



DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

Santiago, RM

**DIAGNOSTICO PARA LA IMPLEMENTACION DE
RED NACIONAL DE ALERTA DE EVENTOS
HIDROMETEOROLOGICOS EXTREMOS**

S.I.T. N° 481 de 2021

ETAPA IV

TOMO VII REGIÓN METROPOLITANA

INFORME FINAL

REALIZADO POR:

INRHED SPA- EMERGE INGENIERIA

Santiago, Octubre 2021

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas
Ingeniero Civil Industrial Sr. Alfredo Moreno Charme

Director General de Aguas
Ingeniero Comercial Sr. Oscar Cristi Marfil

Jefe de División de Hidrología
Ingeniero Civil, Sr. Luis Alberto Moreno

Inspector Fiscal
Geógrafo, Sr. Rodrigo Sáez

INRHED SPA

Reynaldo Payano Almánzar
Jefe de Estudio
Ingeniero Civil, Hidrólogo PhD

Profesionales:

Ingeniero de Proyecto Jorge Andrés Smith Irazábal
Economista Jean Maldonado
Especialista Geomensura, Carlos Castro
Ingeniero de Proyecto, Carla Bravo
Ingeniero Civil, Alexander Fuentealba
Sociólogo Andrés Santander

Tabla de Contenido General

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	OBJETIVOS.....	2
1.1.1	Objetivo General	2
1.1.2	Objetivos específicos	2
2.	METODOLOGÍA.....	4
3.	RECOPIACIÓN Y REVISIÓN DE ANTECEDENTES	7
4.	DIAGNÓSTICO DE LA RED HIDROMÉTRICA	26
4.1	VARIABLES MONITOREADAS, GEORREFERENCIACIÓN Y SISTEMAS HIDROGRÁFICOS ASOCIADOS 26	
4.2	CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS	31
4.3	CARACTERÍSTICAS DE EMPLAZAMIENTO	34
4.4	CUMPLIMIENTO DE MONITOREO EFICIENTE.....	35
4.5	IMPACTO ECONÓMICO EVENTOS EXTREMOS.....	37
5.	REUNIÓN CON DGA REGIONAL	40
6.	PROTOCOLO DGA – ONEMI	42
7.	VISITAS A TERRENO	43
8.	ESTACIONES CRÍTICAS PRELIMINARES.....	50
8.1	POBLACIÓN VULNERABLE.....	50
8.2	REGISTRO DE EVENTOS EXTREMOS.....	51
8.3	ESTACIONES CRÍTICAS	53
8.3.1	Estaciones Fluviométricas.....	53
8.3.2	Estaciones Meteorológicas	54
8.3.3	Estaciones nuevas propuestas	55
8.4	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	58
9.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	63
9.1	DISPONIBILIDAD DE DATOS	63
9.2	PRECIPITACIONES MEDIAS.....	70
9.3	TEMPERATURAS MEDIAS	72
9.4	CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS.....	74
9.5	PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES	77
9.6	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL	80
10.	ANÁLISIS DE CALIDAD	83

10.1	RED HIDROMÉTRICA	83
11.	RESUMEN FICHAS DIAGNÓSTICO	85
12.	RED HIDROMÉTRICA CRÍTICA FINAL	91
12.1	ESTACIONES CRÍTICAS FINALES	92
12.2	ESTACIONES NUEVAS.....	93
12.3	RED HIDROMÉTRICA CRÍTICA FINAL.....	93
13.	PLAN DE ACCIÓN RED HIDROMÉTRICA	95
13.1	ESTACIÓN ESTÁNDAR.....	95
	13.1.1 Estación meteorológica estándar	95
	13.1.2 Estación fluviométrica estándar.....	109
13.2	VALORIZACIÓN DE LA RED	129
13.3	IDENTIFICACIÓN DE BRECHAS	129
	13.3.1 Estaciones meteorológicas.....	129
	13.3.2 Estaciones fluviométricas	130
13.4	EVALUACIÓN DE COSTOS	132
	13.4.1 Estaciones meteorológicas.....	133
	13.4.2 Estaciones fluviométricas	133
	13.4.3 Costo total	134
14.	RED PIEZOMÉTRICA.....	135
14.1	VARIABLES MONITOREADAS, GEORREFERENCIACIÓN Y SISTEMAS HIDROGRÁFICOS ASOCIADOS 135	
14.2	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	140
	14.2.1 Disponibilidad de Datos.....	140
	14.2.2 Niveles estáticos y dinámicos.....	140
	14.2.3 Distribución Espacial.....	141
14.3	ANÁLISIS DE CALIDAD.....	143
14.4	PLAN DE ACCIÓN RED PIEZOMÉTRICA	147
	14.4.1 Identificación lugar de pozos	147
	14.4.2 Pozo estándar	150
	14.4.3 Evaluación de costos	152
15.	GUÍA COMPONENTE SIG	153
15.1	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	153
15.2	SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	153
15.3	CONTENIDO	155
15.4	DICCIONARIO SIG.....	159
16.	CONCLUSIONES	161
16.1	DISPONIBILIDAD DE DATOS.....	161
16.2	EVENTOS EXTREMOS	161
16.3	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL	162

16.4	RED HIDROMÉTRICA FINAL	162
16.5	RED PIEZOMÉTRICA.....	163

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 DIAGRAMA ETAPA I: SELECCIÓN DE ESTACIONES CRÍTICAS PRELIMINARES.....	4
FIGURA 2.2 DIAGRAMA ETAPA II: REVISIÓN ESTACIONES CRÍTICAS SELECCIONADAS	5
FIGURA 2.3 DIAGRAMA ETAPA III: SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	5
FIGURA 2.4 DIAGRAMA ETAPA IV: PLAN DE ACCIÓN.....	6
FIGURA 2.5 DIAGRAMA METODOLOGÍA ANÁLISIS CRÍTICO RED PIEZOMÉTRICA	6
FIGURA 3.1 FICHA TIPO DE RESUMEN DE ESTUDIOS	8
FIGURA 4.1 UBICACIÓN ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS, REGIÓN METROPOLITANA	27
FIGURA 4.2 UBICACIÓN ESTACIONES METEOROLÓGICAS, REGIÓN METROPOLITANA	29
FIGURA 7.1 FICHA EJEMPLO ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA, PÁGINAS 1 Y 2.....	44
FIGURA 7.2 FICHA EJEMPLO ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA, PÁGINAS 3 Y 4.....	45
FIGURA 7.3 FICHA EJEMPLO ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA, PÁGINA 5	46
FIGURA 7.4 FICHA EJEMPLO ESTACIÓN METEOROLÓGICA, PÁGINAS 1 Y 2	47
FIGURA 7.5 FICHA EJEMPLO ESTACIÓN METEOROLÓGICA, PÁGINA 3 Y 4	48
FIGURA 7.6 FICHA EJEMPLO ESTACIÓN METEOROLÓGICA, PÁGINA 5.....	49
FIGURA 8.1 ESTACIONES CRÍTICAS PRELIMINARES	57
FIGURA 8.2 CUENCAS APORTANTES	61
FIGURA 8.3 DIAGRAMA UNIFILAR CAUCES REGIÓN METROPOLITANA	62
FIGURA 9.1 ISOYETAS DE PRECIPITACIÓN MEDIA, REGIÓN METROPOLITANA.....	71
FIGURA 9.2 ISOTERMAS DE TEMPERATURA MEDIA, REGIÓN METROPOLITANA	73
FIGURA 9.3 CAUDALES Y ALTURAS MÁXIMAS DE LAS ESTACIONES CRÍTICAS RÍO COLINA EN PELDEHUE Y RÍO MAPOCHO EN LOS ALMENDROS	74
FIGURA 9.4 CAUDALES Y ALTURAS MÁXIMAS DE LAS ESTACIONES CRÍTICAS RÍO MOLINA ANTES JUNTA SAN FRANCISCO Y RÍO MAIPO EN EL MANZANO	75
FIGURA 9.5 CAUDALES Y ALTURAS MÁXIMAS DE LA ESTACIÓN CRÍTICA RÍO MAIPO EN SAN ALFONSO	76
FIGURA 9.6 PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES EN 24 HORAS, ESTACIONES RÍO MAPOCHO EN LOS ALMENDROS Y RÍO MOLINA ANTES JUNTA SAN FRANCISCO	78
FIGURA 9.7 PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES EN 24 HORAS, ESTACIONES QUEBRADA RAMÓN EN RECINTO EMOS, RÍO MAIPO EN EL MANZANO Y RÍO MAIPO EN SAN ALFONSO	79
FIGURA 9.8 POLÍGONOS DE THIESSEN ESTACIONES METEOROLÓGICAS, REGIÓN DE METROPOLITANA	82
FIGURA 11.1 EJEMPLO FICHA RESUMEN ESTACIÓN CRÍTICA RÍO MAPOCHO EN LOS ALMENDROS, PÁGINA 1.....	86
FIGURA 11.2 EJEMPLO FICHA RESUMEN ESTACIÓN CRÍTICA RÍO MAPOCHO EN LOS ALMENDROS, PÁGINA 2.....	87

FIGURA 11.3 EJEMPLO FICHA RESUMEN ESTACIÓN CRÍTICA RÍO MAPOCHO EN LOS ALMENDROS, PÁGINA 3.....	88
FIGURA 12.1 RED HIDROMÉTRICA CRÍTICA FINAL	94
FIGURA 13.1 LETRERO TIPO IDENTIFICACIÓN ESTACIÓN.....	98
FIGURA 13.2 DIMENSIONES LETRERO TIPO IDENTIFICACIÓN ESTACIÓN.....	99
FIGURA 13.3 LETRERO TIPO PELIGRO ESTACIÓN	99
FIGURA 13.4 LETRERO TIPO ZONA DE INUNDACIÓN	101
FIGURA 13.5 LETRERO TIPO DE VÍA DE EVACUACIÓN	101
FIGURA 13.6 SECCIÓN DE AFORO	112
FIGURA 13.7 LETRERO TIPO IDENTIFICACIÓN ESTACIÓN.....	117
FIGURA 13.8 DIMENSIONES LETRERO TIPO IDENTIFICACIÓN ESTACIÓN.....	118
FIGURA 13.9 LETRERO TIPO PELIGRO ESTACIÓN	118
FIGURA 13.10 LETRERO TIPO ZONA DE INUNDACIÓN.....	120
FIGURA 13.11 LETRERO TIPO VÍA DE EVACUACIÓN	120
FIGURA 14.1 UBICACIÓN DE POZOS DGA, REGIÓN METROPOLITANA	136
FIGURA 14.2 DENSIDAD Y CLASIFICACIÓN DE POZOS, REGIÓN METROPOLITANA	142
FIGURA 14.3 LIMITACIÓN DE ACUÍFEROS, REGIÓN METROPOLITANA	144
FIGURA 14.4 COMPORTAMIENTO DINÁMICO, POZO FUNDO LA LAGUNA (ID 19)	145
FIGURA 14.5 POZOS ESTÁTICOS (1)	146
FIGURA 14.6 POZOS ESTÁTICOS (2)	146
FIGURA 14.7 UBICACIÓN POZOS PROPUESTOS, REGIÓN METROPOLITANA	149
FIGURA 14.8 ANTEPROYECTO TIPO ESTACIÓN PIEZOMÉTRICA DGA	151

Índice de Tablas

TABLA 4.1 INFORMACIÓN BÁSICA ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS, REGIÓN METROPOLITANA	28
TABLA 4.2 INFORMACIÓN BÁSICA ESTACIONES METEOROLÓGICAS, REGIÓN METROPOLITANA	30
TABLA 4.3 INSTRUMENTACIÓN ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS	32
TABLA 4.4 INSTRUMENTACIÓN ESTACIONES METEOROLÓGICAS	33
TABLA 4.5 ESTACIONES VISITADAS, CARACTERÍSTICAS DE EMPLAZAMIENTO.....	35
TABLA 4.6 ESTACIONES VISITADAS, CARACTERÍSTICAS DE MONITOREO	36
TABLA 6.1 ESTACIONES PROTOCOLO DGA-ONEMI, REGIÓN METROPOLITANA.....	42
TABLA 8.1 POBLACIÓN POR LOCALIDAD	50
TABLA 8.2 CRONOGRAMA EVENTOS EXTREMOS.....	52

