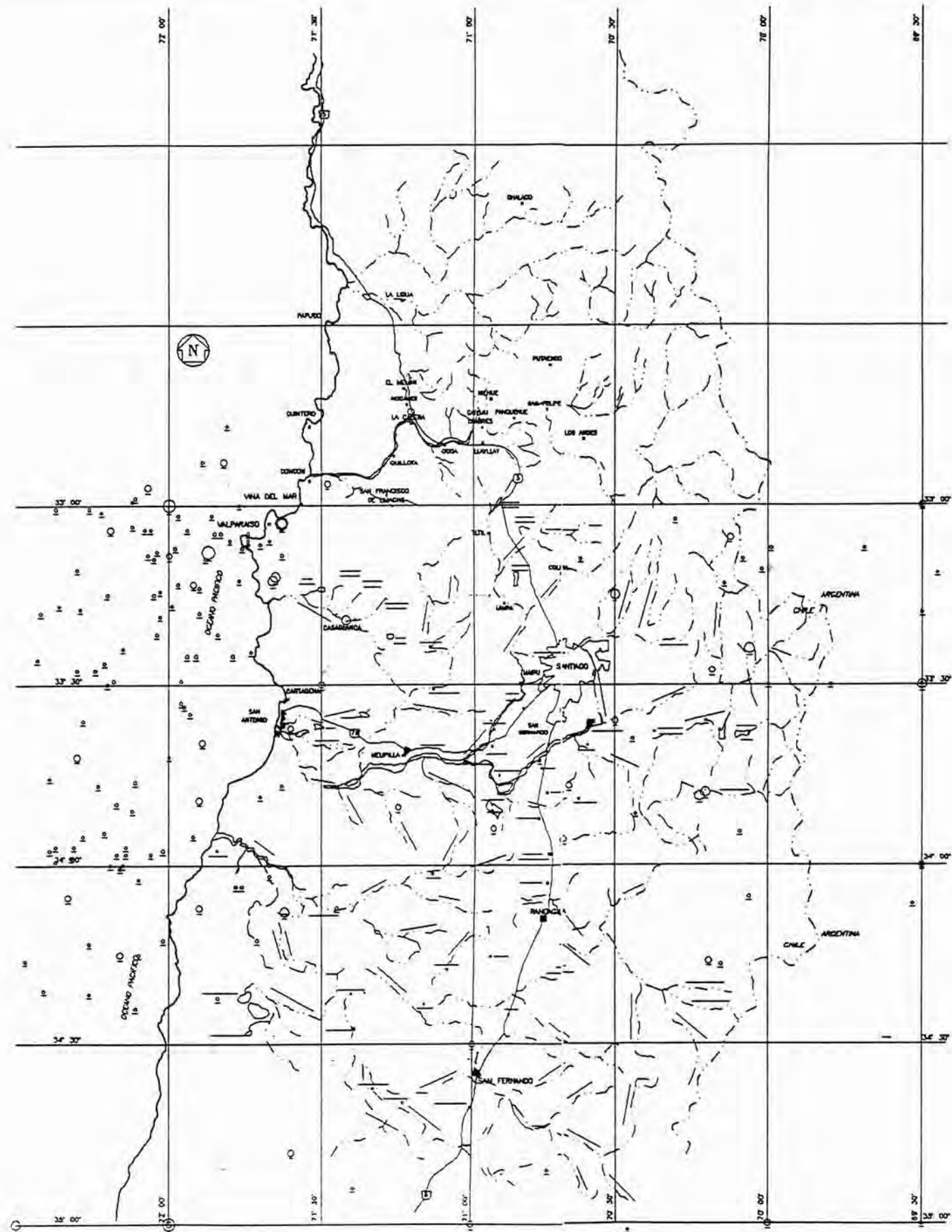
+ MUESTRA 1920-1985

CORRELACION SISMOS CORDILLERANOS

Muestra 1920-1985

Regression Output:

Constant	3.141211
Std Err of Y Est	0.081411
R Squared	0.974377
No. of Observations	27
Degrees of Freedom	25
X Coefficient(s)	-0.62022
Std Err of Coef.	0.020115



