

U 1386
C1

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

Dirección General de Obras Publicas

DIRECCION DE RIOS

CORPORACION de FOMENTO	
Depto. Recursos Hidráulicos	
Ofna. Archivo	No. 7

SOBRANTES DE AGUA EN EL RIO ARA

SANTIAGO, Febrero 1967.

ANTECEDENTES

El presente informe fué encomendado a la Dirección de Riego por el señor Ministro de Obras Publicas don Edmunda Parra Zúñiga, en sesión del comité de fecha 4 de Enero del presente año, que estudia los recursos de agua del río Loa para nuevas demandas para uso doméstico, minero y de regadío.

En líneas generales, se encomendó a la Dirección de Riego el estudio de los sobrantes del río Loa una vez satisfechas las necesidades actuales de todos los usuarios. Para este efecto, y previa autorización del señor Ministro, se contrató el estudio hidrológico completo del río Loa con el Ing. señor Absalón Monsalve M., ex-funcionario de la Dirección de Riego, quién con fecha 31 de Enero del presente año, entregó un informe completo titulado " Hidrología del Loa y Embalse Conchi para uso industrial ". Anteriormente, a fines de 1966, la Dirección de Riego había contratado con el mismo ingeniero el reconocimiento de todas las posibles gargantas para la ubicación de embalses, tanto en el río Loa como en sus afluentes principales. El Sr. Monsalve entregó con fecha 29 de Diciembre de 1966 un informe titulado " Posibilidad de Embalses en el río Loa y en su afluente el Salado ".

Un resumen de estos informes se expondrá en forma somera a continuación y se darán, además, conclusiones y recomendaciones que a juicio de la Dirección de Riego solucionan el importantísimo problema del aprovechamiento de los escasos recursos de agua del río Loa.

1.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Las conclusiones y recomendaciones que hace la Dirección de Riego a través de este informe, sobre los sobrantes de agua del río Loa para usos domésticos, mineros o agrícolas, son los siguientes :

- a) El río Loa y sus afluentes, río San Pedro y río Salado, están totalmente agotados para nuevas concesiones continuas, sean éstas para usos doméstico, minero o agrícola.
- b) Cualquiera nueva concesión que se otorgue en el río Loa y sus afluentes deberá serla en perjuicio de los actuales usuarios de las aguas. Como lógica consecuencia, el otorgamiento de nuevas concesiones repercutirá en forma caótica en la agricultura de la zona y traerá consecuencias graves para el país entero.
- c) Toda nueva concesión que se otorgue en el río Loa y sus afluentes y que no perjudica a los actuales usuarios, solo será posible hacerla mediante, un embalse de regulación en la angostura de Conchi (río Loa, aguas abajo de la confluencia con el río San Pedro y aguas arriba del río Salado) y el drenaje de los Ojos de San Pedro (en el río Sn. Pedro).
- d) El río Salado está totalmente agotado incluso para las concesiones actualmente otorgadas. No existe ninguna posibilidad razonable de aprovechamiento futuro ni aún con obras de regulación.
- e) La solución inmediata es la construcción del embalse Conchi y el drenaje de los Ojos de San Pedro. La capacidad del embalse Conchi deberá determinarse de acuerdo a las necesidades reales mineras y domésticas que requieren urgente solución.

- f) Determinada la capacidad del embalse Conchi para las necesidades actuales, en conformidad a la letra e), es posible su aprovechamiento futuro para nuevas concesiones siempre que se racionalice la actual agricultura de la zona. El embalse Conchi podrá permitir en el futuro, en estas condiciones, un incremento superior al 85% de gasto continuo que representan esas necesidades.
- g) Dada la urgencia y la importancia de las nuevas concesiones que deben otorgarse en el río Loa para el desarrollo minero y doméstico, el Supremo Gobierno debe ordenar el inmediato estudio de las obras propuestas y además, comenzar un plan integral de racionalización del agua de la zona en estudio. Es posible que la solución recomendada en este informe sea insuficiente a corto plazo si se toman en cuenta los incrementos vegetativos de la población de la zona, el aumento de la actividad minera y el mayor desarrollo industrial del país.

