

Microsystem - MOP_DGA



▷ **HITO HISTÓRICO**

DIRECCION GENERAL DE AGUAS
Comisión Ejecutiva de Aguas Continentales
Unidad de Documentación



OBRAS TRAS EL TERREMOTO DE VALDIVIA OPERACION RIÑIHUE

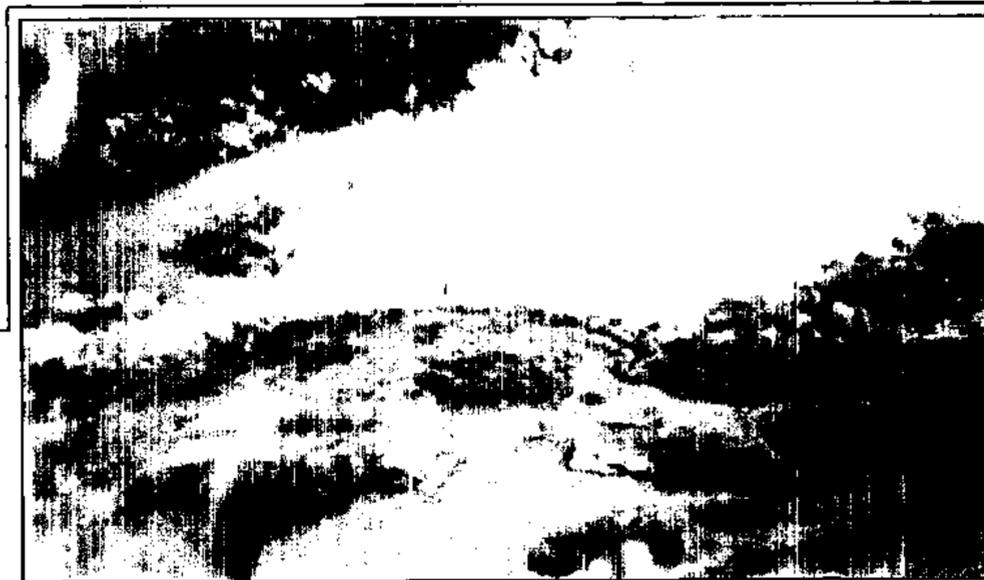
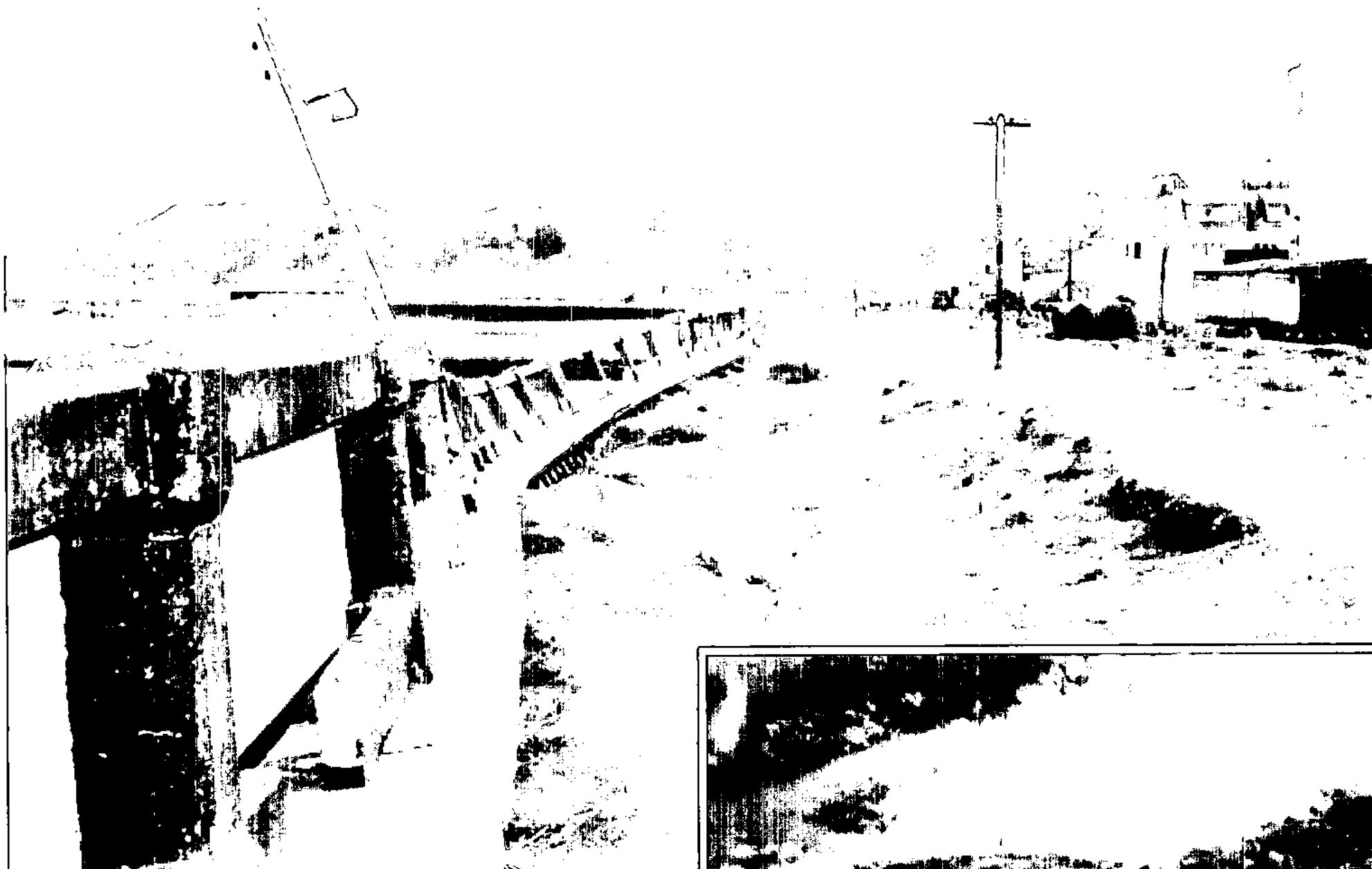
Más conocidas como "El Riñihuazo", las faenas comandadas por ENDESA consistieron en construir un canal a través de tres deslizamientos de tierra -producto del terremoto de 1960- que obstruyeron el río San Pedro, desagüe natural del lago Riñihue que acumulaba peligrosamente grandes cantidades de agua, que amenazaban con un feroz aluvión. Una historia apasionante y con final feliz.