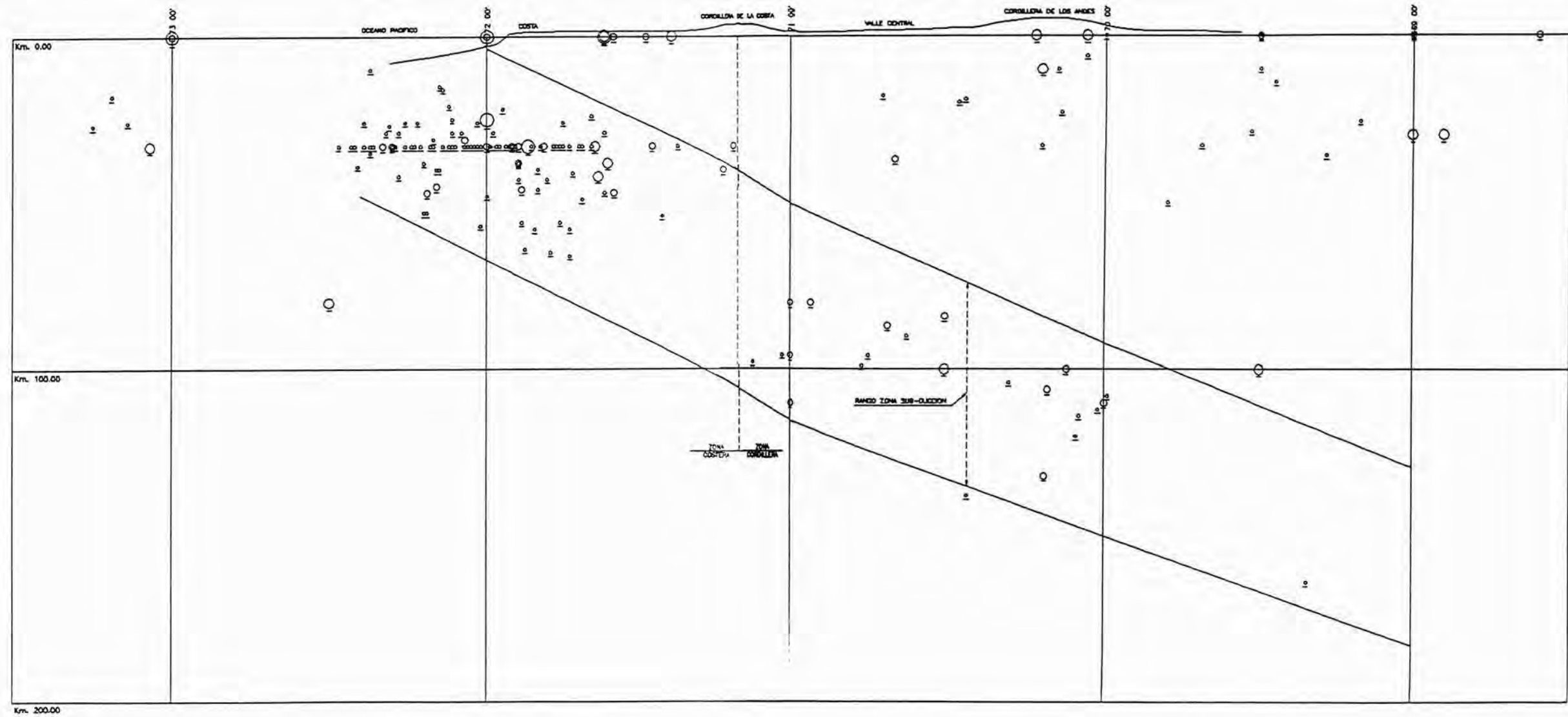
UNIDAD	ESCALA
1:2 - 1:3	0
1:3 - 1:4	1
1:4 - 1:5	2
> 1:5	3



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS DPTO. DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN	
PROYECTO: A.E. INGENIERIA S.A.	OBRAS DE OBRAS PÚBLICAS PROYECTO DE OBRAS PÚBLICAS 1. OBRAS DE OBRAS PÚBLICAS
PLAN: 1 ESCALA: 1:2 FECHA: 1.1.1981	1/2

PERFIL SISMICO

22.44 A 24.20 HOURS LATAM TIME
MAGN. A 7.2.00 HOURS UNIFORM TIME



NOTA - LOS SISMOS MARCADOS EN LINEA 0.00 KM.
CORRESPONDEN A SISMOS DE LOS CUJLES
NO SE TIENE INFORMACION DE PROFUNDIDAD.