TABLA 8.3 SELECCIÓN DE POSIBLES ESTACIONES CRÍTICAS FLUVIOMÉTRICAS	54
TABLA 8.4 SELECCIÓN DE ESTACIONES CRÍTICAS METEOROLÓGICAS.....	55
TABLA 8.5 ESTACIÓN METEOROLÓGICA NUEVA	56
TABLA 8.6 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS Y TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN DE LAS CUENCAS DEFINIDAS EN BASE A LAS ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS CRÍTICAS DE LA REGIÓN METROPOLITANA.....	59
TABLA 8.7 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS Y TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN DE LAS CUENCAS DEFINIDAS EN BASE A LAS POBLACIONES VULNERABLES DE LA REGIÓN METROPOLITANA.....	60
TABLA 9.1 DISPONIBILIDAD DE DATOS FLUVIOMETRÍA	65
TABLA 9.2 DISPONIBILIDAD DE DATOS PLUVIOMETRÍA	66
TABLA 9.3 DISPONIBILIDAD DE DATOS PLUVIOMETRÍA (CONTINUACIÓN).....	67
TABLA 9.4 DISPONIBILIDAD DE DATOS TEMPERATURA.....	68
TABLA 9.5 DISPONIBILIDAD DE DATOS TEMPERATURA (CONTINUACIÓN)	69
TABLA 9.6 ÁREA POLÍGONOS DE THIESSEN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS	81
TABLA 10.1 CARACTERIZACIÓN DE LA DATA DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES PARA CADA ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA CRÍTICA, REGIÓN METROPOLITANA	84
TABLA 13.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PINTURA.....	97
TABLA 13.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS LETRERO DE IDENTIFICACIÓN.....	98
TABLA 13.3 ESPECIFICACIONES LETRERO DE PELIGRO.....	100
TABLA 13.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLATAFORMA SATELITAL	103
TABLA 13.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PANEL SOLAR.....	104
TABLA 13.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BATERÍA 55AH.....	104
TABLA 13.7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLUVIÓMETRO	105
TABLA 13.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DISDRÓMETRO.....	106
TABLA 13.9 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD.....	106
TABLA 13.10 PRESUPUESTO ESTACIÓN METEOROLÓGICA ESTÁNDAR, PLUVIÓMETRO CONVENCIONAL.....	107
TABLA 13.11 PRESUPUESTO ESTACIÓN METEOROLÓGICA ESTÁNDAR, DISDRÓMETRO	108
TABLA 13.12 CARACTERÍSTICAS GAVIONES.....	111
TABLA 13.13 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PINTURA	116
TABLA 13.14 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS LETRERO DE IDENTIFICACIÓN	117
TABLA 13.15 ESPECIFICACIONES LETRERO DE PELIGRO.....	119
TABLA 13.16 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SENSOR DE NIVEL	121
TABLA 13.17 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLUVIÓMETRO.....	123
TABLA 13.18 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS TERMÓMETRO	124
TABLA 13.19 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PANALES SOLARES	124
TABLA 13.20 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BATERÍA 55AH.....	125

TABLA 13.21 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLATAFORMA SATELITAL	126
TABLA 13.22 PRESUPUESTO ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA ESTÁNDAR	128
TABLA 13.23 VALOR DE LAS ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS CRÍTICAS RED METROPOLITANA	129
TABLA 13.24 BRECHAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS CRÍTICAS, REGIÓN METROPOLITANA.....	130
TABLA 13.25 BRECHAS ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS CRÍTICAS, REGIÓN METROPOLITANA	131
TABLA 13.26 FACTOR ELEVACIÓN.....	132
TABLA 13.27 FACTOR DE ACCESIBILIDAD	132
TABLA 13.28 FACTOR TAMAÑO ESTACIÓN	132
TABLA 13.29 CAUDALES ASOCIADOS A UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS	133
TABLA 13.30 COSTOS PLAN DE ACCIÓN ESTACIONES METEOROLÓGICAS	133
TABLA 13.31 COSTOS PLAN DE ACCIÓN ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS	134
TABLA 14.1 INFORMACIÓN BÁSICA POZOS, REGIÓN METROPOLITANA	137
TABLA 14.2 SHAC SEPARADOS POR TIPO DE LIMITACIÓN	143
TABLA 14.3 CANTIDAD DE POZOS PROPUESTOS.....	148
TABLA 15.1 RESUMEN DE LA ESTRUCTURA DEL ANEXO.....	154
TABLA 15.2 ESTRUCTURA Y CONTENIDO DE CADA DIRECTORIO DE LA CARPETA 02_LAYERS.....	156
TABLA 15.3 ESTRUCTURA DE LOS DIRECTORIOS	160
TABLA 15.4 SHAPEFILES CREADOS PARA EL ESTUDIO	160
TABLA 15.5 ESTRUCTURA DE LOS SHAPEFILES CREADOS	160

1. INTRODUCCIÓN

La Dirección General de Aguas (DGA), ha encargado el estudio “**Diagnóstico para la implementación de Red Nacional de Alerta de Eventos Hidrometeorológicos Extremos**”. DGA-MOP ID 1019-22-LQ21” a la UTP INRHED SPA – EMERGE INGENIERÍA, con el objetivo de diagnosticar de forma interdisciplinaria el estado de la Red Hidrométrica de las Macro Zonas Norte y Centro Norte del país y establecer medidas de infraestructura necesarias para dar cobertura a las debilidades críticas de la red de monitoreo hidrométrico con enfoque en la protección civil, y la gestión temprana de riesgos naturales. Lo anterior enfocado a futuro para la elaboración de una red de alerta.

El estudio comprende cuatro etapas, cada una de ellas complementa e integra nuevos antecedentes con la finalidad de desarrollar un producto integrado que entregue cumplimiento a lo exigido en las bases técnicas y propuesta metodológica de las consultoras.

El presente informe corresponde a la etapa final del proyecto, que incluye el desarrollo de las etapas I, II, III y IV. A su vez este informe se encuentra dividido en tomos por cada región en estudio y ordenados de norte a sur, los cuales son los siguientes:

- Tomo I. Informe Red Arica y Parinacota
- Tomo II. Informe Red Tarapacá
- Tomo III. Informe Red Antofagasta
- Tomo IV. Informe Red Atacama
- Tomo V. Informe Red Coquimbo
- Tomo VI. Informe Red Valparaíso
- Tomo VII. Informe Red Metropolitana

A continuación, se presenta el Tomo VII correspondiente a la Red de la Región Metropolitana, enfocado en los siguientes temas principales:

- Recopilación y análisis de antecedentes
- Evaluación y diagnóstico del estado actual de la red hidrométrica de la región
- Reunión con los Jefes Regionales de hidrología
- Visitas a terreno

- Análisis estadístico y de calidad de la red hidrométrica
- Determinación de estaciones críticas
- Fichas diagnóstico de las estaciones críticas
- Evaluación y diagnóstico del estado actual de la red piezométrica
- Plan de acción
- Archivos SIG generados

Siendo la finalidad de este informe poder entregar todos los antecedentes necesarios para poder contar con una red robusta pensando en la protección civil.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Diagnosticar de forma interdisciplinaria el estado de la Red Hidrométrica de las Macro Zonas Norte y Centro Norte del país y establecer las medidas de infraestructuras necesarias para dar cobertura a las debilidades críticas de la red de monitoreo hidrométrico con enfoque en la protección civil y la gestión temprana de riesgos naturales.

Diagnosticar de forma interdisciplinaria el estado de la Red Piezométrica de las Macro Zonas Norte y Centro Norte del país, estableciendo mejoras en aumentar la red de monitoreo con enfoque en los Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común que se encuentren en categoría de prohibición y restricción.

1.1.2 Objetivos específicos

- 1- Revisar y recopilar los antecedentes bibliográficos que permitan conocer estudios de carácter similar, así como también adquirir nuevos conocimientos respecto a la zona de estudio.
- 2- Realizar visitas a terreno que permitan conocer el estado actual de la red hidrométrica.
- 3- Elaborar fichas de las estaciones visitadas, que reflejen los problemas generales de la red hidrométrica.
- 4- Definir estaciones críticas preliminares y nuevas para la protección civil, la gestión de desastres y la gestión integrada de recursos hídricos.

- 5- Determinar tiempos de concentración de las estaciones críticas preliminares y nuevas.
- 6- Realizar visitas a terreno a las estaciones criticas preliminares, que permitan conocer el estado de estas estaciones.
- 7- Elaborar fichas de las estaciones criticas finales visitadas, que reflejen los problemas de cada estación.
- 8- Validar las estaciones hidrométricas determinadas como críticas preliminares, dando paso a la clasificación de estaciones críticas finales.
- 9- Efectuar una revisión de los registros estadísticos que permita establecer relaciones entre el registro de precipitación máxima, el caudal máximo instantáneo y eventos extremos ocurrido en las zonas de estudio.
- 10-Definir una estación meteorológica estándar.
- 11-Determinar las brechas y realizar una evaluación económica, entre la estación meteorológica estándar y las estaciones definidas como criticas finales.
- 12-Definir una estación fluviométrica estándar.
- 13-Determinar las brechas y realizar una evaluación económica, entre la estación fluviométrica estándar y las estaciones definidas como críticas finales.
- 14-Realizar un análisis crítico de la red piezométrica con la finalidad de obtener un diagnóstico panorámico, estableciendo posibles mejoras relativas a aumentar la red de monitoreo para enfrentar eventos extremos de sequía.

2. METODOLOGÍA

A continuación, se presenta la metodología para el desarrollo del presente estudio. La metodología se divide en 4 etapas: 1) Selección de estaciones críticas preliminares, 2) Revisión de las estaciones críticas seleccionadas, 3) Generación del SIG y 4) Plan de Acción. La Figura 2.1, Figura 2.2, Figura 2.3 y Figura 2.4 muestran un diagrama conceptual de las Etapas I, II, III y IV, respectivamente.