NICOLE SAFFIE G.
PERIODISTA REVISTA BIT

H

ABÍA QUE ACTUAR RÁPIDO. El terremoto de Valdivia del 22 de mayo de 1960 no sólo destruyó buena parte de esa ciudad, hundiéndola en más de 1 m, sino que sus consecuencias amenazaban con borrar del mapa lo poco que había quedado en pie. La fuerte intensidad del movimiento telúrico -9,5 en la Escala de Richter, el más alto que se ha registrado en la historia- provocó tres deslizamientos de tierra que obstruyeron el río San Pedro, desagüe natural del lago Riñihue.

Un desastre. La tierra se abrió, las capas acuosas del fondo resbalaron a más de 200 m de profundidad, arrastrando consigo enormes cantidades de barro y detritus. Selvas enteras se desplazaron a más de 500 m de su lugar de origen; troncos quebrados rodando al fondo de las grietas, junto con piedras y ramas. Efectos multiplicados por el terreno blando de la zona de origen fluvio-glacial. Como explica el informe de los geólogos Juan Karzulovic y Stanley Davies, las depresiones ocupadas por los lagos alrededor del río Valdivia se provocaron por la acción abrasiva del hielo, correspondiente a glaciaciones que



depositaron morrenas terminales. Éstas cerraron los cauces originando los lagos actuales.

El terreno donde se ubica el lago Riñihue y sus alrededores se conforma por una serie de capas, las que en total tienen un espesor de 120 metros. La primera, la más antigua, se compone de rocas metamórficas. La segunda es de morrena glacial cementada, con un alto contenido de arcilla, muy densa y resistente, que resistió el terremoto. En la parte superficial se ubican sucesivas capas de depósitos lacustres, donde se alternan arcillas, bolsones de arenas volcánicas, piedra pómez y limos, sobre el cual se encuentra la materia orgánica.

Con esta composición, no resulta difícil imaginar que la fuerza del terremoto haya provocado tres grandes obstrucciones (tacos) en el cauce del San Pedro. El primero de ellos era el más pequeño, de 400 m de largo y 300 m de ancho, con una altura de rebalse sobre el lecho de 26 m, ubicado a 2 km de la desembocadura del lago. A 600 m de allí se encontraba el segundo derrumbe de 700 m de largo por 600 de ancho, y una altura de 32 metros. Finalmente, el tercero presentaba mayores dimensiones con una longitud de 2 km, 1 km de ancho y una altura de 43 metros. Esta última barrera se encontraba

FICHA TÉCNICA

Nombre: Operación Riñihue

Ubicación: 80 kilómetros de Valdivia, X región

Causa: Terremoto de Valdivia, 22 de mayo 1960, 9.5° Escala de Richter

Duración de las obras: 2 meses

Taco 1: 400 m de largo y 300 m de ancho, altura de 26 metros

Taco 2: 700 m de largo y 600 m de ancho, altura de 32 metros

Taco 3: 2 km de largo y 1 km de ancho, altura de 43 metros

Caudal lago Riñihue: 360 m³/seg

Volumen de agua retenido estimado: 3.500 millones de m³

Caudal máximo del canal: 7.450 m³/seg

a 4,5 km de la desembocadura del Riñihue.

En total, el volumen deslizado de tierras alcanzó aproximadamente 34 millones de m³, de acuerdo a una investigación geotécnica realizada por el Instituto de Investigaciones y Ensayos de Materiales de la Universidad de Chile (IDIEM), en 1968. Tal cantidad de material actuó como un gran corcho al fondo de un embudo, dejando al Riñihue completamente estancado.

La amenaza

La primera noticia de los derrumbes llegó al día siguiente del terremoto. Una familia que vivía sobre el terreno deslizado, a tan sólo 80 km de Valdivia, dio la alarma sobre el hecho. Inmediatamente, ingenieros del Ministerio de Obras Públicas y la Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA) se dirigieron hasta la zona afectada y repararon en la gravedad de la situación. Con el desagüe cerrado, el lago comenzó a aumentar rápidamente su nivel, a razón de un metro cada tres días. Esto, porque el Riñihue es el último recipiente de una cuenca lacustre que se inicia en Argentina.