PROFUNDIDAD	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0 - 10	○										
10 - 20		○									
20 - 30			○								
30 - 40				○							
40 - 50					○						
50 - 60						○					
60 - 70							○				
70 - 80								○			
80 - 90									○		
90 - 100										○	



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS	
DIRECCION GENERAL DE AGUAS	
DPTO. DE ESTUDIOS Y PLANIFICACION	
PROYECTO	OTRO PROYECTO
ALC. INGENIERIA LTA	OTRO ALC. INGENIERIA LTA
UBI	OTRO UBI
PROY.	OTRO PROY.
CAR.	OTRO CAR.
FECHA	OTRO FECHA
REV. 1.0	OTRO REV. 1.0
REV. 1.0	OTRO REV. 1.0

A N E X O I V

PLANILLAS DE EVALUACION DE RIESGOS

Determinación de acciones desencadenantes

Nombre embalse :

Ubicación Geográfica

Latitud Sur

Longitud Oeste

Caudales Afluentes

Toponimia cuenca

[A] Area
[L] Longitud Cauce
[Dh] Dif. Cotas

 (km²)
 (km)
 (m)

Duración lluvia

 (hr)

Intensidades lluvia

I (10) (mm/hr)
 I (100) (mm/hr)
 I (10.000) (mm/hr)

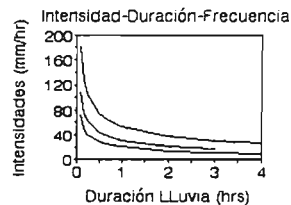
Caudales Aportes Externos

Q1 (m³)
 Q2 (m³)

Sector

Caudales Totales

Q (10) (m³/seg)
 Q (100) (m³/seg)
 Q (10000) (m³/seg)



Aceleraciones Actuantes

Sismo (a): Probabilidad de ocurrencia 2.32%

Costero Ubicación 33°6'Sur 71°54' Oeste
 Profundidad 30 Km
 Magnitud Richter 7.8

Distancia Embalse-Epic. (km)
 Aceleración basal (g)

Sismo (b): Probabilidad de ocurrencia 15.87%

Costero Ubicación 33° Sur 71°54' Oeste
 Profundidad 15 km
 Magnitud Richter 6.5

Distancia Embalse-Epic. (km)
 Aceleración basal (g)

Sismo (c): Probabilidad de ocurrencia 5.46%

Cordill. Ubicación 33°12'Sur 70°30' Oeste
 Profundidad 70 Km
 Magnitud Richter 7.1

Distancia Embalse-Epic. (km)
 Aceleración basal (g)

Sismo (d): Probabilidad de ocurrencia 9.71%

Cordille Ubicación 33°48' Sur 70°12' Oeste
 Profundidad 10 Km
 Magnitud Richter 6.7

Distancia Embalse-Epic. (km)
 Aceleración basal (g)

Evaluación de vulnerabilidad para eventos sísmicos

Nombre embalse :

I.- Datos físicos presa

Altura máxima del muro :

 m

Tipo material construcción :

Compacidad :

Altura freática

 m

Talud aguas arriba :

 °

Talud aguas abajo :

 °

Largo coronamiento :

 m

Ancho coronamiento :

 m

II.- Aceleraciones solicitantes

Eventos considerados

Frecuencia ocurrencia (años)

Sismo placa		Sismo cordillerano	
f=43.0	f=6.3	f=18.3	f=10.3

Factor aceleración resultante

III.- Probabilidad de falla asociada *

Tabulación de probabilidades

No hay falla	Talud aguas abajo	Por coronamiento	Talud aguas arriba	Bajo línea aguas
0.05	0.05 a 0.040	0.040 a 0.75	0.75 a 0.95	0.95

