



Análisis Fluviométrico Áreas de Intervención Reserva Nacional Mocho Choshuenco

319-INF-HI-001

Rev. 1

Cód. Proyecto: P319_InsAmb_Huilo

1	12-07-2021	Emitido para impresión	FG	BC	BC	CP
0	08-07-2021	Emitido para impresión	FG	BC	BC	CP
B	06-07-2021	Revisión del Cliente	FG	BC	BC	CP
A	05-07-2021	Revisión Interna	FG	BC	BC	
REV N°	FECHA	EMITIDO PARA	POR	REVISADO POR	APROBADO POR	
			ICASS			Cliente

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivos.....	1
1.2	Alcances	1
2	FLUVIOMETRÍA	2
2.1.1	Información Pluviométrica y Fluviométrica	2
2.1.2	Determinación de Caudales de Escorrentía	4
3	CONCLUSIONES	9
4	BIBLIOGRAFÍA	10



1 INTRODUCCIÓN

Se ha solicitado a la consultora ICASS el análisis fluviométrico asociado al área de intervención realizada en la Reserva Nacional Mocho Choshuenco, en la región de Los Ríos.

Para efectos del presente análisis, se ha utilizado diferentes fuentes información oficial, entre ellas la disponible en la Dirección General de Aguas (DGA) y en el Instituto Geográfico Militar (IGM). Al respecto, es importante indicar que entre estos, existen diferencias asociadas a la forma de nombrar los cursos de agua, para efectos del presente informe se consideró los nombres indicados en la cartografía IGM que igualmente son citados en las observaciones realizadas por la DGA y que dan origen a este informe.

1.1 Objetivos

El objetivo principal de la presente nota técnica consiste en definir la fluviometría asociada al área de estudio para calcular los caudales de las microcuencas de cabecera, que fluyen por las zanjias realizadas para conocer la modificación del recorrido de las aguas.

1.2 Alcances

Este informe contempla los siguientes alcances:

- Estimar los caudales medios mensuales que se generan en la cuenca intervenida.
- Definir y revisar el recorrido de las aguas producto del desvío de las mismas.

2 FLUVIOMETRÍA

2.1.1 Información Pluviométrica y Fluviométrica

Se recopiló la información pluviométrica y fluviométrica de la red de estaciones de monitoreo de la Dirección General de Aguas (DGA) cercanas al área afectada. En la Tabla 2.1 y Tabla 2.2 se presenta la ubicación de las estaciones pluviométricas y fluviométricas en torno a la zona de estudio, respectivamente.

La caracterización básica de cada estación pluviométrica y la extensión de sus registros (a partir del año 1980) se presentan en la Tabla 2.1 y Tabla 2.2. Cabe destacar que la información recopilada corresponde a valores de precipitación mensual.

Tabla 2.1 Características básicas de las estaciones pluviométricas

Código	Nombre	Ubicación geográfica*			Fecha inicio	Estado	Fecha suspensión
		UTM Este [m]	UTM Norte [m]	Elevación [msnm]			
10102002-9	Liquiñe	255.436	5.598.536	230	01-01-1992	Vigente	-
10103001-6	Lago Neltume	244.306	5.587.998	260	01-11-1976	Suspendida	15-11-2006
10110002-2	Río Enco en Desagüe Lago Panguipulli	231.797	5.582.660	131	01-01-2017	Vigente	-
10100005-2	Pirihueico en Pto. Fuy	252.866	5.582.532	600	01-01-2000	Vigente	-
10100002-8	Río Fuy en Desagüe Lago Pirihueico	252.706	5.582.185	600	01-03-2003	Vigente	-
10100004-4	Pirihueico en Pirihueico	269.570	5.559.328	600	01-09-1998	Vigente	-

*Sistema de coordenadas WGS84 Huso 19S

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 2.2 Diagrama de barras de información pluviométrica completa (verde) e incompleta (rojo)

Código	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019	2020
10102002-9	8				2
10103001-6	7				
10110002-2				5 1	2
10100005-2			6 2		2
10100002-8			2	4 6 1	2
10100004-4		8 1			2

Fuente: Elaboración Propia.