Etapa I: Selección de estaciones críticas preliminares

1. Recopilación y revisión antecedentes
2. Diagnóstico de la red hidrométrica
3. Reuniones con los Jefes Regionales de Hidrología
4. Estaciones protocolo DGA - ONEMI
5. Visitas a terreno N°1
6. Selección estaciones críticas preliminares
7. Población vulnerable
8. Tiempo de concentración

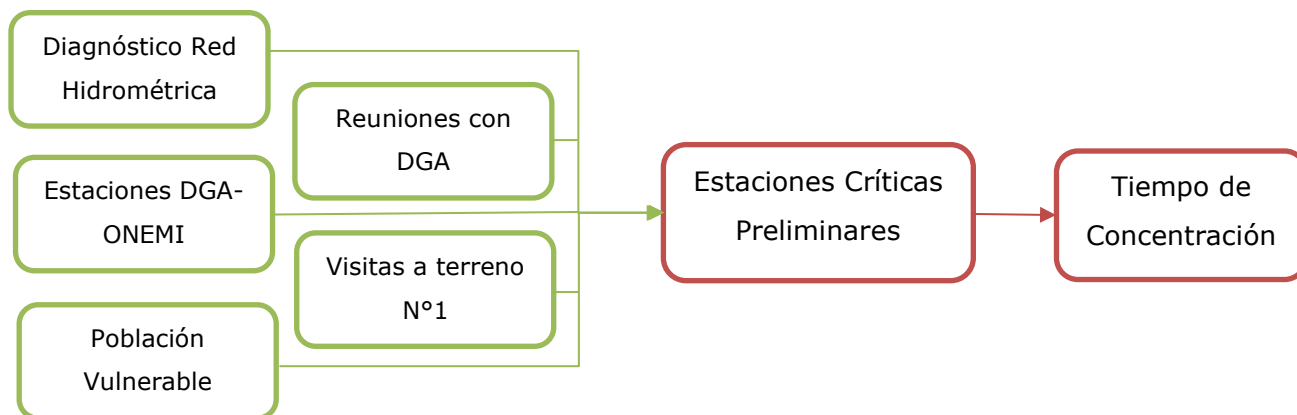


Figura 2.1 Diagrama Etapa I: Selección de estaciones críticas preliminares

Etapa II: Revisión de estaciones críticas seleccionadas

9. Análisis estadístico y calidad de la red
10. Reunión de validación con los Jefes Regionales de Hidrología
11. Visita a terreno N°2
12. Propuesta final estaciones críticas
13. Fichas estaciones críticas
14. Conclusiones

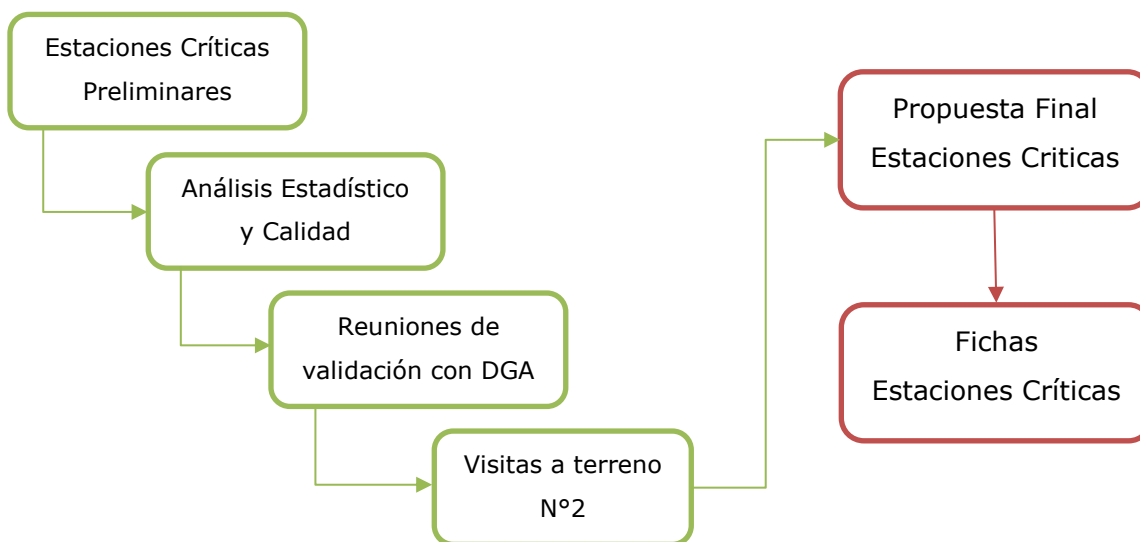


Figura 2.2 Diagrama Etapa II: revisión estaciones críticas seleccionadas

Etapa III: Generación del Sistema de Información Geográfica (SIG)

15. Entrega de información para Geodatabases o shape files



Figura 2.3 Diagrama Etapa III: Sistema de Información Geográfica

Etapa IV: Plan de Acción

16. Estaciones críticas finales
17. Definición de estación estándar
18. Identificación de brechas
19. Evaluación de costos



Figura 2.4 Diagrama Etapa IV: Plan de Acción

Paralelamente, en la Figura 2.5 se presenta la metodología del análisis crítico de la red piezométrica.

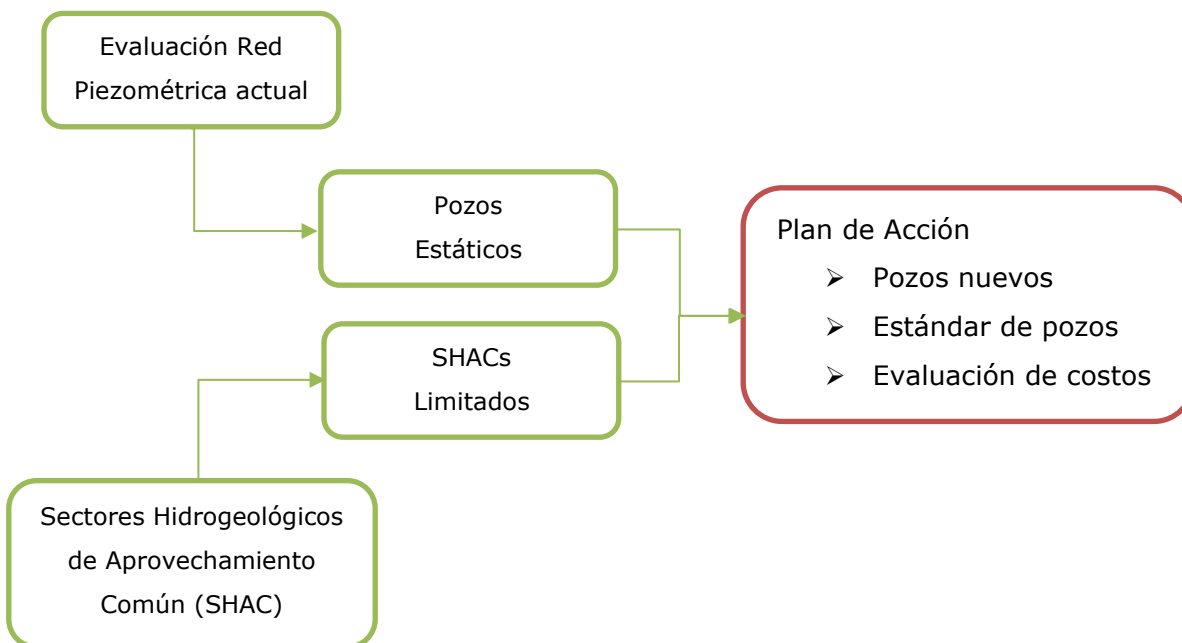


Figura 2.5 Diagrama metodología análisis crítico Red Piezométrica

3. RECOPIACIÓN Y REVISIÓN DE ANTECEDENTES

Para el desarrollo de esta consultoría se ha efectuado una completa recopilación de antecedentes, necesarios para el desarrollo y actualización del presente trabajo.

Se realizó una revisión bibliográfica en los siguientes organismos:

- Dirección general de Aguas (DGA)
- Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)
- Comisión Nacional de Riego (CNR)
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN)
- Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)
- Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE)
- Instituto Geográfico Militar (IGM)
- Universidades y centros de investigación
- Otras fuentes (CR2, Meteored, etc.)

Para cada uno de los antecedentes revisados se ha generado una ficha que contiene características generales, objetivos y una breve reseña, incluidas en el **Anexo 1**. Se muestra a modo de ejemplo en la Figura 3.1 la ficha del estudio *Balance Hídrico (DGA, 1987)*.



**DIAGNOSTICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE RED NACIONAL DE ALERTA DE EVENTOS
HIDROMETEOROLÓGICOS
EXTREMOS ID: 1019-22-LQ21**




ESQUEMA FICHA RESUMEN ESTUDIOS				
TIPO DE INFORMACIÓN	INFORME			
TITULO	BALANCE HÍDRICO DE CHILE			
AÑO	1987			
ELABORADO POR (ES)	DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA)			
AUTOR (ES)	DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA)			
LINK DE DESCARGA	https://snia.mop.gob.cl/sad/SUP1540.pdf			
ALCANCE GEOGRÁFICO	NACIONAL	INTER-REGIONAL	REGIONAL	CUENCA (S)
	x			
ÁMBITO GEOGRÁFICO	REGIÓN	PROVINCIA	CUENCA (S)	
	Todas las regiones de Chile (Excepto territorio Antártico)			
TIPO DE ANTECEDENTES	PLANES GIRH	MODELACIÓN HIDROLÓGICA	MODELACIÓN HIDROGEOLÓGICA	CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA
	x			
OBJETIVO DE LA INFORMACIÓN				
Informe enfocado a entregar la información general sobre los recursos hídricos, características hidrogeológicas, conocimiento del balance hídrico en un periodo estadístico de tiempo largo, y mostrar mediante mapas y tablas la representación de la información hídrica nacional.				
RESULTADOS DE INTERÉS				
El estudio muestra la metodología desarrollada para el cálculo de la ecuación de balance hídrico, el cual realiza integración espacial de un gran volumen de información. Se describe y explican los parámetros utilizados para cálculo y consideraciones generales y especiales. El estudio entrega a modo general conclusiones en cuanto a precipitaciones, temperatura, evaporación y caudales a nivel regional, nacional desglosados en tres grandes macroregiones , a saber: I y II regiones, III a X regiones y XI y XII regiones. También el informe entrego resultados de dentro del contexto América del Sur y Mundial (fase terrestre). Se excluyo del análisis el territorio Antártico Chileno.				

Figura 3.1 Ficha tipo de resumen de estudios

Los principales estudios y referencias relacionados con la Red Hidrométrica Nacional, se presentan a continuación, con un resumen de los aspectos que son de interés para el desarrollo de la presente consultoría.

1. Análisis Hidrométrico de las Redes Hidrométricas, Zona Sur. DGA (2014), SIT N° 344, realizado por Sociedad de Servicios Profesionales en Recursos Hídricos y Medio Ambiente Ltda.

Este estudio consideró el análisis crítico de la red hidrométrica de seis regiones (Biobío, Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén y Magallanes) conformada por un total de 557 estaciones vigentes. Se efectuó una recopilación de antecedentes, tales como: estudios similares anteriores, características de las cuencas y geografía del país, así como también, información sobre metodologías o enfoques para el análisis de redes hidrométricas tanto a nivel nacional como internacional, considerando criterios previamente establecidos por la DGA. Posteriormente se realizó un análisis sobre la evolución de la red y cómo ésta ha respondido a los requerimientos tanto públicos como privados, dando paso a un diagnóstico de la situación actual, analizando el número de estaciones en operación, ubicación y la información que entregaba cada una de ellas. Además, se efectuó una recopilación de antecedentes que permitió evaluar la influencia del cambio climático en las proyecciones y tendencias hidrológicas futuras, estableciendo zonas críticas en cuanto a la demanda de información hidrológica, evaluando la vigencia de la tecnología empleada en el monitoreo y proponiendo (en algunos casos) la implementación de métodos vanguardistas que propenden la eficiencia del servicio. Asimismo, se recopilaron antecedentes sobre los principales usos del agua, demandas de derechos de aprovechamiento de aguas, requerimientos de datos en tiempo real, necesidades de fiscalización (ambiental y Código de Aguas), proyecciones futuras de necesidad de información y otros requerimientos de las distintas áreas de trabajo de la DGA. También se realizó un análisis en forma general sobre la calidad de la estadística que entregaba la red hidrométrica en ese momento, relacionándola con las necesidades actuales y futuras de información, visitas de terreno a las Oficinas Regionales DGA y a algunas estaciones para poder conocer y verificar los antecedentes sobre la ubicación de nuevos puntos de control. Finalmente, se evaluó la factibilidad de compatibilizar y complementar la red hídrica DGA con redes pertenecientes a otros servicios y organismos, tales como: el Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED), la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), el Sistema Nacional de Medición Ambiental (SNIA), entre otros. Junto con ello, se evaluó la factibilidad económica de implementar nuevas estaciones y de mejorar las existentes, considerando entre otros aspectos, los costos de inversión y, los costos asociados a la operación de la red (operarios, mantención de equipos, etc.).

2. Análisis Crítico de las Redes Hidrométricas, Regiones V a VII y Región Metropolitana. DGA (2013), realizado por KRAL Consultores Ltda.