Resultados

Eventos condicionantes

Sismo placa		Sismo cordillerano	
f=43.0	f=6.3	f=18.3	f=10.3

Probabilidad de falla

* Cálculo estabilidad simplificada según modelo SLP.C versión 3.0

IV.- Observaciones

Evaluación de vulnerabilidad por Piping

Nombre embalse :

I.- Datos físicos presa

Altura máxima del muro : m

Talud aguas arriba : H/V

Talud aguas abajo : H/V

Tipo material construcción :

Ancho coronamiento : m

Cohesión (baja/alta)

Ancho basal m

Antigüedad de la presa años

Tiempo de estabilización flujo años

Observación

II.- Probabilidad de ocurrencia en función del período de servicio

Riesgo v/s período de servicio

Menor a 1 año	Entre 1 y 50 años	Mayor que 50 años
0.95	0.95 a 0.05	0.05

Riesgo de aparición de Piping*

* El riesgo se asume proporcional al alejamiento del inicio de operaciones y depende de la altura de la presa a través del período de estabilización del flujo.

III.- Cuantificación del riesgo de Piping dependiendo del estado actual (Vulnerabilidad)

Tabulación de probabilidades

Sin humedad al pie	Saturación abajo	Saturación del pie	Filtración
0.05	0.05 a 0.10	0.10 a 0.20	0.20 a 0.95

Si existe sistema de drenaje, RIESGO MAXIMO : 0

Si el material es cohesivo, RIESGO MAXIMO : 0.05

Probabilidad de falla (vulnerabilidad)

V.- Comentarios

Evaluación de vulnerabilidad para eventos de escorrentia

Nombre embalse :

I.- Capacidad obra de evacuación

Características

Tipo de vertedero :
 Material constructivo :
 Estado de conservación :
 Operatividad :

Dimensiones

Ancho libre m
 Carga de diseño m
 Carga máxima admisible m
 Capacidad estimada m3/s

Canal de descarga

Material constructivo :
 Estado de conservación :
 Operatividad :

Obra de descarga

Material constructivo :
 Estado de conservación :
 Operatividad : Capacidad estimada m3/s

Coeficientes de reducción de capacidad estimados				
Calidad construcción		Estado de conservación		
Obra	Canal	Obra de evacuación		
Evacuación	Descarga			
Hormigón armado	1	1	Optimo estado	1
Albañilería	0.8	0.9	Regular estado	0.8
Suelo natural	0.6	0.7	Mal estado, poco confiable	0.6

Capacidad normal máxim m3/s

Capacidad máxima última m3/s

I.- Caudales afluentes

Eventos considerados

Pluvial
 Frecuencia (años) T=10 T=100 T=10000

Caudales resultantes

II.- Probabilidad de falla asociada

Tabulación de probabilidades

Q afluente < Q normal máx.	Q normal máx. < Q afluente < Q máx. último	Q afluente > Q máx. último
0.05	0.05 a 0.95	0.95

Resultados

Eventos condicionantes

Pluvial
 T=10 T=100 T=10000

Probabilidad de falla

V.- Observaciones

Evaluación de seguridad del valle ante un vaciamiento

Nombre embalse :

Caracterización del cauce y uso del suelo aguas abajo

Tipo de cauce :

Tipo de suelo del cauce :

Pendiente media del cauce :

 %

Ancho medio del cauce :

 m

Distancia a primer centro poblado por el cauce :

 km

Distancia a primer centro poblado desde el cauce :

 km

Distancia a otros poblados ribereños por el cauce :

 km

Distancia a otros poblados desde el cauce :

 km

Densidad de población cercana al tranque :

 Personas/há

Distancia a zonas agrícolas por el cauce :

 km

Distancia a zonas agrícolas desde el cauce :

 km

Distancia hacia infraestructura por el cauce :

 km

Area de riego servida por el tranque :

 há

Características estimadas del vaciamiento

Altura inicial de la onda

 m

Volumen de agua en vaciamiento

 m³

Caudal estimado de crecida

 m³/s

Ancho medio de inundación

 m

Capacidad del cauce inmediato

 m³/s

Estimación probabilidad de daños

	Probabilidad de daño en función de la posición del punto		
FACTOR 1 - Según área de inundación			
Dentro de la faja de inundación	0.50	a	1.0
Fuera de la faja de inundación	0.05	a	0.5
FACTOR 2 - Según la cercanía al embalse			
En el mismo cauce	0.8	a	1.0
En cauce secundario inmediato	0.5	a	0.8
En cauce principal aguas abajo	0.05	a	0.5