La caracterización básica de cada estación fluviométrica y la extensión de sus registros (a partir del año 1980) se presentan en la Tabla 2.3 y Tabla 2.4. Cabe destacar que la información recopilada corresponde a valores de caudal medio mensual.

Tabla 2.3 Características básicas de las estaciones fluviométricas

Código	Nombre	Ubicación geográfica*			Fecha inicio	Estado	Fecha suspensión
		UTM Este [m]	UTM Norte [m]	Elevación [msnm]			
10102002-9	Río Liquiñe en Liquiñe	255.639	5.598.253	600	01-07-1986	Vigente	-
10110002-2	Río Enco en Desagüe Lago Panguipulli	231.797	5.582.660	131	01-01-2017	Vigente	-
10100002-8	Río Fuy en Desagüe Lago Pirihueico	252.706	5.582.185	600	01-02-2003	Vigente	-
10100006-0	Río Hua-Hum en la Frontera	271.685	5.557.777	616	01-02-2002	Vigente	-

***Sistema de coordenadas WGS84 Huso 19S**

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 2.4 Diagrama de barras de información fluviométrica completa (verde) e incompleta (rojo)

Código	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019	2020
10102002-9	<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div>6</div><div></div><div></div><div>3</div><div>2</div><div>3</div><div></div><div></div><div>3</div><div></div><div></div><div>1</div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div>1</div><div></div><div></div><div></div><div>1</div><div></div><div></div><div></div><div>1</div><div></div></div>				
10110002-2	<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>				
10100002-8	<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>				
10100006-0	<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>				

Fuente: Elaboración Propia.

Se muestran en la Tabla 2.2 y Tabla 2.4, solo los registros desde 1980 a 2020, ya que es el periodo homogéneo adoptado para el análisis de la presente nota técnica.

2.1.2 Determinación de Caudales de Escorrentía

2.1.2.1 Caudal Medio Mensual en Cuencas Naturales

Para realizar una estimación del caudal medio mensual que circula naturalmente en las cuencas hidrográficas intervenidas por las obras de desvío, se evaluaron dos metodologías: la técnica de transposición de cuencas y el método DGA-AC para crecidas de deshielo.

Por un lado, la técnica de transposición (Chow et al., 1994) se sustenta en el rendimiento específico de una cuenca aledaña de similares características, y que en el presente caso de estudio se ha definido por la estación Río Liquiñe en Liquiñe, la cual compartiría características hidrológicas y geomorfológicas similares a las cuencas de interés¹. De este modo, los caudales medios mensuales en las cuencas intervenidas pueden ser derivados de la siguiente relación:

$$Q_1 = \frac{P_1 \cdot A_1}{P_2 \cdot A_2} \cdot Q_2 \quad (3-1)$$

Donde

Q_i : Caudal medio mensual en la cuenca-i [m^3/s]

P_i : Precipitación media mensual en la cuenca-i [mm]

A_i : Área aportante de la cuenca-i [km^2]

Cabe destacar que, en la relación anterior, se supone que la precipitación media mensual que cae en la cuenca del río Liquiñe en Liquiñe es representada por la estación pluviométrica Liquiñe, mientras que la precipitación que cae en las cuencas de interés es representada, debido a su proximidad espacial, por la estación Pirihueico en Puerto Fuy.

La Figura 2.1 muestra los caudales medios mensuales transpuestos desde la cuenca aportante de la estación fluviométrica Río Liquiñe en Liquiñe hacia las microcuencas de interés, considerando el inicio del año hidrológico en el mes abril. Sin embargo, estos caudales existen o se generan durante los meses en que hay derretimientos de nieve, entre los meses de noviembre y abril, ya que en el resto del año está cubierto de nieve.

¹ La principal similitud con la cuenca del río Liquiñe en Liquiñe consiste en la ausencia de controles hidráulicos (embalses y/o lagos) al interior del área de drenaje.