La cadena se conforma de los siguientes lagos: Lácar, Pirihueico, Panguipulli, Pellaifa, Calafquén, Pullinque y Riñihue. Éste último recibe un caudal de unos 360 m³ por segundo. En total, más de treinta millones de m³ al día que comenzaron a acumularse e incremen-

tarse rápidamente con las lluvias.

Si no se hacía algo rápido, en poco tiempo el agua acumulada rebasaría los obstáculos generados por el terremoto. Como la más grande y alta de las tres barreras se encontraba más distante del lago, el enorme volumen de agua retenido, estimado en 3.500 millones de m³, arrasaría con el montículo y desaguaría violentamente por el río San Pedro. Se calculaba que esto ocurriría en un período de dos meses aproximadamente, cuando el nivel de agua alcanzaría su cota máxima.

La información disponible en la época hacía predecir que la resultante del rebase sobre el tercer obstáculo, tendría un caudal máximo entre 15.000 y 20.000 m³/seg al comienzo del río. Con el avance de las aguas se produciría un efecto de amortiguación y lo más probable es que esta enorme masa de agua alcanzaría en Valdivia valores entre 10.000 y 15.000 m³/seg, un rango sustancialmente superior al rango máximo alcanzado en cien años de entre 2.000 y 5.000 m³/segundo.

En conclusión, la tragedia podía ser aún peor. Al desastre generado por el terremoto, los antecedentes anteriores hacían pensar que la ya desbastada región podía quedar sepultada bajo las aguas. Esto no sería algo inédito, pues una situación muy similar ya se había producido hacía casi cuatro siglos, en 1575, cuando un terremoto -registrado por el cronista Mariño de Lobera- también produjo de-

Perfiles Angulo Gerdau AZA Los únicos claramente identificados

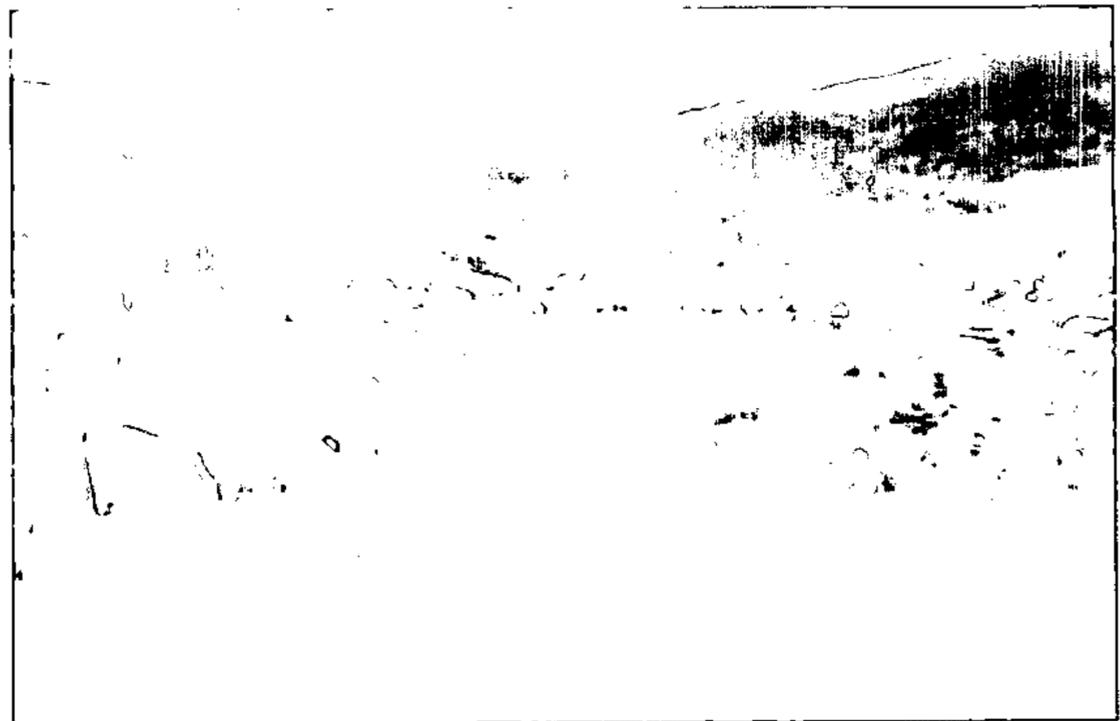


GERDAU AZA

Marca de Calidad

www.gerdauaza.cl

Con la obstrucción del desagüe del lago Riñihue, más de 30 millones de m³ al día se acumulaban peligrosamente, amenazando con sepultar bajo las aguas lo poco que había quedado tras el terremoto.



rumbes que taparon el desagüe del Riñihue. El agua se acumuló, sobrepasando los tacos y formando un aluvión de 12 metros de altura que destruyó las incipientes ciudades de La Imperial, Ciudad Rica (Villarica), Osorno y Valdivia.