Este estudio correspondió al análisis crítico de la situación de la red hidrométrica, pluviométrica, meteorológica y sedimentológica de las regiones V a VII y Región Metropolitana en el año 2013, cuyo objetivo principal fue entregar un diagnóstico de las necesidades actuales y futuras de las redes hidrométricas, y proponer mejoras. El estudio estuvo enfocado en el análisis de distintas variables, tales como: número de estaciones, ubicación, antecedentes de uso actual de agua y estadística existente. El trabajo presentó como resultados los aspectos operaciones levantados para las estaciones de las regiones estudiadas en cuanto a: fallas presentadas, equipamiento, ubicación, operadores (personal), así como también aspectos financieros y de diseño. Se realizó la evaluación del impacto de acuerdo con el grado de importancia, seguido de una propuesta de mejora de las estaciones actuales, así como el emplazamiento de nuevas estaciones desde el criterio de su ubicación. En cuanto a la propuesta de estaciones de tipo piezométricas se enfatizó el criterio de que las mismas fueran consideradas como puntos de control. Además, se propuso el establecimiento de una red especial bajo las siguientes consideraciones: a) Red por efecto de embalses, b) Actividad Volcánica y c) Control de crecidas e inundaciones. Finalmente, se entregó una estimación de costos, resaltando la importancia del establecimiento de una red con enfoque de protección a la población civil.

3. Análisis del Comportamiento Espacial y Temporal de las Precipitaciones en la Región de Los Ríos, la Región de Los Lagos y la Región de Aysén. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal, UTAL (2009).

El estudio de esta Memoria de Título se basó en el aumento del nivel de información cuantitativa y cualitativa de las precipitaciones (mensuales y anuales), tanto en su forma espacial como temporal. Para el análisis se utilizaron los registros de 35 estaciones pluviométricas: 7 estaciones en la Región de Los Ríos, 11 estaciones en la Región de Los Lagos y 17 estaciones en la Región de Aysén. Dichos datos se analizaron con los Promedios Móviles y la Función de Distribución de Probabilidad de Gumbel, y se calcularon los Índices de Fournier (IF), Modificado de Fournier (IMF), Modificado de Fournier-Maule (IMFM) y el Índice de Concentración de las Precipitaciones (ICP).

Luego, con los resultados obtenidos se verificó si había una tendencia al aumento o disminución de precipitaciones (comportamiento temporal). Además se analizó la agresividad climática (con los índices de IF e IMF) y la concentración de las precipitaciones (ICP), verificando que el IMFM fue el que mejor se relacionó con las precipitaciones. Como resultado se alcanzó una tendencia al aumento de las precipitaciones en las regiones de Los Ríos y Los Lagos, y una disminución en la región de Aysén; una tendencia al aumento de la agresividad de las precipitaciones en las regiones de Los Ríos y Los Lagos, y una tendencia a la disminución en la región de Aysén.

4. Análisis de Vulnerabilidad del Sector Silvoagropecuario, Recursos Hídricos y Edáficos de Chile frente a Escenarios de Cambio Climático. CONAMA-MINAGRI-AGRIMED (2008).

El estudio (CONAMA-MINAGRI-AGRIMED) tuvo por objetivo analizar las zonas de mayor riesgo frente a eventos de cambio climático (erosión pluvial) ante escenarios severos, y en el cual se aplicó un modelo de ecuación revisada universal de pérdida de suelo llamado por sus siglas RUSLE, el cual se ajusta a terrenos con pendientes inferiores a 22%. La modelación tuvo como horizonte de estudio de proyección al año 2040. El modelo RUSLE fue diseñado para guiar en la selección de prácticas de conservación para diseños específicos y para lo cual se calcularon índices de vegetación. Como resultado el estudio (2008) mostró que el riesgo de erosión es consecuencia del aumento de la intensidad de las precipitaciones, lo que a mayor cobertura vegetal disminuye el riesgo. Factores como la erosividad y falta de cobertura en zonas de relieve complejos se presentan mayormente en la costa y precordillera especialmente en el valle central. Además, dio cuenta que en zonas cultivadas este efecto es nulo, evidenciando una fragilidad en el componente geomorfológico, relevante aportación de sedimentos originados en precordillera (lagos, humedales, embalses y cursos superficiales). Se concluyó que el mayor riesgo se evidencia en la cordillera de la costa y precordillera de los Andes, llegando a niveles críticos en la región del Bio-bio donde existe una notoria degradación del recurso edáfico.

5. Análisis de los efectos de distintos escenarios de registro histórico en la estimación de caudales de crecida. Aplicación a obras hidráulicas de la cuenca del Río Maule. Claudio Arias, Memoria de Título Universidad de Chile, 2011.

El estudio tuvo por objetivo analizar el efecto que produce la longitud del registro hidrológico utilizado en la magnitud del caudal estimado mediante análisis de frecuencias, centrándose en las obras hidráulicas existentes en la cuenca del Maule Alto. El análisis se apoyó en las estaciones fluviométricas afluentes a cada una de estas obras, beneficiándose de la gran cantidad de datos disponibles debido al alto interés en los recursos hídricos de esta zona. El estudio caracteriza detalladamente los registros existentes en cada estación analizada.

Las conclusiones del estudio indicaron que la estimación de crecidas de origen pluvial está condicionada por el periodo de registro seleccionado, existiendo un aumento considerable al utilizar periodos de registros más cortos y actuales. La situación es diferente para la estimación de crecidas de origen nival, donde la longitud del periodo de registro considerado no produce un efecto claro en la magnitud del caudal determinado, siendo variable según la estación analizada. Por otro lado, se comprueba que existe un aumento en el número y magnitud de crecidas pluviales a lo largo de los últimos años en la cuenca del río Maule, siendo está la razón del aumento de los caudales calculados al utilizar un periodo de registro más corto. En tanto, las crecidas de origen nival se han mantenido constantes en magnitud a lo largo de los años analizados.

Finalmente, el estudio concluye que todas las obras analizadas poseen una seguridad hidrológica menor a la calculada al momento de su diseño, siendo esto condicionado por el aumento en la magnitud de las crecidas pluviales ocurridas posteriormente a la construcción de las obras.

6. Análisis meteorológico de los aluviones de Antofagasta y Santiago de Chile en el período 1991-1993. René Garreaud y José Rutifani (1996).

Dentro de los principales objetivos del estudio, se encontraron los siguientes: a) describir en escala hemisférica, sinóptica y regional local la ocurrencia de los aluviones catastróficos en Antofagasta (1991) y Santiago de Chile (1993) debido a anomalías atmosféricas por eventos de El Niño; c) presentar un análisis de las condiciones

meteorológicas que precedieron y acompañaron estos aluviones y; por último, c) describir geográficamente las zonas de Antofagasta y de Santiago. El paper entregó un resumen de las características geográficas y climáticas de estas ciudades. Además, en el documento se presentan las características generales de la circulación atmosférica, configuración barotrópica en relación con las anomalías de presión al nivel del mar y las anomalías de altura geopotencial y condición de bloqueo al flujo oeste. Luego, narra la presencia de un anticiclón debilitado que favoreció el desvío de las trayectorias ciclónicas hacia las zonas central y norte de Chile. Para el caso de 1993, las anomalías presentaron una menor amplitud en la costa suroccidental de Sudamérica con una vaguada fría. Específicamente, en el aluvión de Antofagasta, se evidenció un contraste térmico por calentamiento en la troposfera baja y un enfriamiento del aire polar y acceso orográfico. Por otra parte, el aluvión de Santiago se debió a las altas temperaturas en la troposfera sobre la costa occidental de América del Sur.

7. Análisis de eventos hidrometeorológicos extremos en el país. Caudales máximos y mínimos. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, AC Ingenieros Consultores Ltda., Ayala Cabrera y Asociados Ltda., 1995.

El estudio tuvo como objetivo mejorar la estimación de caudales extremos del país en cuencas que poseían escasa o nula información fluviométrica. Para esto se utilizaron diferentes métodos utilizados en la época con la finalidad de seleccionarlos y validar los más adecuados. Los métodos más comunes utilizados fueron: análisis de frecuencia como; Fórmula Racional y Verni y King, para caudales máximos de origen pluvial. Además, se utilizaron métodos de estimación del hidrograma de crecida de origen pluvial y para la generación de escorrentía directa la infiltración de la lluvia, así como el Método de la Curva Número.

Se recopilaron (a nivel nacional) los datos de 672 estaciones de control fluviométrico en el país en los periodos comprendidos entre 1915 y 1992. Esto complementado al estudio "Eventos Hidrometeorológicos Extremos, Precipitaciones Máximas en 1,2 y 3 días" realizado para la DGA en 1989. Para el procesamiento de estos datos se utilizó como filtro que al menos tuvieran 20 años de información las estaciones que se estudiaron, utilizándose finalmente 234 estaciones que cumplían con estas condiciones y 39 cuencas en total.

En el análisis, se estimó un coeficiente representativo de cada región o para los grupos de cuencas, para cada periodo de retorno. Entre otras recomendaciones para facilitar la estimación de los caudales máximos o mínimos susceptibles de ocurrir en un lugar de interés, asociados a distintas probabilidades de excedencia.

8. Balance hídrico de Chile, DGA, 1987.

El informe (DGA) estuvo enfocado a entregar la información general sobre los recursos hídricos, características hidrogeológicas, conocimiento del balance hídrico en un periodo estadístico de tiempo largo, y mostrar mediante mapas y tablas la representación de la información hídrica nacional. El informe (1987) mostró la metodología desarrollada para el cálculo de la ecuación de balance hídrico, el cual realiza integración espacial de un gran volumen de información. Se describieron y explicaron los parámetros utilizados para cálculo, así como las consideraciones generales y especiales. Entregó a modo general conclusiones en cuanto a precipitaciones, temperatura, evaporación y caudales a nivel regional, nacional desglosados en tres grandes macro-regiones, a saber: I y II regiones, III a X regiones y XI y XII regiones y también mostró los resultados de dentro del contexto América del Sur y Mundial (fase terrestre). Se excluyó del análisis el territorio Antártico Chileno.

9. Determinación de los umbrales de alerta de caudales, lluvias y temperaturas del sistema de transmisión de datos de la DGA / Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Agua, División de Hidrología, Rodhos Asesorías y Proyectos Ltda.

El objetivo de este estudio fue realizar una actualización, en todo el país, del sistema de umbrales de crecidas de las estaciones fluviométricas o pluviométricas que así lo requirieron. Para esta actualización fue necesario revisar: las estaciones satelitales y no satelitales incluidas en el actual sistema de alerta, los puntos de inundación que requerirían un sistema de alerta, las estaciones estratégicas de control, las variables que explican la crecida, analizar la necesidad de incluir algunas variables adicionales a las consideradas originalmente (como temperaturas y niveles de lagos), y por último, a través de un análisis hidrológico y meteorológico, los rangos a los cuales se asocian los tres umbrales de alerta (azul, amarilla y roja) de cada una de las variables. Las recomendaciones para determinar estos umbrales fueron no considerar para todos los eventos la misma cantidad de días de lluvia al relacionar caudales con precipitaciones;

sumar el caudal de las estaciones fluviométricas cuando las precipitaciones se explican con más de una estación fluviométrica; en cuencas que tienen una porción mixta o nival, estudiar una relación entre los caudales y la temperatura además de la precipitación; y finalmente, actualizar los umbrales con cada evento de inundación o daño que se registre por crecidas.

Con los resultados obtenidos se verificó que, metodológicamente, no se pueden establecer umbrales de alerta de caudal si no hay un evento de inundación con lugar, fecha y caudal correspondiente; en el norte y centro de Chile. Importante destacar que el índice de precipitación antecedente (IPA) cuando se hace el análisis de la relación entre precipitaciones y caudales, lo que no se observa más al sur, donde los suelos están permanentemente más húmedos, y no tiene una gran influencia el IPA. Se plantea controlar las entradas y salidas de embalses, específicamente en la Región III (embalse Lautaro), en la región IV (embalses Puclaro, Paloma y Corrales), y en la Región VI (embalse Convento Viejo); equipar algunas estaciones con sistemas de transmisión de datos en tiempo real; instalar estaciones nuevas y rehabilitar estaciones suspendidas o mejorar estaciones existentes en mal estado.