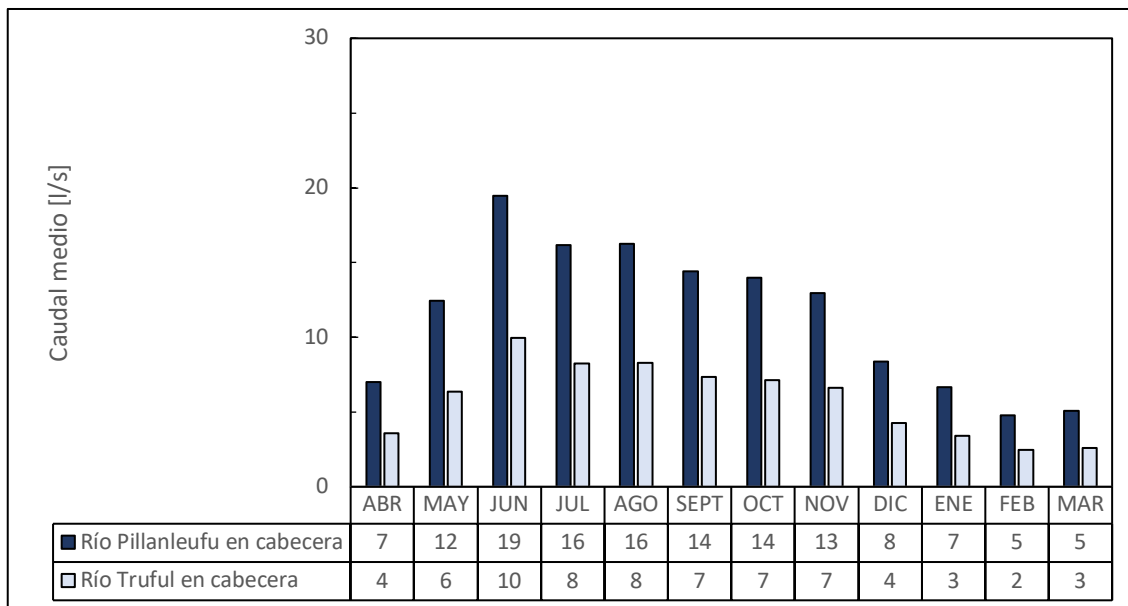


Figura 2.1 Distribución de los caudales medios mensuales (l/s) de las cuencas hidrográficas en el área afectada por las obras de desvío

Fuente: Elaboración Propia.

Por otro lado, el método DGA-AC (DGA, 1995) permite el cálculo de caudales de crecida en cuencas nivales o nivo-pluviales sin control fluviométrico, con áreas nivales entre 50 y 6.000 km², a través de la siguiente expresión:

$$Q(T) = \alpha \cdot \beta \cdot 1,81 \cdot 10^{-4} \cdot A_n \cdot (Lat - 26,2)^{3,392} \quad (3-2)$$

Donde

$Q(T)$: Caudal máximo instantáneo de deshielo asociado al periodo de retorno T en [m³/s]

α : Factor de ajuste regional

β : Factor de conversión entre caudal medio diario máximo y caudal instantáneo máximo

A_n : Área nival de la cuenca en [km²]

Lat : Latitud media de la cuenca en [°]

El factor de ajuste regional se deriva de curvas de frecuencia adimensionales cuyos valores dependen de la zona homogénea dentro de la cual se encuentre la cuenca de interés y que, en el ámbito de la presente nota técnica, corresponde a la zona “Yn” definida en DGA (1995). La Tabla 2.5 muestra el factor de ajuste regional para distintos periodos de retorno, mientras que el factor de conversión para la zona homogénea especificada es igual a 1,39.