La historia se repetía, pero nadie quería el mismo final, por ello las obras comenzaron en una carrera contra el tiempo. No había más de dos meses. El objetivo principal consistía en producir el desagüe del lago al nivel más bajo posible y que el descenso del agua ocurriera lenta y gradualmente. El propósito estaba claro, el problema era cómo lograrlo.

Varias fueron las ideas que se propusieron. Una de ellas fue bombardear con explosivos, lo que fue descartado porque –además del peligro de producir nuevos deslizamientos– no habría dado resultado debido al material que formaba los tacos. También se pensó en el uso de monitores (chorros de agua a presión) para rebajar los montículos, pero también se desechó tanto por su bajo rendimiento como porque esta acción requiere de instalaciones de gran magnitud, lo

que no se podría haber realizado en un corto tiempo.

Dado a que se contaba con maquinaria estándar de movimiento de tierras –debido a que ENDESA construía en ese momento la planta hidroeléctrica de Pullinque, a doce kilómetros al norte del lago Panguipulli–, se consideró que la mejor alternativa era hacer un nuevo canal por donde desaguara el lago. Como explica Guillermo Noguera, ingeniero que presenció las obras en el Riñihue, “los tacos estaban formados por material removible, suelto, entonces la idea

BIT 57 NOVIEMBRE 2007 ■ 85

L 40X40X3

Dimensiones del producto

A270ES

Grado del acero

46343

N° de colada

Un producto identificado es un producto seguro

• Desde ahora todos los perfiles ángulo Gerdau AZA vienen identificados con su marca de calidad, las dimensiones del producto, el grado del acero y la colada de donde provienen.

• Desde ahora conozca la trazabilidad del perfil ángulo y no lo mezcle con otros de distintas características.

Perfiles Angulo Gerdau AZA, cumplen los requisitos de la Nueva Norma NCh203 Of.2006



Certificación ISO 9001
Sistemas de Gestión Certificados ISO 9001

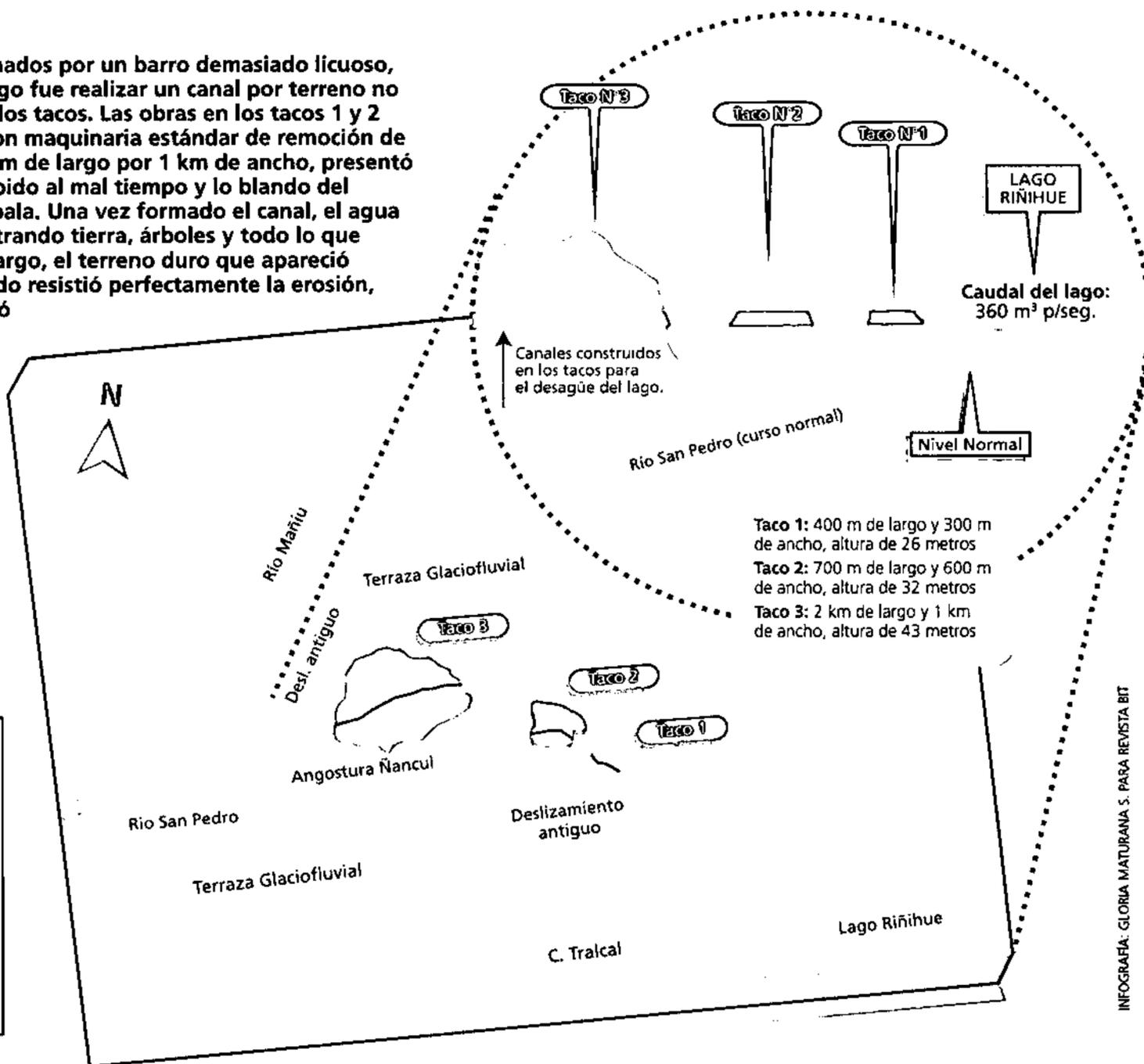


GERDAU AZA®

Conciencia de acero.