10. Estudio de prefactibilidad mejoramiento sistema de riego en Río San Pedro, San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta. ARRAU Ingeniería EIRL. Consultores de Ingeniería Hidráulica y de Riego, 2014.

El estudio tuvo por objetivo principal el análisis completo a nivel de prefactibilidad, para proponer y evaluar alternativas de mejoramiento del sistema actual de riego de la comuna de San Pedro de Atacama, donde se planteó mejorar las condiciones del riego, mitigar los daños que producen las crecidas del invierno altiplánico en la agricultura y otros sectores, y finalmente, evaluar la posibilidad de generar energía hidroeléctrica en una mini central asociada al embalse. Para cumplir con lo anterior, se realizó un diagnóstico completo de la infraestructura de riego, de los posibles sitios de embalse, y se llevan a cabo diversos estudios topográficos, geotécnicos, geofísicos, hidrológicos, sedimentológicos y de laboratorio. Con dichos antecedentes se propusieron una serie de alternativas, las cuales son evaluadas mediante un modelo hidrológico y operacional del Río San Pedro bajo los diferentes escenarios. Posteriormente se realizó una evaluación económica de las distintas opciones de solución y sus variantes. Finalmente, se concluyó que la alternativa más favorable a precios sociales es la que considera el uso múltiple de la obra, lo que permite mejorar la calidad de las aguas de riego, controlar las crecidas

y la generación de energía eléctrica, sin embargo, esta misma opción a precios privados no resulta rentable. De todas formas, con los resultados obtenidos se recomienda proseguir a un estudio de factibilidad, complementando la alternativa descrita con otros estudios de técnicos y de ingeniería que permitan esclarecer ciertos aspectos y dar mayor robustez al análisis.

11. Estudio de prefactibilidad, alternativas de obras de regulación y control de crecidas en la hoya del Río Salado (afluente Río Loa), Región de Antofagasta. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Hidráulicas, ARRAU Ingeniería EIRL, 2013.

El estudio presentó una caracterización de la cuenca y un estudio hidrológico e hidráulico del río Salado. Este río es el principal afluente del río Loa, presenta crecidas provocadas por el invierno altiplánico, las que al no existir obras de regulación o de control de crecidas, causan serios daños en la infraestructura pública y privada.

Además, en el documento se analizó la prefactibilidad de diferentes alternativas de obras asociadas a crecidas extraordinarias como la del año 2001. Entre las alternativas se encuentran: un embalse regulador de crecidas en diferentes ubicaciones; una cuenca de retardo correspondiente a una superficie extensa y plana o de baja pendiente que tendría por objetivo desviar una parte de las aguas de las crecidas del río Salado y; varias obras de defensa fluvial (gaviones y encauzamientos de la caja del río).

Finalmente, el estudio contempló una identificación y descripción del área de influencia del Proyecto, conocer e incorporar una medida técnica y económicamente viable, analizar las implicaciones sociales y legales.

12. Estimación del valor económico de uso de pronósticos del tiempo en la gestión de riesgo ante eventos hidrometeorológicos extremos: estudio de caso en el Río Biobío, 11 de julio de 2006. Wilson Ureta Parraguez, Memoria de Título Universidad de Chile, 2010.

El objetivo principal de la memoria de título consistió en generar una estimación del valor económico del uso de pronósticos del tiempo, para la mitigación del desastre ocasionado por el evento hidrometeorológico extremo asociado al desborde del Río Biobío en 2006. Para ello, se describe el evento de acuerdo a los pronósticos informados y las precipitaciones y caudales registrados antes y durante el día del evento en el área

de estudio. Además, se realizó un análisis de frecuencia de los caudales máximos anuales instantáneos del Río Biobío. Se analizó la gestión realizada por las Asociaciones de Canalistas y ENDESA, y se determinaron los principales impactos del desastre, principalmente asociados a la actividad agrícola. El 11 de julio de 2006, se registró una precipitación de 241 mm en 24 horas, lo que generó un importante aumento de caudal, que derivó en el desborde del sistema de canales de Biobío Norte, Biobío Sur y Biobío Negrete. La gestión del evento por parte de las Asociación de Canalistas y ENDESA evidenció graves falencias de infraestructura y procedimientos para disminuir los efectos de la crecida, lo que terminó con la muerte de 7 personas, 11.525 damnificados y el deterioro de viviendas y caminos. En su conjunto, el análisis anterior llevó a la conclusión de que el uso adecuado de los pronósticos del tiempo podría haber disminuido en forma gravitante los daños provocados por la crecida estudiada. Sin embargo, no es posible afirmar que el valor económico de uso de los pronósticos corresponde al ahorro de la totalidad de los costos estimados, ya que en la concreción de éstos también influyeron la extraordinaria magnitud del evento, la exactitud de los pronósticos y la vulnerabilidad y capacidad de la infraestructura existente para contener la crecida del río.

13. Manual de cálculo de crecidas y caudales mínimos en cuencas sin información Fluviométrica. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Agua, AC Ingenieros Consultores Ltda. 1995.

Este manual detalla los métodos para el cálculo de caudales máximos y mínimos en cuencas naturales del país, con nula o escasa información fluviométrica; estos métodos son válidos para períodos de retorno inferiores a 100 años (valor usual para el diseño de obras hidráulicas de pequeña a mediana importancia) y aplican para la estimación de caudales máximos en periodo pluvial y de deshielo.

Para la elaboración del manual se consideró la información hidrológica disponible de estaciones hidrométricas y estudios anteriores. Con esta información se calibraron los métodos utilizados habitualmente en el cálculo de caudales extremos y se elaboraron nuevas expresiones de cálculo, los que fueron validados para una gran parte del territorio nacional (desde la III^a a la X^a Región). Previo a la utilización de los métodos propuestos se requirió determinar los parámetros morfométricos de la cuenca aportante, las precipitaciones del sector y la ubicación geográfica del área de estudio; los demás valores requeridos por los métodos propuestos se indican en el mismo manual.

14. Mejoramiento de la red fluviométrica para el control de crecidas. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, CONIC-BF Ingenieros Civiles Consultores Ltda., 2011.

A la fecha de licitación del estudio, se constataba que la información hidrométrica de las grandes crecidas no estaba siendo bien registrada por las estaciones fluviométricas de la DGA. Esto se debía, en parte, al diseño de las estaciones y al aumento de la frecuencia de crecidas en los últimos 5 años, lo que además produjo la destrucción o daño de varias estaciones. El objetivo de este estudio estuvo en generar un diseño de una red fluviométrica para el control de crecidas en un período de retorno mayor a 25 años en las Regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Coquimbo. Inicialmente se realizó un diagnóstico de todas las estaciones fluviométricas existentes, con fin de identificar las estaciones, períodos de tiempo y situaciones más recurrentes donde se produce la pérdida de información. Además, se realizó un estado del arte en relación a las diferentes metodologías de controles específicos y complementarios, con el fin de proponer e identificar la mejor alternativa para el control de crecidas. La alternativa seleccionada fue la que utilizaba radares de sensor sin contacto, la cual se adecúa a la realidad de las estaciones existentes en las diferentes regiones. Se seleccionaron los puntos estratégicos donde se aplicará la alternativa seleccionada, distribuyéndose en dos por cada región de estudio. En cada uno de ellos se realiza un estudio de caudales de crecida y eje hidráulico, con el fin de determinar la mejor ubicación de la estación. Finalmente, se elaboraron los presupuestos de las obras civiles e instrumentación para cada estación.

15. Modelación y análisis de inundaciones para la cuenca del río Copiapó, Departamento de Estudios-CSIRO, Dirección General de Aguas, 2017.

El proyecto contempló el desarrollo de una herramienta que permitiría modelar y predecir posibles escenarios de amenazas de inundaciones futuras, realizando simulaciones de diferentes escenarios de inundaciones que involucran precipitaciones y caudales. Se centró en el estudio de la cuenca del río Copiapó porque corresponde a un sector con eventos de precipitación esporádicos, los que ocasionalmente generan fuertes escorrentías y provocan aluviones; basándose específicamente en los eventos extremos de inundaciones históricas ocurridos en marzo de 2015 y mayo de 2017.

El software desarrollado por CSIRO, SWIFT (*Shallow Water Integrated Flood Tool*, (SWIFT Website, 2018)), fue utilizado para realizar modelamiento de inundaciones y validado con los antecedentes de los eventos anteriormente mencionados, obteniendo resultados coincidentes entre la simulación y lo registrado. Por lo anterior, se considera que SWIFT está preparado para ser utilizado en un diverso rango de aplicaciones sobre la cuenca del río Copiapó, entendiendo que una validación más completa requeriría considerar otros eventos históricos extremos. De los resultados obtenidos se obtuvieron las siguientes conclusiones: el análisis comparativo entre los resultados de las simulaciones y los datos registrados posterior al evento se basó en criterios cualitativos, por lo que se recomendó complementar el análisis considerando métricas cuantitativas; una baja resolución para describir la topografía del terreno puede sobreestimar el tiempo de arribo del agua a determinados sectores, y/o introducir artefactos artificiales en la grilla de simulación, tales como un suavizamiento excesivo en la caja de un río o incluso la eliminación de esta, lo cual implicaba que el agua se desplazara por sectores sin seguir el comportamiento esperado, y en cambio una muy alta resolución podría requerir un tiempo de cómputo significativamente mayor, y también podría incluir elementos no propios del terreno, como tuberías, lo cual distorsionaría el movimiento del flujo y generaría resultados erróneos.

16. Plan regional de infraestructura y gestión del recurso hídrico al 2021.

Región de Antofagasta. MOP, 2012.

La región de Antofagasta es la segunda con mayor extensión del país. Posee una geomorfología variada, debido a lo mismo, los riesgos naturales a los que está expuesta son diversos dependiendo del sector analizado, destacando las comunidades costeras que están expuestas a sismos, tsunamis y aluviones, comunidades interiores en el altiplano expuestas a sismos, riesgo volcánico y grandes avenidas de agua producto del invierno altiplánico. En el año 2012, se lograron identificar dentro de la región 14 quebradas de importancia de las cuales solo cuatro cuentan con obras de control aluvial.

Al 2012, esta región contaba con siete cauces principales. Por otro lado, la explotación de agua subterránea es vital, debido a las características climáticas de la zona (escasas precipitaciones), si se considera además el crecimiento poblacional existente.

En el estudio se resalta que la infraestructura hidrométrica de la región al 2012 era de 32 estaciones fluviométricas, 34 meteorológicas, 1 calidad de agua subterránea, 19

calidad de agua superficiales y 29 que registraban los niveles estáticos de aguas subterránea.

17. Pronóstico de crecidas en tiempo real usando redes neuronales recurrentes.

Milena Muñoz Bonacic, Memoria de Título Universidad de Chile, 2008.

El estudio de esta Memoria de Título se basó en analizar la eficiencia de modelos de redes neuronales recurrentes aplicados al pronóstico de crecidas en tiempo real. El estudio se enfocó principalmente en la cuenca del río Mapocho, perteneciente a la hoya hidrográfica del río Maipo con la finalidad de encontrar los tipos de redes recurrentes, modelos y arquitecturas más apropiados para realizar pronósticos de crecidas adecuados que resulten útiles como alternativas preventivas y de mitigación. Además, el estudio se basó en la utilización de redes neuronales de tipo recurrente, los que son aplicadas a crecidas pluviales y de deshielo, cuyo pronóstico se enfoca al caso de caudales instantáneos, donde las variables relevantes son definidas a partir de registros de caudales, precipitaciones y temperaturas en tiempo horario; eligiendo como óptima a aquella red neuronal que tenga el menor error en el pronóstico.