2.- RESUMEN Y COMENTARIOS DE LOS INFORMES DEL INGENIERO SEÑOR ABSALON MONSALVE M.

El informe titulado "Posibilidad de Embalses en el río Loa y en su afluente el Salado" es concluyente al afirmar que la ubicación de un embalse en la angostura del río Loa en Conchi (aguas abajo del río Sn. Pedro pero aguas arriba del río Salado) es la más factible desde el punto de vista geológico y que la Angostura de Ayquina, en el río Salado, tiene serios interrogantes, respecto a la impermeabilidad de las laderas, que con seguridad imposibilitan fundar un muro en condiciones económicamente razonables. Las demás angosturas analizadas a lo largo del río Loa y sus afluentes son descartadas por la gran pendiente longitudinal que acusan.

Los informes geológicos que posee la Dirección de Riego, confirma en lo fundamental la opinión que al respecto formula en su informe el Sr. Monsalve. En conclusión, puede afirmarse que la angostura de Conchi en el río Loa constituye el lugar adecuado para la construcción de un embalse. Debe dejarse establecido, eso sí, la necesidad de efectuar sondeos en la angostura a fin de tener la certeza efectiva de tal conclusión.

Con respecto al informe titulado "Hidrología del Loa y Embalse Conchi para uso Industrial" el Ing. Sr. Monsalve parte haciendo una revisión completa de la hidrometría e hidrología del río Loa, para lo cual, la Dirección de Riego le proporcionó todos los antecedentes disponibles a la fecha. Resultado de esta revisión pueden sintetizarse en :

- a) Estadística de los gastos medios mensuales, sobrantes una vez satisfechas las mercedes domésticas, mineras e industriales existentes a la fecha, del río Loa en Conchi y en Yalquincha y del río Salado en Ayquina.

- b) El río Salado en Ayquina está totalmente agotado, aún para las mercedes actuales existentes. No hay ninguna posibilidad técnicamente razonable de construir un embalse para los sobrantes normales y solo sería posible la construcción de un gran embalse que aprovechara crecidas accidentales de algunos años para regularlos año a año. Esta solución es a todas luces antieconómica y de resultados inciertos y precarios debido a la escasez absoluta de estadísticas reales de creces en el río Salado.

Son estas las razones, fuera de las dadas en el primer informe citado, que hacen que la angostura de Ayquina se rechace definitivamente.

- c) Los recursos de agua del río Loa están totalmente agotados para nuevas concesiones continuas ya sean estas para uso doméstico, minero o de regadío. Solo existe la posibilidad del aprovechamiento de los sobrantes, que son discontinuos, mediante obras de regulación.

Esta es la razón que, junta con la expresada en el primer informe, hacen de la angostura de Conchi la solución para el aprovechamiento de los sobrantes del río Loa con fines domésticos, mineros o de regadío.

El informe complementa esta revisión hidrométrica e hidrológica con la regulación de un embalse en la angostura de Conchi y cuyos resultados pueden resumirse en :

- a) La estadística de los gastos medios mensuales del río Loa en Conchi (22 años) permite regular los sobrantes, una vez satisfechas las necesidades de los derechos actuales tanto domésticos como mineros y respetando a su vez las necesidades agrícolas de Calama y Chiu-Chiu, mediante un embalse en la angostura en Conchi.