Como los tacos estaban formados por un barro demasiado licuoso, la opción para destapar el lago fue realizar un canal por terreno no perturbado a un costado de los tacos. Las obras en los tacos 1 y 2 se realizaron sin dificultad con maquinaria estándar de remoción de tierra, pero el tercero, de 2 km de largo por 1 km de ancho, presentó las mayores dificultades. Debido al mal tiempo y lo blando del terreno, se debió excavar a pala. Una vez formado el canal, el agua socavó los montículos, arrastrando tierra, árboles y todo lo que encontró a su paso; sin embargo, el terreno duro que apareció a los pocos metros en el fondo resistió perfectamente la erosión, limitando el caudal, que llegó a alcanzar 7.450 m³/seg.

Tres tacos o montículos de barro y detritus taparon completamente la desembocadura del lago Riñihue, acumulándose una gran cantidad de agua que amenazaba con deshacer los tacos y formar un gran alud que cubriría la ciudad de Valdivia y sus alrededores.



INFOGRAFÍA: GLORIA MATORANA S. PARA REVISTA BIT

era hacer el canal en una zona no perturbada por los deslizamientos, de manera que el agua pasara lo más lentamente posible”.

Manos a la obra

Las intensas lluvias aumentaron rápidamente el nivel de las aguas, de 35 cm a más de 60 cm diarios. Para tratar de aminorar este efecto y ganar algo de tiempo, se procedió a hacer un cierre parcial de los lagos que descargaban los mayores caudales en el Riñihue. No se realizó un cierre completo porque se habrían inundado todos los pueblos ribereños.

El cierre de la salida del lago Calafquén se efectuó rápidamente y sin mayores dificultades, pues el agua discurría por una garganta rocosa de sólo unos 20 m de ancho, que no fue difícil obstruir con un muro enrocado de 6 m de altura. El objetivo de esta obra era almacenar 200 millones de m³ en el Calafquén, reduciendo la subida del Riñihue en 1,7 metros. Por otra parte, había que bloquear el Panguipulli. Para esto se decidió cerrar una sección del río Enco de poco fondo y de fácil acceso para el equipo. Para aminorar la cuantía de su caudal, se construyeron muros de aproximadamente 200 m de largo y de 3 m de altura, entre dos islas cercanas a la salida, creados con material de acarreo fluvial. Gracias a estos trabajos se redujeron en 230 millones de m³ el volumen de agua que entraba al Riñihue,

disminuyendo en 2,10 m su subida.

Finalmente había que cerrar la salida del lago Pirihueico, que resultó la más compleja porque no se contaba con el material adecuado. Entonces, se ingenió un verdadero dique formado por troncos y relleno de tierra. Esto significó la retención de 100 millones de m³ en el lago y la disminución del nivel en 90 centímetros.

En total, estas tres obras evitaron la entrada de más de 500 millones de m³ al Riñihue, reduciendo su nivel máximo en casi cinco metros y ganando 15 valiosísimos días para la construcción del canal.

Otra obra se ejecutó en la angostura de Nancul, con el propósito de disminuir la capacidad del cauce. Se trataba de formar un muro de enrocado de la mayor altura posible y con el material menos erosionable que se pudiera obtener. Para formar este dique se tronó el acantilado norte de la garganta constituida por material morrénico. Sin embargo, el derrumbe resultó bastante disgregado, por lo que no se pudo obtener los bloques del tamaño esperado para resistir la erosión.

Contra viento y lluvia

A pesar de los cierres parciales, el tiempo adicional no daba para celebraciones, y el reloj seguía corriendo implacable. A esa altura, ya no era posible excavar secciones capaces de evacuar caudales como los que aflúan al Riñihue. Entonces, se optó por construir canales

Para evitar que el nivel de las aguas continuara subiendo y así ganar algunos días para las faenas en el Riñihue, se efectuó un cierre parcial en los lagos Calafquén, Panguipulli y Piriñueico.

pequeños, los que se ampliarían simultáneamente con el escurrimiento del agua.

Los trabajos en la primera obstrucción fueron los más sencillos, debido a su reducido volumen de excavación y fácil acceso. Tras 22 días de faenas, el agua ya pasaba por este canal e inundaba la poza existente entre el primer y segundo montículo. La vía en la segunda barrera se excavó en terreno no removido de la ribera sur, con una sección rectangular de 4 m de ancho mínimo. De la longitud de 600 m se excavó el canal hasta la cota 116, salvo un tramo de 100 m que se dejó a la cota 118. El 29 de junio de 1960, el agua empezó a escurrir por la obra finalizada.