Probabilidad de daño determinada

A las personas

A los sectores agrícolas

A las obras de infraestructura

Comentarios

Evaluación del riesgo total de la presa

Nombre embalse :

I. Riesgos determinados (de ocurrencia, de falla, de daños)

De ocurrencia

	Eventos considerados						
	Aceleración Sísmica (%g)				Flujo superficial (m3/s)		PIPING
	De placa		Cordillerano		Pluvial		
Probabilidad ocurrencia	0.023	0.159	0.055	0.097	0.1	0.01	0.0001

De falla que involucre vaciamiento (Vulnerabilidad)

	Eventos considerados						
	Aceleración Sísmica				Flujo superficial		PIPING
	De placa		Cordillerano		Pluvial		
Probabilidad vaciamiento							

De daños hacia aguas abajo (Efecto)

Probabilidad estimada

Personas

Suelos agrícolas

Infraestructura vial o civil

Servicio de riego *

* Se considera si hay falla en el muro, aún cuando no haya vaciamiento

II. Riesgo total

RIESGO (%)	Eventos considerados						
	Aceleración Sísmica (%g)				Flujo superficial (m3/s)		PIPING
	De placa		Cortical		Pluvial		
Personas							
Suelos agrícolas							
Infraestructura externa							
Servicio de riego							

Riesgo máximo

% anual

II. Conclusiones y recomendaciones

A N E X O V

RESUMEN DE FORMULAS Y BIBLIOGRAFIA

A N E X O V

ESTUDIO DE CATASTRO E INSPECCION PRELIMINAR DE EMBALSES II ETAPA, REGION METROPOLITANA

RESUMEN DE FORMULAS Y BIBLIOGRAFIA

I N D I C E

	Página
1. INTRODUCCION	V.1
2. PLANILLA DE EVALUACION DE VULNERABILIDAD PARA EVENTOS SISMICOS	V.2
3. PLANILLA DE EVACUACION DE VULNERABILIDAD PARA EVENTOS DE ESCORRENTIA.	V.4
4. PLANILLA DE VULNERABILIDAD POR PIPING	V.6
5. PLANILLA DE EVALUACION DE SEGURIDAD DEL VALLE	V.7
6. BIBLIOGRAFIA	V.9

A N E X O V

ESTUDIO DE CATASTRO E INSPECCION
PRELIMINAR DE EMBALSES

II ETAPA, REGION METROPOLITANA

RESUMEN DE FORMULAS Y BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUCCION.

En el presente anexo se hace una esquematización del llenado de las Planillas de Evaluación de Riesgo, esto a modo de resumen, pues el detalle de cada uno de los ítemes de las planillas se encuentra comprendido en el Informe.

Luego, para cada parte de las planillas de vulnerabilidad y seguridad del valle, se resumirá la fórmula empleada para su llenado y se dará la referencia donde aparece el detalle de un llenado. Hay que recordar que para ciertos casos particulares la solución puede ser una combinación de fórmulas o casos, cada planilla comienza con el nombre del embalse a que corresponde.

2. PLANILLA DE EVALUACION DE VULNERABILIDAD PARA EVENTOS SISMICOS.

El llenado de la primera parte corresponde a los datos físicos de la presa, que aparece explicado en el punto 6.3.1 del Informe.

Las aceleraciones sísmicas son determinadas, de acuerdo a lo expuesto en el Anexo III del Informe.

El análisis general de estabilidad se hace de acuerdo a lo expuesto en el punto 5.4.

La estabilidad del muro se analiza estudiando el mecanismo de falla por un método simplificado basado en lo planteado por Fellenius. Lo que hace este método, es analizar todas las cuñas posibles de falla y determinar un factor de seguridad, el análisis realizado da excelentes resultados para muros de no más de 25 metros de altura, a medida que se aumenta la altura del muro se va cometiendo cierto error.