- b) Los sobrantes regulados han sido incrementados en 100 lt/seg provenientes del drenaje de Los Ojos de San Pedro y disminuidos en 140 lt/seg por efectos de evaporación, filtraciones y compensaciones de errores.
- c) Se efectúa la regulación del embalse, pero sin cubrir los déficits de riego. Esta hipótesis concuerda con las bases del estudio al respetar la situación actual de los regantes pero sin entrar en obras de mejoramiento.
- d) El resultado de la regulación del embalse arroja los siguientes valores (Seguridad 100%) :

Gasto disponible lt/seg.	Capacidad de Embalse m3.
160	2.250.000
459 #	4.500.000
660	6.475.000
1.060	13.750.000

- # Puede observarse que para la merced de uso minero solicitada por CHILEX bastará con un embalse de 4.500.000 m3.

3.- SOLUCION PROPUESTA POR LA DIRECCION DE RIEGO.

Un análisis cuidadoso de los informes del Ing. señor A. Monsalve M. permite afirmar que son satisfactorios y que entregan antecedentes suficientes para proponer al Supremo Gobierno una solución al problema del aumento de las necesidades de agua para usos domésticos y mineros de la zona en cuestión, sin detrimento de la actual agricultura de la región de Calama.

Antes de avanzar en materia diremos, aunque sea repetición de lo dicho más arriba, que la Dirección de Riego hace suyo el estudio hidrológico presentado y la exploración y reconocimientos efectuados en el río Loa y sus afluentes. En otras palabras, aprueba en todas sus partes los siguientes puntos de los informes del Sr. Monsalve:

- a) Estadísticas de los gastos medios mensuales en el río Loa (Conchi y Yalquincha) y en el río Salado (Ayquina). Se deja establecido eso sí, que éstas estadísticas deberán ser ampliadas con los aforos directos que efectúa la Dirección de Riego. Las estadísticas aprobadas corresponden al análisis solamente de los aforos reales existentes a la fecha.
- b) El río Loa, hasta Yalquincha, está agotado para la concesión de nuevas mercedes continuas y solo es posible conceder nuevas mercedes mediante la construcción de un embalse de regulación. La única angostura posible, dentro de límites razonables, es la de Conchi. La concesión de nuevas mercedes, sin obras de regulación, deben perjudicar necesariamente y en forma catastrófica a los actuales usuarios y que en esta zona, por razones obvias serían los agricultores de la región (Calama y Chiu-Chiu).

- c) El río Salado, hasta su confluencia con el Loa, está totalmente agotado aún para las actuales mercedes concedidas y en consecuencia, ni siquiera con obras de regulación (Angostura de Ayquina) es posible su aprovechamiento. Debe dejarse establecido que en la actualidad no se han ejercido en su totalidad las mercedes otorgadas (faltan 190 lt/seg).

Con respecto a la regulación del río Loa, en la angostura de Conchi, (véase letra d del párrafo 2 del presente informe) la Dirección de Riego la estima correcta, solamente en base a las hipótesis de respetar, pero sin mejorar seguridad de riego, a los actuales regantes, supuesto eso sí, un derecho teórico y no real de las necesidades agrícolas de Calama y Chiu-Chiu.

El estudio habría sido más racional e integral si se hubiera mejorado la seguridad del riego, obteniéndose en este caso volúmenes de embalse superiores a los indicados en el informe.

Por el solo hecho de suponer tasas teóricas y no las tasas reales que se usan en la zona, la solución propuesta en el informe implica indirectamente un estudio agro-económico de la zona, redistribución de la tierra y obras de regadío anexas, todo lo cual requiere un tiempo largo que es difícil compaginar con la urgencia de la solución que obliga el problema del aumento de la producción del cobre y el aumento de los consumos de agua para fines domésticos de la zona. Es por este motivo que la Dirección de Riego estima necesario enfocar este problema desde otro punto de vista, que aunque pesimista y muy conservativo, permita garantizar una solución inmediata que, por una parte, no modifique, en absoluto, el estado actual de la agricultura y por otra parte permita en el futuro su aprovechamiento integral cuando, efectuados los estudios y obras necesarias, pueda racionalizarse la deficiente y anacrónica agricultura de la zona.