La construcción del canal en el tercer taco era el paso clave, ya que de esta faena dependería el éxito o fracaso de toda la operación. Y fue, sin duda, la más compleja del proyecto. A los pocos días de iniciado el trabajo con los bulldozers, se produjo un intenso temporal. La lluvia hacía cada vez más licuosa la masa de barro a excavar, dificultando enormemente el avance. Como relata el historiador Leopoldo Castedo en su libro Hazaña del Riñihue, "(...) Se dedicaba más tiempo a las faenas para desembarrar las palas que en empujar con ellas las pegajosas paredes de barro. Para desenterrar una máquina era necesario operar con otras cuatro o cinco. Era una pelea desigual, y para los hombres y las máquinas, completamente perdida".

Un testigo de la proeza entrega detalles a Revista BIT: "El clima era pésimo, era difícil llegar con la maquinaria, se enterraron los tractores, se enterraron las palas, se enterró todo. Entonces se tuvo que seguir prácticamente a mano", recuerda Guillermo Noguera. Los cerca de 450 trabajadores encargados de realizar el canal, liderados por Raúl Sáez, gerente general de ENDESA de aquella época, formaron una verdadera cadena de barro. El iniciador de esta cadena recogía una pala de materia acuosa y resbaladiza, y la depositaba en la pala que esperaba en el escalón inmediato. De aquí, otro palero recogía la carga para descargarla en la del compañero, y así sucesivamente hasta llegar, con más agua que barro, a la que debería ser la superficie transitoria del canal. "Es como pretender vaciar el océano con un balde", fue el comentario de uno de los hombres. La obra era tan lenta que se debía trabajar en tres turnos diarios, de forma continuada.

Las críticas y el final

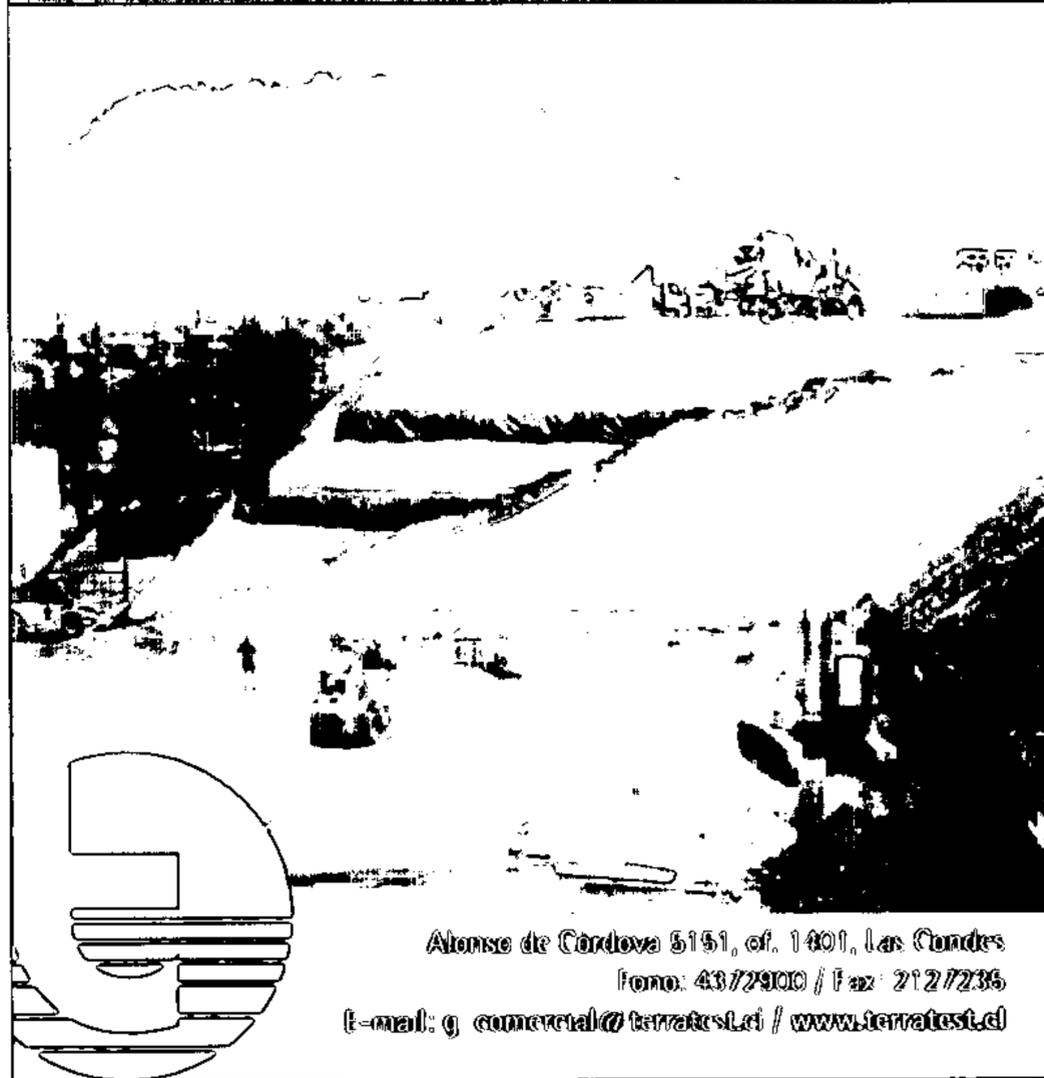
Debido a esta lentitud, la operación Riñihue comenzó a recibir numerosas críticas. Como apareció en una editorial del diario El Mercurio del 21 de julio de 1960, "(...) en círculos de oposición ha comen-