Tabla 2.5 Rango conceptual de las curvas de frecuencia regional en zona homogénea Yn

Periodo de retorno [años]	Curva de frecuencia adimensional		
	Mínimo	Medio	Máximo
2	0.30	0.45	0.55
5	0.70	0.78	0.82
10	1.00	1.00	1.00
20	1.16	1.22	1.30
25	1.22	1.30	1.42
50	1.37	1.51	1.74
75	1.46	1.63	1.92
100	1.50	1.69	2.01

Fuente: Recuperado de DGA (1995).

En la Tabla 2.6 se resumen los caudales de crecida estimados a partir del método DGA-AC, considerando el valor medio del rango conceptual del coeficiente de ajuste regional.

Tabla 2.6 Caudal máximo instantáneo (l/s) de deshielo de las cuencas hidrográficas en el área afectada por las obras de desvío

Periodo de retorno [años]	Caudal Máximo Instantáneo de Deshielo (l/s)	
	Río Blanco en cabecera	Río Triful en cabecera
2	53	27
5	92	47
10	118	60
20	144	73
25	153	78
50	178	91
75	192	98
100	199	102

Fuente: Elaboración Propia.

2.1.2.2 Caudal Medio Mensual en Área de Estudio

Para determinar el caudal medio mensual que circularía en el área analizada, se planteó un balance hídrico considerando el diagrama unifilar y los caudales medios mensuales de las microcuencas hidrográficas en las zanjas respectivas.

La Tabla 2.7 muestra los resultados derivados de la metodología expuesta, en la cual se observa que la zanja A captaría la totalidad del caudal circulante en la microcuenca del río Blanco en cabecera, mientras que la zanja B recibiría las aguas de la zanja A y, además, captaría la totalidad del caudal circulante en la microcuenca río Triful en cabecera. Sin embargo, es necesario indicar que los caudales que aporta la Zanja A no se suman directamente a la Zanja B, ya que estos caudales están afectos a pérdidas por la infiltración que se produce en el lecho de estos cauces, producto de la gran permeabilidad que presentan los suelos en la zona de estudio (cenizas volcánicas con una presencia importante de bolones o rocas de gran magnitud), y cuyos cálculos se presentan en el siguiente acápite.

Tabla 2.7 Caudales medios mensuales, en [l/s], en las zanjas de intervención

Mes	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
Zanja A	7,0	12,4	19,5	16,2	16,2	14,4	14,0	12,9	8,4	6,7	4,8	5,1
Zanja B	10,6	18,8	29,4	24,4	24,5	21,8	21,1	19,6	12,7	10,1	7,3	7,7

Fuente: Elaboración Propia.

Como ya se indicó anteriormente, estos caudales existen o se generan durante los meses en que hay derretimientos de nieve, entre los meses de noviembre y abril, ya que en el resto del año está cubierto de nieve.

2.1.2.3 Caudales de infiltración en las zanjas

Para estimar las pérdidas por infiltración desde las zanjas excavadas, se ha utilizado la fórmula de Moritz (Mery, 2013). Dicha fórmula permite estimar la infiltración desde un cauce a partir de su geometría y coeficientes de percolación que ponderan las características hidráulicas de las unidades litológicas en el área de estudio. La fórmula es la siguiente:

$$I = 0,0375 \cdot C \sqrt{\frac{Q}{F\sqrt{i}}} \quad (3-3)$$

donde:

- I : Infiltración desde el lecho en [m³/s/km]
- C : Coeficiente de percolación
- Q : Caudal en [m³/s]
- F : Factor de forma
- i : Pendiente del lecho

Los valores de los coeficientes de percolación y los factores de forma se muestran en la Tabla 2.8 y Tabla 2.9, respectivamente. En la Tabla 2.8 se define la clase de material del lecho de las zanjas A y B, de acuerdo con las unidades litológicas asociadas a estos cauces, y se establece el factor de forma considerando lo observado en las imágenes de las zanjas.