Para este estudio partiremos de las siguientes hipótesis, que son realidades de la explotación actual del recurso agua para uso agrícola:

- a) El período de riego se extiende desde Agosto hasta Abril (ambos meses inclusive). Esta hipótesis prevalecerá aún para una tasa racional y beneficiosa.
- b) De los gastos sobrantes que escurren por la angostura de Conchi, lugar de regulación, sólo serán aprovechables para nuevas concesiones los de los meses de Mayo, Junio y Julio, en el resto de los meses se considerará que el sobrante es nulo. Esta hipótesis es demasiado pesimista y conservativa, pero es la única que permite entregar una solución inmediata al problema materia de este informe.

Aceptadas estas hipótesis y la estadística de los gastos medios mensuales del río Loa en Conchi, tendremos los elementos necesarios para determinar el volumen de almacenamiento del Embalse Conchi.

A continuación se indica una tabla de aportes y demandas al embalse. (Se han eliminado los años 1960, 1962 y 1965 por estar incompleta la estadística)

A ñ o	Aportes (May. Jun. Julio) m ³ /seg.	Aportes nuevas demandas (m ³ /seg.) para gasto continuo de		
		0.50	0.55	0.60
1917	6.12	† 0.12	- 0.48	- 1.08
1918	7.25	† 1.25	† 0.65	† 0.05
1919	7.66	† 1.66	† 1.06	† 0.46
1948	7.79	† 1.79	† 1.19	† 0.59
1949	6.45	† 0.45	- 0.15	- 0.75
1950	6.16	† 0.16	- 0.44	- 1.04
1951	6.09	† 0.09	- 0.51	- 1.11

A ñ o	Aportes (May. Jun. Julio) m3/seg	Aportes nuevas demandas (m3/seg) para gasto continuo de		
		0.50	0.55	0.60
1952	7.35	† 1.35	† 0.75	† 0.15
1953	8.73	† 2.73	† 2.13	† 1.53
1954	9.21	† 3.21	† 2.61	† 2.01
1955	7.53	† 1.53	† 0.93	† 0.33
1956	6.72	† 0.72	† 0.12	- 0.48
1957	7.02	† 1.02	† 0.42	- 0.18
1958	6.40	† 0.40	- 0.20	- 0.80
1959	6.10	† 0.10	- 0.50	- 1.10
1961	8.84	† 2.84	† 2.24	† 1.64
1963	5.69	- 0.31	- 0.91	- 1.51
1964	6.59	† 0.59	- 0.01	- 0.61
Máximo déficit compensado:		0.31	1.40	No hay
Gasto continuo (9 meses) :		4.50	4.95	embalse
Volumen necesario m3/seg/mes :		4.81	6.35	posible
Volumen necesario m3/ :		12.600.000	16.700.000	

Fácilmente se concluye que para gastos continuos de 0.35, 0.40 y 0.45 m3/seg los volúmenes necesarios de embalse serían de : 8.300.000, 9.500.000 y 10.700.000 m3 respectivamente.

En resumen tendríamos la siguiente tabla, análoga a la indicada en la letra d) del párrafo 2 del presente informe:

Gasto disponible (lt/seg)	Capacidad de Embalse (m3.)
350	8.300.000
400	9.500.000
450	10.700.000
500	12.600.000
550	16.700.000

(Los gastos disponibles tienen 100% de seguridad).

En esta regulación no se ha considerado el gasto probable de los Ojos de San Pedro el que dejaremos pendiente para la discusión y análisis que sigue. También puede observarse que no se han considerado la evaporación ni otras mermas como tampoco los gastos de invierno necesarios en esos tres meses para la bebida de animales, lavado de bodegas, etc. A este respecto solo diremos que este estudio es demasiado conservativo y pesimista por lo que nos permite afirmar que tanto la evaporación como otras mermas (filtraciones etc.) están compensadas con creces con los sobrantes que durante alguno de los nueve meses de riego no son utilizados y respecto a los gastos de los otros tres meses (Invierno) basta comparar la estadística del río Loa en Yalquincha con la de Conchi para tener la completa seguridad que estas necesidades quedan satisfechas totalmente.