Los parámetros del suelo se determinan según el cuadro 1.12 que aparece en el Libro "Curso Aplicado de Cimentaciones". Colegio de Arquitectos de Madrid - 1989.

A continuación se plantea la formula empleada para el análisis.

$$F.S. = \frac{\sum_{i=1}^n C l_i + w_i \operatorname{tg} \phi (\cos \alpha_i - k \operatorname{sen} \alpha_i) - u l_i}{\sum_{i=1}^n w_i (k \cos \alpha_i + \operatorname{sen} \alpha_i)}$$

Donde:

- F.S. = Factor de seguridad
- C = Cohesión del suelo
- w_i = Peso de la i-esina dovela
- ϕ = Angulo de fricción interna del suelo
- l_i = Longitud de la i-esina dovela
- u = Peso de la columna de agua (nivel freático)
- α_i = Angulo con respecto a la horizontal de la i-esina dovela
- k = Coeficiente de aceleración sísmica.

Finalmente, una vez analizado el mecanismo de falla, $FS \leq 1.0$, se procede a asignar la probabilidad de falla de acuerdo a lo expuesto en el punto 4.4.1 del Informe.

3. PLANILLA DE EVALUACION DE VULNERABILIDAD PARA EVENTOS DE ESCORRENTIA.

En la primera parte de esta planilla se determina la capacidad de la obra evacuadora según lo explicado en el punto 6.3.2 del Informe.

Para la determinación de las capacidades de los vertederos se ocupó la siguiente fórmula:

$$Q = m L h \sqrt{2 g h}$$

Donde:

Q	=	Caudal evacuado
m	=	Coeficiente de gasto según Boussinesq
L	=	Longitud del vertedero
h	=	Altura de carga del vertedero
g	=	Aceleración de gravedad

Para el caso en que se trate de una tubería de fondo se ocupó la siguiente fórmula, sólo para diámetros reducidos.

$$Q = \sqrt{2} \text{ gh} * A$$

Donde:

Q = Caudal
h = Altura de carga sobre la tubería
A = Sección de la tubería.

Hay que recordar que la solución puede ser una combinación de casos o bien, algún otro que debe ser abordado en forma especial.

Los caudales afluentes se determinarán según lo expuesto en el Anexo II, donde la duración de la lluvia es determinada utilizando la fórmula de Giandotti.

$$t = \frac{4 \sqrt{S} + 1.5 L}{0.8 H}$$

Donde:

t = Duración de la lluvia en horas
S = Superficie de la cuenca en Km²
L = Longitud del cauce principal en Km.
H = Altura media de la cuenca sobre el punto estudiado, en metros



Luego el caudal afluente se estima utilizando la fórmula Racional:

$$Q \text{ máx} = \frac{C * I * A}{3,6}$$

Donde:

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad media máxima de la lluvia durante el tiempo t

A = Superficie de la cuenca

Finalmente la probabilidad de falla asociada se asigna según el criterio expuesto en el punto 4.4.2 del Informe.

4. PLANILLA DE VULNERABILIDAD POR PIPING.

Esta planilla se llena según lo expuesto en el punto 6.3.3 del informe, donde el tiempo de estabilización del flujo es estimado de forma tal que una partícula de agua se mueve a razón de 5 metros al año en dirección horizontal.

Finalmente la cuantificación del riesgo por piping se hace según el punto 4.4.3 del Informe.

5. PLANILLA DE EVALUACION DE SEGURIDAD DEL VALLE.

Esta planilla se llena según lo expuesto en el punto 6.4 del Informe.

Luego las características de la onda de crecida, producida por un eventual vaciamiento se determinará según lo expuesto en el punto 4.2 del Informe, a continuación se resumen las hipótesis adoptadas más algunas fórmulas empleadas.