Tabla 2.8 Valores del coeficiente de percolación según la clase de material de las unidades litológicas

Clase de Material	Coeficiente de percolación		
	Mínimo	Medio	Máximo
Franco arcilloso impermeable	0,08	0,10	0,11
Franco arcilloso semipermeable, sobre arcilla compactada a una profundidad < 1 m	0,11	0,13	0,15
Franco arcilloso, ordinario limoso	0,15	0,19	0,23
Franco arcilloso con arena y grava cementado	0,23	0,27	0,30
(Conglomerado) arcilla y arena	0,23	0,27	0,30
Franco arenoso	0,30	0,35	0,40
Suelos arenosos sueltos con grava	0,55	0,65	0,75
Roca desintegrada con arena	0,75	0,83	0,90
Suelos con mucha grava	0,90	1,35	1,80

Fuente: Recuperado de DGA-ACA (1998).

Tabla 2.9 Valores del factor de forma según la razón entre la altura de aguas del río y su ancho

Razón Altura/Ancho	Factor de Forma
0,25	10,11
0,50	13,23
0,75	14,94
1,00	16,01

Fuente: Recuperado de DGA-ACA (1998).

Al implementar la fórmula señalada (3-3), se obtienen valores de infiltración mínima, media y máxima desde los cauces de la zanja A, y la zanja B, los cuales se sintetizan en la Tabla 2.10. Los resultados de la condición media, muestran una infiltración del orden de un 1,3% y 4,5% respectivamente, los que al estar en función de la longitud del cauce demuestran valores bajos de infiltración. Sin embargo, estos caudales se infiltrarían completamente en una distancia de 6500 a 7000 m de longitud.

Tabla 2.10 Valores de infiltración desde las zanjas A y B

	ZANJA A			ZANJA B		
	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo
C [-]	0.75	0.83	0.9	0.75	0.83	0.9
Caudal zanja [l/s]	4.80	11.47	19.50	7.30	17.33	29.40
F [-]	10.11	10.11	10.11	10.11	10.11	10.11
i [m/m]	0.12	0.12	0.12	0.08	0.08	0.08
Tasa infiltración [l/s/km]	1.04	1.78	2.52	1.42	2.42	3.42
Longitud Zanja (m)	83	83	83	326	326	326
Infiltración Zanja [l/s]	0.09	0.15	0.21	0.46	0.79	1.12
Caudal zanja [l/s]	4.71	11.32	19.29	6.84	16.54	28.28

Fuente: Elaboración Propia.



3 CONCLUSIONES

De acuerdo con los antecedentes presentados en este informe, se concluye lo siguiente:

- Los caudales medios mensuales que se generarían naturalmente en las microcuencas hidrográficas de cabecera se encuentran entre 5 a 19 l/s en la cuenca del río Blanco en cabecera y 2 a 10 l/s en la cuenca río Triful en cabecera. Los que en forma conjunta (ambas microcuencas de cabecera) podrían desviar un caudal medio mensual máximo de 29 l/s, valores tan pequeños que podrían infiltrarse considerando el suelo de cenizas volcánicas del lecho. Sin embargo, estos caudales se generan durante los meses en que hay derretimiento de nieve, es decir entre los meses de noviembre y abril, ya que en el resto del año está cubierto de nieve.
- Los valores anteriores están limitados superiormente por caudales de crecida de deshielo que alcanzarían los 118 y 60 l/s, respectivamente, para un periodo de retorno de 10 años.
- Los resultados de la infiltración media, entregan una infiltración del orden de un 1,3% y 4,5% respectivamente, los que al estar en función de la longitud del cauce demuestran valores bajos de infiltración. Sin embargo, los caudales de derretimiento se infiltrarían completamente en una distancia de 6500 a 7000 m de longitud desde las zanjas respectivas.

4 BIBLIOGRAFÍA

BEDIENT, P., HUBER, W. & VIEUX, B. (2019). *Hydrology and Floodplain Analysis*.

CHOW, V. T., MAIDMENT, D. y MAYS, L. (1994). *Hidrología Aplicada*.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS. (1995). *Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica*.

MERY, H. (2013). *Hidráulica aplicada al diseño de obras*.