Con el análisis expuesto estamos en condiciones de definir y comparar ambas regulaciones, la del Ing. señor Monsalve y esta última. Podemos definir a esta última regulación, la que mantiene la actual situación de los regantes como "Solución inmediata" y a la regulación del Ingeniero señor Monsalve como "Solución futura", puesto que requiere para su realización el mejoramiento de la zona de riego. Para que ambas soluciones puedan compararse, omitiremos el probable gasto de los Ojos de San Pedro. El siguiente cuadro permite visualizar una comparación y formular una conclusión. Se ha agregado el volumen de muro y la altura correspondiente a fin de establecer un criterio económico. (Estos últimos datos han sido tomados de la Memoria de Título "EMBALSE CONCHI" del Ing. de la Dirección de Riego M.A. Giuliucci R. 1962).

GASTOS DISPONIBLES (lt/seg)
(100 % Seguridad)

Solución Inmediata	Solución futura (#)	Incremento	V. Embalse (m3)	V. muro (m3)	h de muro m
200	370	85 %	4.700.000	120.000	42
250	510	110 %	5.900.000	150.000	46
300	610	110 %	7.100.000	170.000	49
350	700	100 %	8.300.000	200.000	51
400	780	95 %	9.500.000	220.000	53
450	850	89 %	10.700.000	240.000	55
500	920	84 %	12.600.000	270.000	56

Valores tomados del estudio del Ing. señor Monsalve.

Este gasto continuo que da un embalse en la angostura de Conchi, puede incrementarse mediante las recuperaciones de la evaporación de los Ojos de San Pedro. Se ha hecho una estimación del gasto que podría proporcionar el drenaje de los Ojos de San Pedro llegándose a un gasto continuo de 100 lt/seg. (Superficie por drenar 1 Km², evaporación diaria 8 milímetros). La obra consistiría fundamentalmente en drenes de 6 Km de longitud con 2.50/oo de pendiente que entregarían al río San Pedro. Esta solución, que es muy factible, serviría tanto para la "Solución inmediata" como para "Solución futura".

Considerando la urgencia que tiene el país para incrementar la producción de cobre, el problema inmediato y futuro del aumento de la dotación de agua para consumos domésticos y la necesidad futura de racionalizar y aumentar la producción agrícola, esta Dirección es de opinión de construir un embalse en Conchi, que junto con los drenajes de los Ojos de San Pedro, den solución inmediata al problema y que al mismo tiempo sirva para cumplir las metas futuras ya sean estas mineras, domésticas o agrícolas. Es así, que si las dotaciones inmediatas para la minería son de

//.

460 lt/seg y las domésticas de 140 lt/seg, la solución recomendada sería el embalse de 12.600.000 m³. Este embalse daría en el futuro un mayor gasto continuo de 420 lt/seg que dejaría a cubierto cualquier aumento tanto en dotaciones mineras, como domésticas o agrícolas. Análogas conclusiones pueden deducirse para otras demandas. La decisión final deberá ser analizada a la luz de las reales necesidades de la zona en estudio.

Puede llamar la atención que a lo largo de este informe nada se ha dicho sobre la calidad de las aguas. Sabido es que en el norte y especialmente en esta zona el problema del uso del agua tiene dos factores básicos limitantes que son la cantidad y la calidad de las aguas. Es indudable que en ríos que presentan variaciones tan grandes respecto a calidades a lo largo de su recorrido y que tienen algunos afluentes de alta salinidad, cualquier modificación en las cantidades repercute en tal forma que pueden dejar los caudales resultantes inaptos para usos domésticos o agrícolas. Daremos una reseña de las calidades del río Loa, en la actualidad, a lo largo de su recorrido.