Hipótesis:

- La falla alcanza un ancho de 1.5 veces la altura del agua
- En la garganta se produce altura crítica ($2/3 H$ embalse)
- La diferencia entre la altura crítica y la altura por aguas abajo es de 1.5
- El tiempo de vaciamiento es $2v/Q$ máx

Luego:

- | | | | |
|---|--------------------------------|---|--|
| - | Altura inicial de la onda | = | Altura del Muro |
| - | Volumen de agua en vaciamiento | = | Volumen embalsado |
| - | Caudal estimado de crecida | = | $2.56 H^{5/2}$
(H = altura muro) |
| - | Ancho medio de inundación | = | $\frac{L_c * h_{ind}}{H}$ |

Donde:

Lc = Largo del coronamiento del muro

H = Altura del muro

$$H_{ind} = \left[(2)^{5/3} * \frac{Q * n}{\sqrt{i}} * \frac{H}{Lc} \right]^{3/8}$$

Donde:

Q = Caudal estimado de crecida

n = Coeficiente de rugosidad del cauce "Manning"

i = Pendiente longitudinal media del cauce.

La estimación de probabilidad de daños se hace de acuerdo al punto 4.4.4 del Informe.

6. BIBLIOGRAFIA.

- "Elementos de Hidrología". Espíldora, Brown, Cabrera, Isensee. Centro de Estudios Hidráulicos. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile - 1975.
- "Manual de Gráficos y Tablas para el Curso de Hidráulica de Canales". Ayala, Tamburrino. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile - 1984.
- "Curso Internacional de Presas y Embalses". CEDEX, MOP.V, España - 1979.
- "Mecánica de Suelos". Lambe, Whitman. Editorial Linusa, México 1972.
- "Regionalización Sísmica de Chile". Barrientos S. Tesis para optar al Grado de Magíster en Geofísica. Universidad de Chile 1980.
- "Fórmulas de Atenuación Considerando el Terremoto de 1985". V Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica. Santiago - Chile - 1989.

A N E X O V I

GLOSARIO

DEFINICION DE TERMINOS

ESTUDIO DE EMBALSES MAYORES

A N E X O VI

ESTUDIO DE CATASTRO E INSPECCION PRELIMINAR DE EMBALSES II ETAPA. REGION METROPOLITANA

GLOSARIO

DEFINICION DE TERMINOS ESTUDIO DE EMBALSES MAYORES

I N D I C E

	Página
1. ALTURA MAXIMA DEL MURO.	VI.1
2. REVANCHA MINIMA O REVANCHA MINIMA CONOCIDA.	VI.1
3. LONGITUD VERTIENTE O ANCHO LIBRE.	VI.2
4. CARGA DE DISEÑO.	VI.2
5. CARGA MAXIMA ASMISIBLE.	VI.2
6. CAPACIDAD ESTIMADA DE OBRA DE EVACUACION.	VI.2
7. CAPACIDAD ESTIMADA DE OBRA DE DESCARGA.	VI.3
8. CAPACIDAD NORMAL MAXIMA.	VI.3
9. CAPACIDAD MAXIMA ULTIMA.	VI.3
10. ALTURA INICIAL DE LA ONDA.	VI.3

CONTINUACION:

	Página
11. VOLUMEN DE AGUA DE VACIAMIENTO.	VI.4
12. CAUDAL ESTIMADO DE CRECIDA.	VI.4
13. ANCHO MEDIO DE INUNDACION.	VI.5
14. CAPACIDAD DEL CAUCE INMEDIATO.	VI.6
15. REVANCHA MINIMA RESPECTO AL UMBRAL DE EVACUACION.	VI.6
16. TIEMPO DE ESTABILIZACION DEL FLUJO.	VI.6



A N E X O VI

ESTUDIO DE CATASTRO E INSPECCION
PRELIMINAR DE EMBALSES
II ETAPA, REGION METROPOLITANA

GLOSARIO

DEFINICION DE TERMINOS
ESTUDIO DE EMBALSES MAYORES

1. ALTURA MAXIMA DEL MURO.

Desnivel máximo a lo largo del coronamiento entre el pie del talud exterior y la cota del coronamiento.