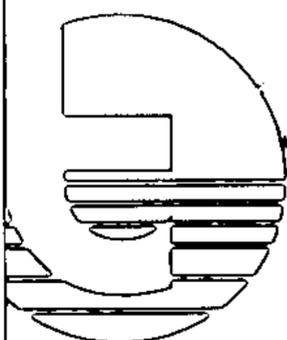


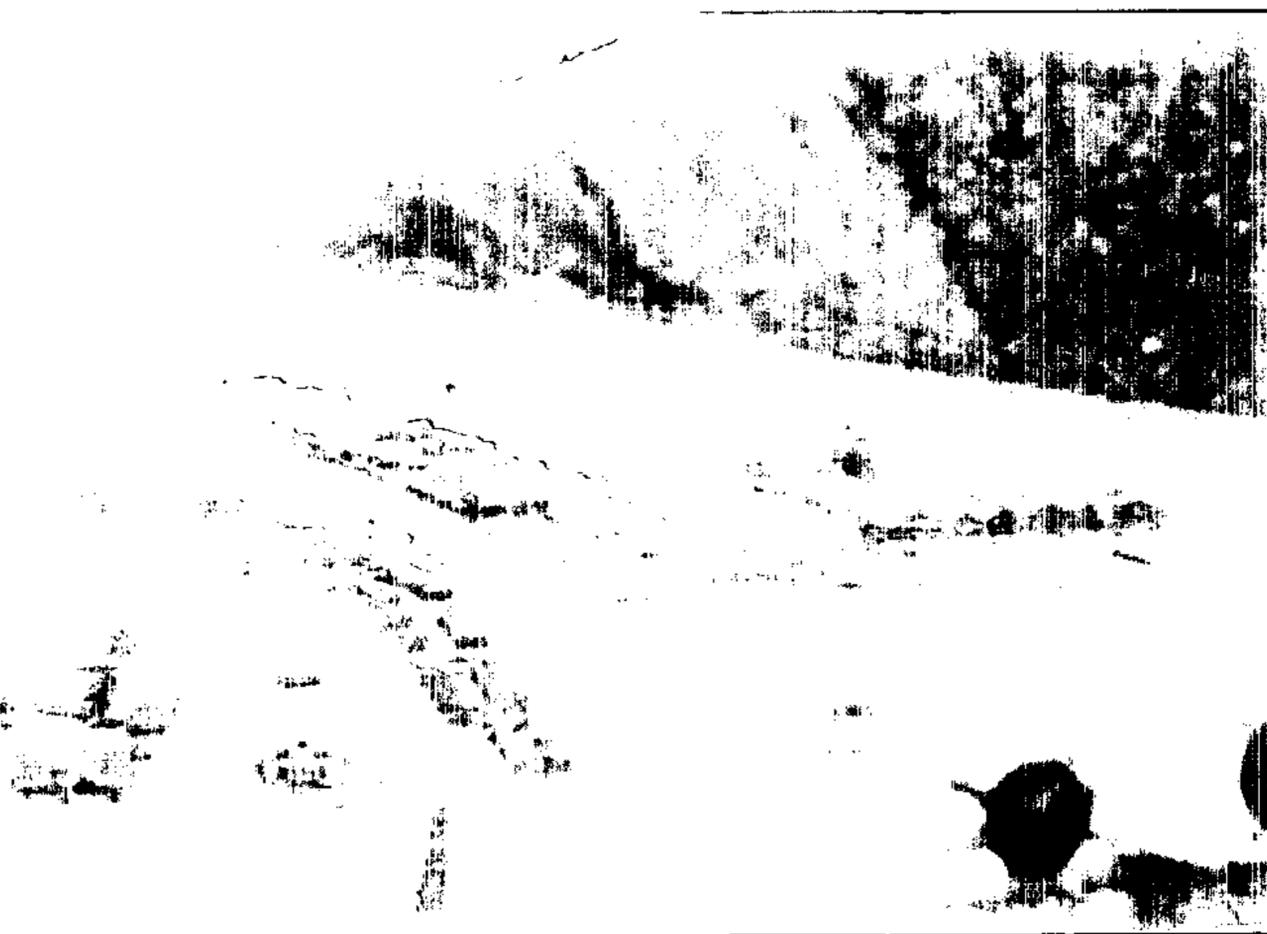
BIT 57 NOVIEMBRE 2007 ■ 87

 PILOTES
TERRATEST

SOIL NAILING COLEGIO EVEREST




Alonso de Córdoba 5151, of. 1401, Las Condes
Fono: 43729000 / Fax: 2127235
E-mail: g_comercial@terratest.cl / www.terratest.cl



La temida ola de diez o quince metros que borraría a Valdivia del mapa, fue reemplazada por una lenta inundación de dos metros sobre el antiguo nivel del río que cubrió la ciudad y todos sus alrededores.

la pendiente del canal, lo que se lograba destruyendo las zonas de terreno duro. Así, se formó un gran salto de 15 m de altura, que fue reducido en 2 m con dinamita, aumentando el caudal a 350 m³/segundo.