Río Loa antes de la confluencia con el San Pedro.	Aceptable y apto para regadío
Afluente río San Pedro	Buena y apto para regadío.
Río Loa entre el río San Pedro y el río Salado	Aceptable y apto para regadío. (Tiene pequeñas zonas de contaminación).
Río Salado	Mala e inaceptable para regadío.
Río Loa aguas abajo del río Salado	Mala con serias limitaciones para uso agrícola.

Puede observarse que el afluente, río Salado, es el causante principal de la inadaptabilidad del río Loa para usos agrícolas o el factor limitante. La conclusión a que se ha llegado en este estudio

sobre el agotamiento del río Salado una vez se completen las actuales mercedes concedidas, permite afirmar que en un futuro inmediato se notará un mejoramiento de calidad del río Lea para fines agrícolas. En todo caso la Solución de Conchi no repercutirá en la calidad de las aguas y por otra parte, la incorporación del caudal de los Ojos de San Pedro (aguas de buena calidad) mejorará aún más la calidad del río Lea para fines agrícolas.

Conviene insistir, que solamente un estudio profundo puede dar una respuesta a este problema y que para un proyecto futuro de mejoramiento agrícola, deberá revisarse cuidadosamente el río Lea de modo de efectuar obras de saneamiento en pequeñas zonas de alta contaminación. (Tal es el caso del río Lea, entre los ríos San Pedro y Salado que atraviesa por zonas de alta conductividad, de gran contenido de boro, y alto P.H.) . La solución de la contaminación de las aguas en la zona de Calama evitará el uso de tasas de lavado de terrenos lo que daría como resultado un aumento de las disponibilidades de agua para incrementar la actual superficie de riego y la posibilidad de cultivos de alto valor comercial.

4.- ESTIMACION DE COSTOS DE LAS OBRAS POR REALIZAR.

Solamente se podrá dar una estimación de los costos que representan las obras civiles que hemos expuesto. Necesariamente deberán hacerse mayores estudios para determinar diversos anteproyectos de las obras y conocer sus costos respectivos.

a) Estimación de costo para un embalse en CONCHI

V Embalse (m3)	V muro (m3)	h muro (m)	Costo en moneda Diciembre 1966 E°
4.700.000	120.000	42	6.000.000
5.900.000	150.000	46	7.500.000
7.100.000	170.000	49	8.500.000
8.300.000	200.000	51	10.500.000
9.500.000	220.000	53	11.000.000
10.700.000	240.000	55	12.500.000
12.600.000	270.000	56	13.500.000

b) Estimación de costos para el drenaje de los Ojos de San Pedro : 6 Km de drenes con 2.5°/oo pendiente y 100 lt/seg. E° 1.500.000 (Moneda Diciembre 1966).

Respecto al costo que representaría el mejoramiento futuro de la zona agrícola ("Solución futura") no es posible dar una estimación debido al poco tiempo disponible para este informe. Solo diremos que las obras complementarias de mejoramiento, cuyo proyecto ha ejecutado la Dirección de Riego, asciende a E° 2.000.000. Faltaría agregar el costo de la puesta en riego y el costo de los estudios agrológicos. Una estimación burda podría ser de E° 1.500.000 para estas dos partidas.

5.- ESTIMACION DE PLAZOS DE CONSTRUCCION.

Para el embalse Conchi debe suponerse un plazo mínimo para los estudios completos de 6 meses y para la construcción de 12 meses.

Para el drenaje de los Ojos de San Pedro se estiman en 3 meses los estudios y en 6 meses la construcción.

Para los mejoramientos futuros de la zona de riego puede estimarse la construcción en 12 meses y la puesta en riego definitiva en un plazo no menor de 3 años.