Con los resultados obtenidos se verificó que, para pronosticar crecidas pluviales y de deshielo, las redes neuronales recurrentes de Elman resultan más eficientes que las redes prealimentadas y los modelos paramétricos, lo cual es más notorio en pronósticos pluviales; una red recurrente tipo Elman necesita, para modelar un fenómeno, la misma cantidad de neuronas en las capas ocultas que si se modela con una red prealimentada; un pronóstico con RRS (red neuronal recurrente simple) necesita alrededor del triple de tiempo que utilizar redes prealimentadas; los pronósticos obtenidos para entrenamientos de tipo unitario y continuo en una red neuronal recurrente de Elman son mejores que los obtenidos mediante el uso de una red prealimentada considerando ambos tipos de entrenamiento; en los modelos RARMAX entrenados unitariamente, los modelos formados a partir del entrenamiento con los datos de las crecidas con menores amplitudes de frecuencia presentan los menores errores.

18. Plan de manejo técnico del Río Loa a su paso por Calama y plan maestro de evacuación y drenaje de aguas lluvias de Calama, II Región. Informe Final. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Hidráulicas, CONIC BF Ingenieros Civiles Consultores Ltda., 2004.

Del plan de manejo técnico del río Loa se pudieron identificar un total de 10 sectores críticos que presentan problemas con desbordes del río e inundaciones. Las principales razones por las que ocurren estos eventos fueron: Existencia de infraestructura inadecuada ubicada en el cauce, como son puentes, alcantarillas, bocatomas, entre otras. Estas estructuras alteran el libre escurrimiento del río, debido a un mal diseño, pudiendo causar inundaciones en las zonas aledañas a estas, se sugiere entonces poder mejorar los diseños existentes y en el caso en que lo obra no sea vital se sugiere su eliminación. Otra razón sería la poca capacidad de algunos tramos del río. Esto es debido a la poca limpieza del cauce, sección muy pequeña o riberas muy bajas, la solución propuesta por tanto es el aumento de sección, en caso de ser necesario y la limpieza sistemática de este. Por último, otra de las razones por las que se pudo identificar que ocurren estas inundaciones fueron la inestabilidad de taludes de la ribera, proponiéndose como solución el recubrimiento de estos taludes existentes con un material que resista las velocidades de escurrimientos.

Referente al plan maestro de evacuación de drenaje de aguas lluvias se identificó que la ciudad de Calama no presenta graves problemas referentes a esta temática, debido principalmente a las escasas precipitaciones que corren en la zona.

19. Proyecto de Reposición de la Red Hidrométrica Cuenca Río Huasco, Dirección General de Aguas Región de Atacama.

El proyecto consistió en la reposición de las Estaciones Fluviométricas dañadas durante el evento meteorológico de marzo del año 2015. Dicho proyecto se basó en el Estudio Ingeniería de Detalles Estaciones Fluviométricas DGA Cuenca Río Huasco realizado por 4C CONSULTORES EN INGENIERÍA CIVIL LTDA. En este estudio se realizó un diagnóstico completo de la zona, con estudios hidrológicos, hidráulicos, entre otras especialidades, para el diseño de las estaciones que se consideraron prioritarias para el funcionamiento de la Red Hidrométrica. Además, en este estudio se entregaron especificaciones técnicas generales, planos y sectores en detalle de la construcción de la red.

20. Proyecto de Reposición de la Red Hidrométrica Cuenca Río Copiapó, Dirección General de Aguas Región de Atacama.

El evento ocurrido en marzo del 2015, el cual llevó a la realización de este estudio y rediseño y reparación de estaciones debió ser estudiado por métodos indirectos debido a que las estaciones fluviométricas existentes no eran capaces de medir los caudales de crecida. Las estaciones hasta esa fecha funcionaban de manera correcta solo para eventos asociados a periodos de retorno menores, que son los recurrentes en la zona.

Debido a los eventos ocurridos en el año 2015 y a lo antes mencionado se sugirió reubicar algunas de las estaciones de esta red, además de la reparación de las que fueron dañadas en esta crecida. Esto con la finalidad de poder modernizar la red y llevar a cabo un correcto control y medición de los caudales.

21. Una revisión de inundaciones fluviales en Chile, período 1574-2012: causas, recurrencia y efectos geográficos. Octavio Rojas, María Mardones, José Luis Arumi y Mauricio Aguayo. Revista de geografía Norte Grande N°57, 2014.

Este artículo realizó una revisión bibliográfica de inundaciones fluviales históricas en el período 1574-2012 a través de diferentes publicaciones, con el objetivo de analizar, explicar y sistematizar causas o factores detonantes, así como también, períodos de recurrencia, distribución y efectos geográficos de las inundaciones acaecidas en Chile continental. Se identificaron 5 tipos principales de inundaciones, asociadas a los detonantes de procesos volcánicos, procesos nivoglaciares, deslizamientos, intervenciones antrópicas y precipitaciones. Se relacionó este último factor al 71% de las inundaciones en el periodo analizado. También se realizó un análisis a nivel nacional donde se observó un patrón zonal de los tipos de eventos dividido en 5 áreas homogéneas, cuya mayor recurrencia se concentró en el dominio climático mediterráneo, consistente con montos pluviométricos intensos y cambios ambientales ocurridos durante las últimas tres décadas. Finalmente, se consideró un incremento, desde la segunda mitad del siglo XX hasta el 2014, de inundaciones catastróficas, relacionadas principalmente con procesos nivoglaciares e intervenciones antrópicas.

22. Atlas del Agua, Chile 2016. Dirección General de Aguas, 2016.

La presente versión del atlas tuvo como objetivo entregar una herramienta para conocer la realidad hídrica de Chile al año 2016. Corresponde a un compendio orientado para el

uso por parte de especialistas, profesionales, sector público y privado, el cual presenta información relevante y actualizada sobre los recursos hídricos del país, así como de su utilización; las tendencias de consumo y disponibilidad; la institucionalidad y entidades vinculadas a la gestión del recurso y las cuencas que conforman las respectivas macrozonas. Esta versión expone en la parte introductoria el problema de escasez hídrica, producto del cambio climático, lo que hace que se estructure una nueva estratégica. Recalca la importancia del agua como recurso esencial, y requerimientos como inversiones acumulación de aguas /eficientizar sistemas de riego y acopio de nuevos recursos. Destaca programas como APR y los esfuerzos en el ámbito normativo e institucional. Este Atlas propone ser una herramienta de información veraz y para empaparse de la realidad hídrica, contextualizando el desarrollo de la información en macrozonas. Luego en el documento se describe como se mide e investiga el agua, muestra además la estadística sobre gestión y administración del recurso. Se realizó un mapeo de las distintas dimensiones físicas del agua en país y desafíos a abordar fenómenos como el cambio climático, la sequía y la recurrencia de los eventos extremos. Finalmente, se realizó un resumen mediante mapas/ imágenes sobre la heterogeneidad hídrica (grandes diferencias de magnitud de las variables hidrometeorológicas).

23.Actualización del Balance Hídrico Nacional. Dirección General de Aguas, 2017.

Nace de la necesidad de incorporar 30 años de nuevos registros y fuentes de información, para cuantificar la disponibilidad de los recursos hídricos en el país. El objetivo del estudio fue servir como línea de base de cualquier estudio hidrológico, como de consultorías a nivel nacional. Teniendo una metodología uniforme y viable que permitiera incorporar procesos físicos en su estimación considerando el tipo, calidad y extensión de los datos existentes.

Para la actualización se analizaron diversos estudios y fuentes de información, entre las que destacan; brechas existentes entre las distintas cuencas y macrozonas climáticas establecidas por el Atlas del agua (DGA, 2016), caracterizar las cuencas de acuerdo al nivel de información y un análisis crítico de la información.

Los resultados de este trabajo entregan información relevante sobre la precipitación entre escorrentía total y evapotranspiración, en cuencas modeladas en régimen natural.

Se destaca que la caracterización del balance hídrico presentado está sujeta a la calidad de las forzantes meteorológicas, como a los resultados del modelo hidrológico.

El estudio hace mención de diferentes recomendaciones: forzantes meteorológicas, modelación hidrológica, evapotranspiración, recarga de agua subterránea, variabilidad y cambio climático.

24. Guía para el Diseño de Proyectos de Telemetría Hidrométrica. ICASS – KV Ingeniería, 2018.

Aborda el diseño de sistemas de medición y control hídrico en las cuencas del país, promoviendo interoperabilidad entre equipos y redes. En general, la guía se trata de un conjunto de pautas y recomendaciones que se presentan de forma ordenada y sistematizada para el desarrollo de telemetría hidrométrica a diferentes escalas. Debido a la escasez hídrica se ha potenciado el desarrollo de sistemas de telemetría, por lo que la guía permite orientar para la aplicación de estándares tecnológicos de telemetría hidrométrica para abordar el diseño de sistemas de medición. Además, en la guía se reúnen los estándares para unificar criterios a distintas variables y se realizan recomendaciones generales de las componentes de un sistema de telemetría hidrométrica, pasando por almacenamiento de la información, autonomía energética, protección de equipos, hasta la transmisión de datos y los sensores de acuerdo a las variables a monitorear. Desarrolla las variables monitoreadas o de intereses, tales como son: meteorológicas, hidrológicas y de calidad. Finalmente, entrega conceptos sobre los fundamentos, fallas, procesamiento de los datos que generan, discretización de la información, especificaciones generales de las características mínimas que deben tener los equipos, visualización de la información, etc. En fin, la guía, resulta una herramienta eficaz para técnicos especializados ante eventualidad de inoperatividades de estos sistemas y hacia otros usuarios para facilitar la toma de decisiones.

25. Protocolo entre ONEMI y DGA, Dirección General de Aguas -ONEMI, 2019.

El principal objetivo fue establecer los mecanismos de comunicación y coordinación entre ONEMI y DGA para el monitoreo y la alerta ante el Sistema Nacional de protección civil frente a crecidas de ríos y aumento de niveles de lagos. Adicionalmente, tiene como objetivo, permitir adoptar oportunamente las medidas preventivas destinados a impedir o mitigar los riesgos asociados.

En documento se definen las responsabilidades de cada una de las instituciones: por parte de la ONEMI en recopilar la información de crecidas e informar para alertar a la población y por parte de la DGA, en recibir los datos para que las autoridades de ONEMI y MOP adopten medidas preventivas para la mitigación de riesgos hidrológicos. Además, se definen los procedimientos para ambas instituciones y se exponen acuerdos complementarios, vocerías a través de los distintos sistemas de alerta y direcciones de ONEMI. Finalmente, presenta una definición del procedimiento en el caso que se realicen modificaciones al protocolo y de las coordinaciones que se designarán, así como el establecimiento de la vigencia del mismo.

4. DIAGNÓSTICO DE LA RED HIDROMÉTRICA

4.1 Variables monitoreadas, georreferenciación y sistemas hidrográficos asociados

La región Metropolitana posee un sistema hidrométrico con 69 estaciones entre meteorológicas (48) y fluviométricas (21). Además, existe una buena distribución espacial de las estaciones, con excepción de las zonas de mayor elevación de la región.

A continuación se presentan las figuras y tablas asociadas a cada una de las variables medidas, incluyendo las coordenadas oficiales y el sistema hidrográfico al que pertenecen.

Fluviometría

La Figura 4.1 muestra la ubicación espacial de las estaciones fluviométricas de la región. Mientras que la Tabla 4.1 muestra la información básica sobre la ubicación de cada una. Además, se distinguen las estaciones pertenecientes al Protocolo DGA-ONEMI, definidas en el "Protocolo entre la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública y la Dirección Nacional de Aguas".

Meteorología

La Figura 4.2 muestra la ubicación espacial de las estaciones meteorológicas de la región. Mientras que la Tabla 4.2 muestra la información básica sobre la ubicación de cada una.