La última etapa era la de la crecida. Aquí el caudal sólo estaría fijado por las condiciones del terreno elegido para la construcción del canal. El 24 de julio, a las 10 de la mañana, el canal se desbordó formando un segundo salto, paralelo al anterior y a unos 10 m de distancia. Al comienzo su caudal era insignificante, unos 100 a 200 l/segundo. Pero de pronto, ese pequeño 'by-pass' comenzó a agrandarse rápidamente, hasta que en sólo 2 horas todo el caudal escurrió hacia la segunda grada. La parte

superior de ésta continuó profundizándose, disminuyendo la altura del salto. El caudal comenzó a aumentar relativamente rápido, produciendo una gran erosión en los taludes, los que se desmoronaron. Enormes árboles fueron llevados por la corriente. De esta manera el cauce, que tenía entre 10 y 15 m de ancho, aumentó a 80 y hasta 100 metros

zado a criticarse la demora, y a pedir que se nombren comisiones para establecer cómo se han llevado los trabajos y cuánto se ha invertido en ellos". Pero, como explica Guillermo Noguera, "el hecho de haber buscado el terreno no perturbado de la terraza que había al otro lado, fue una buena decisión. Este valle glacial tenía capas duras y capas blandas; las primeras retardaron un poco las obras, las segundas contribuyeron a una erosión rápida. Pero todo anduvo bastante bien".

Cuando se decidió abrir el canal, éste estaba rebajado a la cota 121 entre los kilómetros 0.650 y 1.000, y a la cota 120 en el resto; mientras que el lago Riñihue se encontraba en la cota 122.15. En muchas partes el canal no llegaba a los 2 m de ancho en la base y había algunas zonas en que apenas sobrepasaba 1 metro. Se estimaba que en el primer momento se escurrirían 2 m³/seg., pero debido a unas enormes piedras que fueron imposibles de remover, sólo escurrieron 600 l/seg, que incluso disminuyeron a 150 l/seg por efecto de los derrumbes que se produjeron luego de abrir el canal. "Primero empezaron a escurrir 15 litros, como una acequia regadora, después esto fue aumentando y por los bordes, mediante chuzos y picotas, fueron ampliando el canal y el agua empezó a llevarse el material. Raúl Sáez dijo que esto era como estar en la Creación. Las aguas comenzaron a retomar su rumbo; fue muy impresionante ver cómo se ampliaba el cauce que había sido excavado con mucha dificultad", recuerda Guillermo Noguera.

Una vez abierto el canal, el trabajo consistió en tres fases. La primera fue impedir que se produjeran derrumbes que obstaculizaran el cauce. También se ayudó al arrastre de material mediante pistones de bombeo, entre otros elementos. Después de diez días, el caudal aumentó en 24 m³/segundo. La segunda etapa consistió en ayudar de forma más directa y masiva a la erosión, de modo de aumentar el caudal. Esto se hizo, por una parte, ensanchando el cauce, eliminando las irregularidades y enderezando el trazado utilizando explosivos. Y por otra, ayudando a la erosión retrógrada con el fin de aumentar

Entonces fue cuando llegó el momento decisivo de la operación Riñihue. Si el cauce no encontraba terreno firme, el vaciado del lago se produciría en pocas horas con un enorme caudal. Pero a los pocos metros de socavación apareció el terreno duro esperado, el que resistió extraordinariamente bien la erosión. Las gradas que existían en el material del fondo del lecho formaron pequeños saltos que fueron cruciales para limitar el caudal, el que llegó a alcanzar 7.450 m³/seg cuando ya el lago había bajado más de 6 metros.

De esta forma, la temida ola de diez o quince metros que borraría a Valdivia del mapa, fue reemplazada por una lenta inundación de dos metros sobre el antiguo nivel del río que cubrió la ciudad y todos sus alrededores. La crecida llegó a 6.700 m³/seg., bastante menor a lo que habría alcanzado si no se hubiera construido el canal, evitándose así la temida tragedia. ■

<http://www.memoriachilena.cl/mchilena01/temas/dest.asp?id=terremotosvaldivia&pag=0>

EN SÍNTESIS

El terremoto de Valdivia de 1960 produjo tres grandes tacos, formados por barro y detritus, que bloquearon completamente la desembocadura del Lago Riñihue. Dado su caudal, se preveía que en dos meses el agua acumulada sobrepasaría el último de los tacos, formando un enorme alud que cubriría todo Valdivia y las zonas aledañas. Para evitar este desastre, ENDESA comenzó la llamada "Operación Riñihue", que consistió en hacer un canal por el terreno no perturbado, de modo que el agua fluyera lo más lentamente posible.

CENTRO DE INFORMACION DE RECURSOS HIDRICOS



3 5617 00005 4239



OFICINA : 379
NOMBRE : GRANEROS

CONVENIO: 0010603971
RUT : 96678790-2 NOMBRE: FORUM SERV FINANCIEROS

IDENTIF. DOCUMENTO	MONEDA	FORMA PAGO	MONTO
--------------------	--------	------------	-------

0162532618 PESOS EFECTIVO

211.458,00

TOTAL FORMA PAGO :
TOTAL COMPROBANTES FORMA PAGO :

211.458,00
1

TOTAL CONVENIO :
TOTAL COMPROBANTES CONVENIO :

211.458,00
1