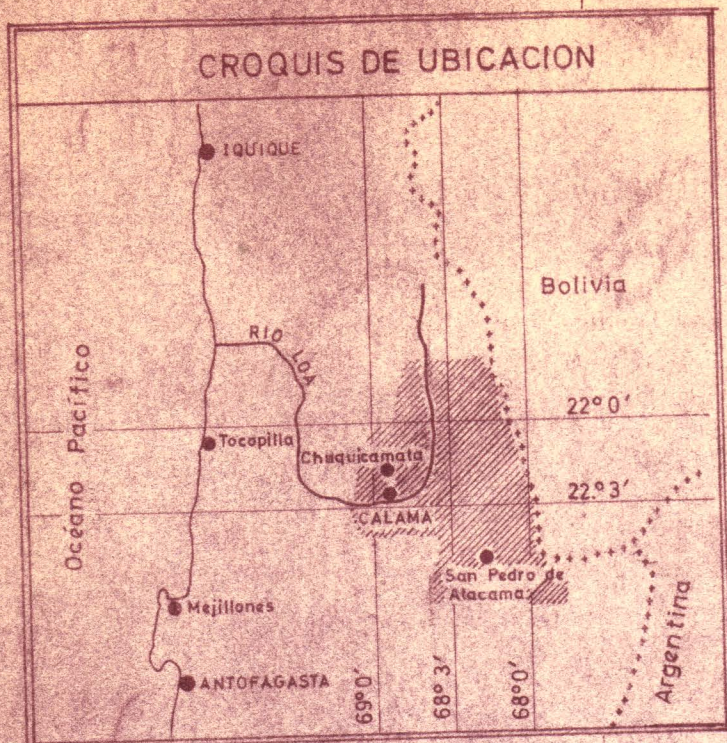
6.- PAGO DE LAS OBRAS.

El pago de las obras que se han propuesto debe ser a cargo exclusivo de los beneficiados con ellas. Si la "Solución inmediata" que se ha estudiado no modifica la actual situación de la agricultura de la zona, el costo de ellas debe ser a prorrata de los otros usuarios (domésticos o mineros). Si en el futuro, la obra así construida, aportara beneficios a los regantes de la zona el costo que esto representa será de fácil determinación con las modalidades de la futura ley que reglamenta las obras construidas por el Estado y cuyo tenor es del conocimiento del señor Ministro.

JUAN TOLOSA MONNE
Ingeniero Jefe de Estudios

Febrero 1967.

MERCEDES DE AGUA			
CHILE EXPLORATION CO.			
Nº	DECRETO	GASTO	CALIDAD
	Concesión definitiva	l/seg	del agua
1	Nº 1968 año 1927	175	Salobre
2	Nº 1324 " 1958	119	Dulce
3	Nº 370 " 1925	35	Dulce
4	Nº 557 " 1927	15	Dulce
5	Nº 1310 " 1955	400	Salobre
6	Nº 2974 " 1981	140	Salobre
FF.CC. DE ANTOFAGASTA A BOLIVIA			
7	Anterior a 1900	17	
8		124	
AGUA POTABLE			
9	Sin Decreto	340	Dulce
10	"	124	Dulce
RESERVA FISCAL			
11	Nº 1409 año 1959	150	
AZUFRE CABANA			
12	Nº 324 año 1956	10	
AGRICULTURA DE CALAMA			
13	Sin Merced	5 688.33	Datos proporcionados por CHILEX



Nº 5019

7 FEB. 1967.-

M.O.P.
D.G.O.P.
DIRECCION DE RIEGO
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS
ZONA DEL LOA

ESC. 1:250.000
BASADO EN UN PLANO DE LA
CHILE EXPLORATION CO.

1967

JEFE DE ESTUDIOS

DIRECTOR

LEYENDA

- CANERIAS
- CAMINO
- FERROCARRIL
- +++++ LIMITE INTERNACIONAL
- ID. COMUNAL
- AGUADA
- SALAR

2018