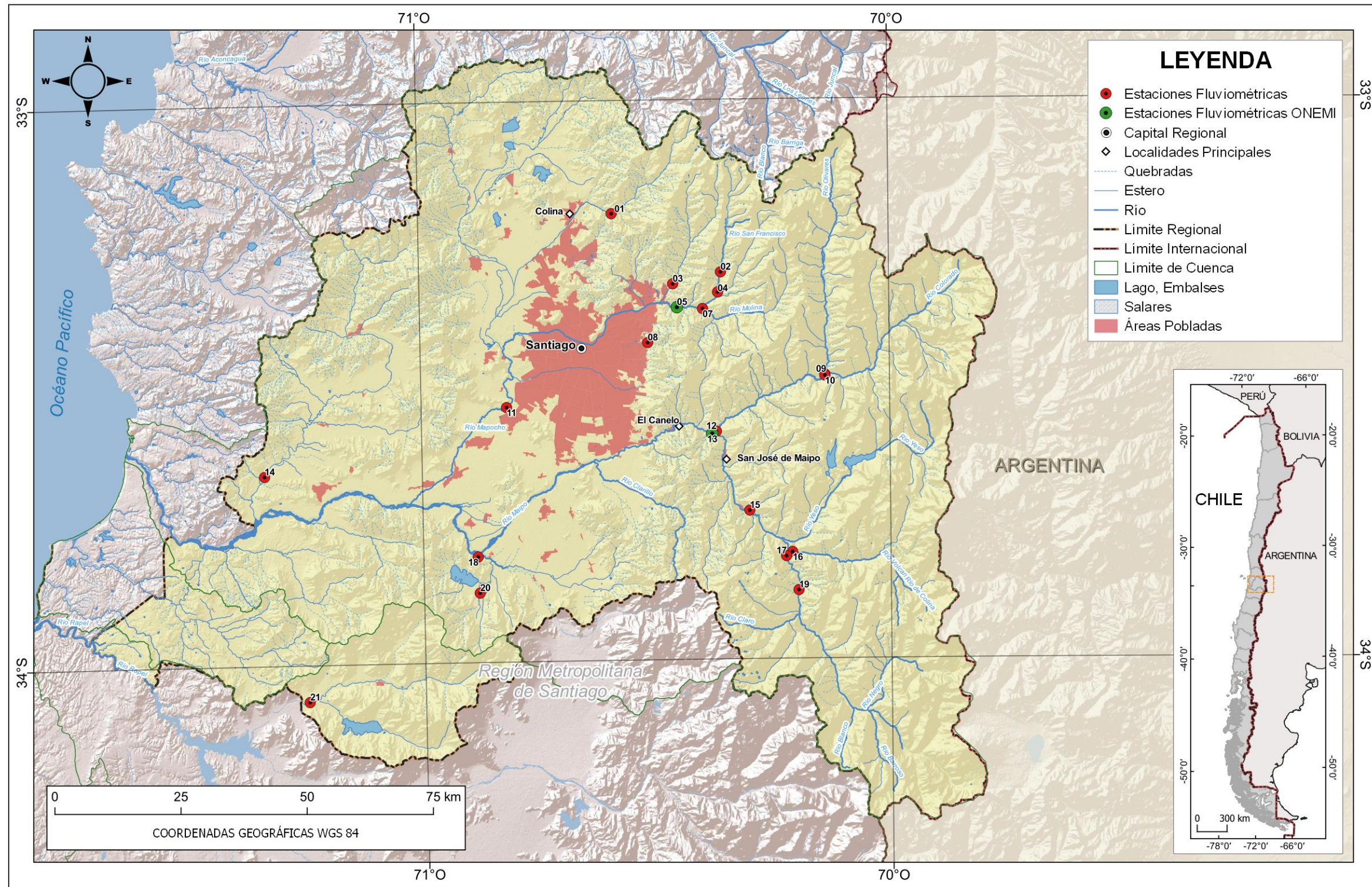


Figura 4.1 Ubicación estaciones fluviométricas, Región Metropolitana

Tabla 4.1 Información básica estaciones fluviométricas, Región Metropolitana

ID	Código BNA	Nombre	Coordenadas UTM WGS84 19S		Cuenca	Subcuenca	Subsubcuenca
			Este	Norte			
1	05735001-6	Canal Colina en Peldehue	351.984	6.325.196	Rio Maipo	Mapocho Bajo	Estero Colina
2	05721016-8	Río San Francisco antes junta estero Yerba Loca	373.641	6.313.676	Rio Maipo	R. Mapocho Alto	Rio San Francisco
3	05722001-5	Estero Arrayan en La Montosa	364.171	6.311.298	Rio Maipo	R. Mapocho Alto	Rio Mapocho Entre Rio San Francisco y Bajo Junta Estero Arrayan
4	05721001-K	Estero Yerba Loca antes junta San Francisco	373.072	6.309.689	Rio Maipo	R. Mapocho Alto	Rio San Francisco
5	05722002-3	Río Mapocho en Los Almendros	365.020	6.306.679	Rio Maipo	R. Mapocho Alto	Rio Mapocho Entre Rio San Francisco y Bajo Junta Estero Arrayan
6	05722007-4	Río Mapocho en Los Almendros Gprs	365.020	6.306.679	Rio Maipo	R. Mapocho Alto	Rio Mapocho Entre Rio San Francisco y Bajo Junta Estero Arrayan
7	05720001-4	Río Molina antes junta San Francisco	370.094	6.306.419	Rio Maipo	R. Mapocho Alto	Rio Mapocho Entre Rio San Francisco y Bajo Junta Estero Arrayan
8	05730008-6	Quebrada Ramón en recinto EMOS	359.226	6.299.663	Rio Maipo	Mapocho Bajo	Rio Mapocho Entre Estero de Las Rosas y Estero Lampa y Bajo Zanjón de la Aguada
9	05705001-2	Río Colorado antes junta río Olivares	394.337	6.293.457	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Colorado antes junta Rio Olivares
10	05706001-8	Río Olivares antes junta río Colorado	394.343	6.293.240	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Colorado antes junta Rio Olivares
11	05737019-K	Río Mapocho en El Trebal	331.266	6.286.786	Rio Maipo	Mapocho Bajo	Rio Mapocho entre Zanjón de la Aguada y Río Maipo
12	05707002-1	Río Colorado antes junta río Maipo	372.847	6.282.122	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Colorado entre Rio Olivares y Rio Maipo
13	05710001-K	Río Maipo en El Manzano	372.019	6.281.633	Rio Maipo	Rio Maipo Medio	Rio Maipo Entre Estero Colorado y Rio Clarillo
14	05746001-6	Estero Puangue en Ruta 78	283.302	6.272.931	Rio Maipo	Rio Maipo Bajo (Entre Rio Mapocho y Desembocadura)	Estero Puangue Entre Estero de Los Mayos y Rio Maipo
15	05704002-5	Río Maipo en San Alfonso	379.470	6.266.472	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Maipo entre Rio Volcán y Rio Colorado
16	05702001-6	Río Volcán en Queltehues	387.971	6.258.289	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Volcán
17	05701009-6	Río Maipo en Queltehues	386.768	6.257.461	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Maipo entre Rio Negro y Rio Volcán
18	05716001-2	Río Angostura en Valdivia De Paine	325.665	6.257.179	Rio Maipo	Rio Maipo Medio	Estero Angostura Entre Estero Paine (II) y Rio Maipo
19	05705002-0	Canal Queltehue	389.232	6.250.732	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Maipo entre Rio Negro y Rio Volcán
20	05716003-9	Estero Pintué en Puente Pintué	326.050	6.250.016	Rio Maipo	Rio Maipo Medio	Estero Angostura Entre Estero Paine (II) y Rio Maipo
21	06043001-2	Estero Alhué en Quilamuta	292.356	6.228.329	Rio Rapel	Estero Alhué	Estero Alhué Entre Estero Caren y Estero Las Palmas (Embalse Rapel)