2. REVANCHA MINIMA O REVANCHA MINIMA CONOCIDA.

Desnivel mínimo que se ha producido en el tiempo, entre la cota de agua y la cota menor del coronamiento, o también estimada. Si no hay antecedentes o rastros para su estimación se supone igual a la revancha mínima con respecto al umbral de evacuación.

3. LONGITUD VERTIENTE O ANCHO LIBRE.

Longitud por la cual vierte el agua por encima de la cota umbral de la obra evacuadora.

4. CARGA DE DISEÑO.

Altura de agua por sobre la cota umbral del vertedero hasta una cota delimitada por la obra evacuadora (puede ser material de protección, carga máxima de manera que no se ahogue la obra evacuadora o simplemente una carga estimada).

5. CARGA MAXIMA ADMISIBLE.

Es la máxima altura de agua por sobre la cota umbral del vertedero de manera que no produzca riesgo de daño al muro. (erosión evidente o sobrepasarlo en cotas deprimidas).

6. CAPACIDAD ESTIMADA (de Obra de Evacuación).

Es el caudal estimado de la obra evacuadora considerando una carga de diseño.

7. CAPACIDAD ESTIMADA (de Obra de Descarga).

Es el caudal estimado máximo que puede ser evacuado por la obra de entrega cuando el nivel de agua es máximo.

8. CAPACIDAD NORMAL MAXIMA.

Es el caudal obtenido por la suma de la capacidad estimada de la obra de evacuación, disminuido por los coeficientes de reducción y la capacidad estimada de la obra de descarga.

9. CAPACIDAD MAXIMA ULTIMA.

Es el caudal obtenido por la suma de la capacidad estimada de la obra de evacuación, pero calculada con la carga máxima admisible, disminuido por los coeficientes de reducción y la capacidad de la obra de descarga.

10. ALTURA INICIAL DE LA ONDA.

Es la altura inicial de la onda de vaciamiento justo en el momento de la rotura del embalse, si está lleno se supone igual a la altura máxima del muro.

11. VOLUMEN DE AGUA EN VACIAMIENTO.

Es el agua que se evacua del embalse ante una rotura del muro, se supone que es menor o igual al volumen estimado del embalse lleno.

12. CAUDAL ESTIMADO DE CRECIDA.

Es el caudal que se produce por vaciamiento al romperse el muro. Se supone las siguientes hipótesis:

- a) Altura Crítica : 2/3 altura del muro
- b) Ancho de Ruptura : 1,5 altura del muro

Resolviendo la Ecuación con Froude = 1 implica que:

$$Q = 2,56 H^{(5/2)}$$

Donde: H = Altura del Muro

13. ANCHO MEDIO DE INUNDACION.

Es el ancho medio estimado que inunda agua abajo del muro al producirse un vaciamiento. Para su cálculo se supone que la forma de la topografía es similar a la ubicada en el muro, se cálculo por:

$$\frac{L_c * h_{in}}{H_{muro}}$$

$$h_{in} = \left[2^{(5/3)} \frac{Q_n}{v_i} * \frac{H_{muro}}{L_c} \right]^{(3/8)}$$

Donde:

Lin : Ancho Medio de Inundación
 Lc : Largo de Coronamiento
 hin : Profundidad de Inundación
 H muro : Altura Máxima del Muro.

14. CAPACIDAD DEL CAUCE INMEDIATO.

Es el caudal que se puede encauzar aguas abajo del muro. Se supone que su capacidad, es al menos, el caudal estimado para la crecida centenaria.

15. REVANCHA MINIMA RESPECTO AL UMBRAL DE EVACUACION.

Es el desnivel entre la cota más deprimida del muro y la cota umbral del vertedero.

16. TIEMPO DE ESTABILIZACION DEL FLUJO.

Es el tiempo que demora el agua en recorrer las líneas de flujo por debajo del muro, en régimen permanente. Para su estimación se ha supuesto que es equivalente al tiempo calculado para una línea de flujo de longitud de ancho basal del muro a una velocidad de 5 m/año.

Este tiempo se compara con el mínimo entre la antigüedad de la presa y la antigüedad desde la última reparación estructural del muro, con el objeto de estimar la probabilidad de ocurrencia en función del período de servicio en la hoja de evaluación por piping.