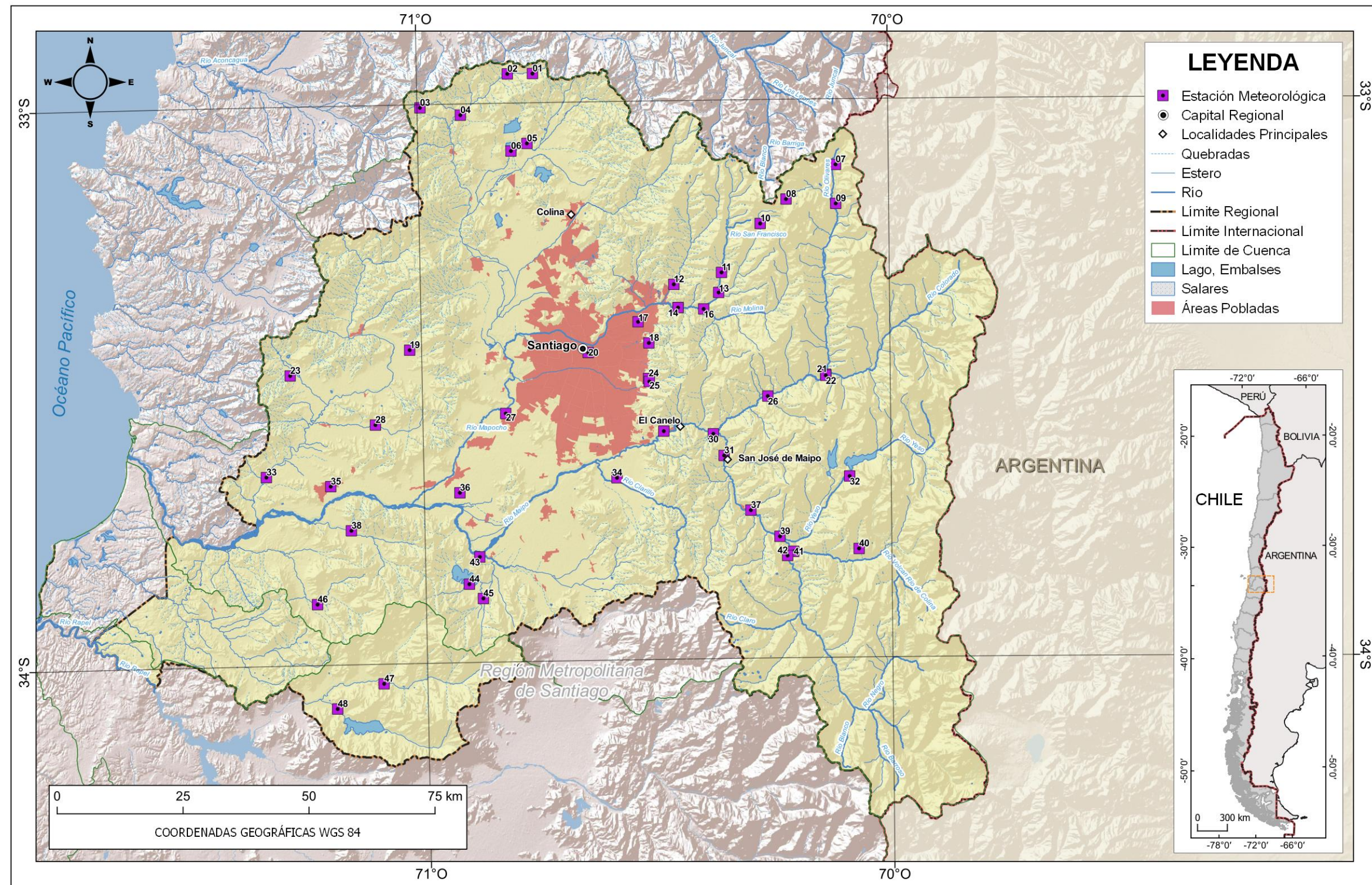


Figura 4.2 Ubicación estaciones meteorológicas, Región Metropolitana

Tabla 4.2 Información básica estaciones meteorológicas, Región Metropolitana

ID	Código BNA	Nombre	Coordenadas UTM WGS84 19S		Cuenca	Subcuenca	Subsubcuenca
			Este	Norte			
1	05733006-6	Rincón de los Valles	336.111	6.353.157	Rio Maipo	Mapocho Bajo	Estero Tilttil
2	05733010-4	Fundo Las Bateas	331.120	6.353.082	Rio Maipo	Mapocho Bajo	Estero Tilttil
3	05733007-4	Caleu	313.765	6.346.338	Rio Maipo	Mapocho Bajo	Estero Tilttil
4	05733008-2	Rungue Embalse	321.794	6.344.885	Rio Maipo	Mapocho Bajo	Estero Tilttil
5	05732002-8	Huechún Andina	335.008	6.339.281	Rio Maipo	Mapocho Bajo	Estero Chacabuco Entre Estero La Margarita y Estero Tilttil
6	05732001-K	Huechún Embalse	331.837	6.337.777	Rio Maipo	Mapocho Bajo	Estero Chacabuco Entre Estero La Margarita y Estero Tilttil
7	05706004-2	Glaciar Juncal Sur	396.269	6.335.124	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Olivares
8	05706005-0	Glaciar Olivares Alfa	386.439	6.328.240	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Olivares
9	05706003-4	Valle Olivares	396.313	6.327.380	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Olivares
10	05721017-6	Estero Yerba Loca en Piedra Carvajal	381.313	6.323.390	Rio Maipo	R. Mapocho Alto	Rio San Francisco
11	05721016-8	Río San Francisco antes junta estero Yerba Loca	373.641	6.313.676	Rio Maipo	R. Mapocho Alto	Rio San Francisco
12	05722001-5	Estero Arrayan en La Montosa	364.171	6.311.298	Rio Maipo	R. Mapocho Alto	Rio Mapocho Entre Rio San Francisco y Bajo Junta Estero Arrayan
13	05721001-K	Estero Yerba Loca antes junta San Francisco	373.072	6.309.689	Rio Maipo	R. Mapocho Alto	Rio San Francisco
14	05722002-3	Río Mapocho en Los Almendros	365.020	6.306.679	Rio Maipo	R. Mapocho Alto	Rio Mapocho Entre Rio San Francisco y Bajo Junta Estero Arrayan
15	05722007-4	Río Mapocho en Los Almendros Gprs	365.020	6.306.679	Rio Maipo	R. Mapocho Alto	Rio Mapocho Entre Rio San Francisco y Bajo Junta Estero Arrayan
16	05720001-4	Río Molina antes junta San Francisco	370.094	6.306.419	Rio Maipo	R. Mapocho Alto	Rio Mapocho Entre Rio San Francisco y Bajo Junta Estero Arrayan
17	05730012-4	Cerro Calan	357.078	6.303.869	Rio Maipo	Mapocho Bajo	Rio Mapocho Entre Estero de Las Rosas y Estero Lampa y Bajo Zanjón de la Aguada
18	05730008-6	Quebrada Ramón En Recinto EMOS	359.226	6.299.663	Rio Maipo	Mapocho Bajo	Rio Mapocho Entre Estero de Las Rosas y Estero Lampa y Bajo Zanjón de la Aguada
19	05744002-3	Los Panguiles	311.733	6.298.233	Rio Maipo	Rio Maipo Bajo (Entre Rio Mapocho y Desembocadura)	Estero Puangue Entre Estero Sin Nombre y Bajo Junta Estero Améstica
20	05730016-7	Terraza Oficinas Centrales DGA	347.173	6.297.768	Rio Maipo	Mapocho Bajo	Rio Mapocho Entre Estero de Las Rosas y Estero Lampa y Bajo Zanjón de la Aguada
21	05705001-2	Río Colorado antes junta río Olivares	394.337	6.293.457	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Colorado antes junta Rio Olivares
22	05706001-8	Río Olivares antes junta río Colorado	394.343	6.293.240	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Colorado antes junta Rio Olivares
23	05744003-1	Ibacache Alto	288.017	6.293.109	Rio Maipo	Rio Maipo Bajo (Entre Rio Mapocho y Desembocadura)	Estero Puangue Entre Estero Sin Nombre y Bajo Junta Estero Améstica
24	05730013-2	Antupiren	359.149	6.292.612	Rio Maipo	Mapocho Bajo	Rio Mapocho Entre Estero de Las Rosas y Estero Lampa y Bajo Zanjón de la Aguada
25	05730039-6	Quebrada de Macul	359.320	6.292.012	Rio Maipo	Mapocho Bajo	Rio Mapocho Entre Estero de Las Rosas y Estero Lampa y Bajo Zanjón de la Aguada
26	05707003-K	Maitenes Bocatoma	382.834	6.289.120	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Colorado entre Rio Olivares y Rio Maipo
27	05737008-4	Fundo Marruecos	330.811	6.285.653	Rio Maipo	Mapocho Bajo	Rio Mapocho entre Zanjón de la Aguada y Rio Maipo
28	05745001-0	Mallarauco	304.935	6.283.364	Rio Maipo	Rio Maipo Bajo (Entre Rio Mapocho y Desembocadura)	Estero Puangue Entre Estero Améstica y Bajo Junta Estero de los Mayos
29	05710007-9	La Obra Recinto EMOS	362.190	6.282.161	Rio Maipo	Rio Maipo Medio	Rio Maipo Entre Estero Colorado y Rio Clarillo
30	05710001-K	Río Maipo en El Manzano	372.019	6.281.633	Rio Maipo	Rio Maipo Medio	Rio Maipo Entre Estero Colorado y Rio Clarillo
31	05704006-8	San José de Maipo Reten	374.166	6.277.328	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Maipo entre Rio Volcán y Rio Colorado
32	05703008-9	El Yeso Embalse	399.081	6.273.246	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Yeso
33	05746001-6	Estero Puangue en Ruta 78	283.302	6.272.931	Rio Maipo	Rio Maipo Bajo (Entre Rio Mapocho y Desembocadura)	Estero Puangue Entre Estero de Los Mayos y Rio Maipo
34	05711003-1	Pirque	352.897	6.272.884	Rio Maipo	Rio Maipo Medio	Rio Clarillo
35	05740005-6	Melipilla	296.069	6.271.128	Rio Maipo	Rio Maipo Bajo (Entre Rio Mapocho y Desembocadura)	Rio Maipo Entre Rio Mapocho y Estero Puangue
36	05717008-5	El Vergel	321.707	6.269.904	Rio Maipo	Rio Maipo Medio	Rio Maipo Entre Estero Angostura y Rio Mapocho
37	05704002-5	Río Maipo en San Alfonso	379.470	6.266.472	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Maipo entre Rio Volcán y Rio Colorado
38	05740004-8	Carmen de las Rosas	300.173	6.262.366	Rio Maipo	Rio Maipo Bajo (Entre Rio Mapocho y Desembocadura)	Rio Maipo Entre Rio Mapocho y Estero Puangue
39	05704004-1	San Gabriel	385.249	6.261.273	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Maipo entre Rio Volcán y Rio Colorado
40	05702011-3	Glaciar San Francisco en aguas Panimávida	400.956	6.258.861	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Volcán
41	05702001-6	Río Volcán en Queltehues	387.971	6.258.289	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Volcán
42	05701009-6	Río Maipo en Queltehues	386.768	6.257.461	Rio Maipo	Rio Maipo Alto	Rio Maipo entre Rio Negro y Rio Volcán
43	05716001-2	Río Angostura en Valdivia de Paine	325.665	6.257.179	Rio Maipo	Rio Maipo Medio	Estero Angostura Entre Estero Paine (II) y Rio Maipo
44	05716011-K	Laguna Aculeo Los Castaños	323.587	6.251.765	Rio Maipo	Rio Maipo Medio	Estero Angostura Entre Estero Paine (II) y Rio Maipo
45	05716005-5	Laguna Aculeo	326.369	6.248.925	Rio Maipo	Rio Maipo Medio	Estero Angostura Entre Estero Paine (II) y Rio Maipo
46	05747001-1	Los Guindos	293.453	6.247.706	Rio Maipo	Rio Maipo Bajo (Entre Rio Mapocho y Desembocadura)	Rio Maipo entre Estero Puangue y bajo junta Estero Popeta
47	06040001-6	Villa Alhué	306.676	6.231.976	Rio Rapel	Estero Alhué	Estero Alhué hasta Estero de Piche
48	06042004-1	Barrera Loncha	297.450	6.226.976	Rio Rapel	Estero Alhué	Estero Caren

4.2 Características Tecnológicas

La Tabla 4.3 y Tabla 4.4 muestran la instrumentación de las estaciones fluviométricas y meteorológicas, respectivamente. Dado que no se cuenta con mayores antecedentes, se hará el análisis sobre las estaciones visitadas.

Las estaciones de la red visitadas son las siguientes:

- Río Maipo en El Manzano (Cód. 05710001-K)
- Río Maipo en San Alfonso (Cód. 05704002-5)
- Río Mapocho en Los Almendros (Cód. 05722002-3)

Dos de las estaciones visitadas corresponden a estaciones del protocolo DGA-ONEMI, por lo que están bien equipadas, con registro digital y transmisión satelital. La estación de Río Maipo en San Alfonso no está operativa, existe una estructura y un carro de aforo, pero no hay instrumentación.

En la reunión se comentó que la mayoría de las estaciones cuenta con transmisión en tiempo real (cada 1 hora), del tipo GSM/GPRS en la parte media baja de la cuenca y satelital en la parte de cordillera.

Tabla 4.3 Instrumentación estaciones fluviométricas

ID	Código BNA	Nombre	Comienzo Operación	Instrumentación		
				Sensor Piezométrico	Registro	Transmisión
1	05735001-6	Río Colina en Peldehue	1980	s/i	s/i	s/i
2	05721016-8	Río San Francisco antes junta estero Yerba Loca	2009	s/i	s/i	s/i
3	05722001-5	Estero Arrayan en La Montosa	1952	s/i	s/i	s/i
4	02101001-4	Estero Yerba Loca antes junta San Francisco	1986	s/i	s/i	s/i
5	05722002-3	Río Mapocho en Los Almendros	1948	OTT, Handar	Sutron Satlink	s/i
6	05722007-4	Río Mapocho en Los Almendros Gprs	s/i	s/i	s/i	s/i
7	05720001-4	Río Molina antes junta San Francisco	2009	OTT PLS	Sutron Satlink	Antena YAGI
8	05730008-6	Quebrada Ramón en recinto EMOS	1991	s/i	s/i	s/i
9	05705001-2	Río Colorado antes junta río Olivares	1977	s/i	s/i	s/i
10	05706001-8	Río Olivares antes junta río Colorado	1977	s/i	s/i	s/i
11	05737019-K	Río Mapocho en El Trebal	2016	s/i	s/i	s/i
12	05707002-1	Río Colorado antes junta río Maipo	1940	s/i	s/i	s/i
13	05710001-K	Río Maipo en El Manzano	1946	s/i	s/i	s/i
14	05746001-6	Estero Puangue en Ruta 78	1986	s/i	s/i	s/i
15	05704002-5	Río Maipo en San Alfonso	1942	s/i	s/i	s/i
16	05702001-6	Río Volcán en Queltehues	1914	s/i	s/i	s/i
17	05701009-6	Río Maipo en Queltehues	2017	s/i	s/i	s/i
18	05716001-2	Río Angostura en Valdivia De Paine	1981	s/i	s/i	s/i
19	05705002-0	Canal Queltehue	2013	s/i	s/i	s/i
20	05716003-9	Estero Pintué en Puente Pintue	2003	s/i	s/i	s/i
21	06043001-2	Estero Alhué en Quilamuta	1970	s/i	s/i	s/i

s/i: Sin información

Tabla 4.4 Instrumentación estaciones meteorológicas

ID	Código BNA	Nombre	Comienzo Operación	Instrumentación			
				Pluviómetro	Otros Sensores	Registro	Transmisión
1	05733006-6	Rincón de los Valles	1957	s/i	s/i	s/i	s/i
2	05733010-4	Fundo Las Bateas	1985	s/i	s/i	s/i	s/i
3	05733007-4	Caleu	1957	s/i	s/i	s/i	s/i
4	05733008-2	Rungue Embalse	1943	s/i	s/i	s/i	s/i
5	05732002-8	Huechún Andina	1994	s/i	s/i	s/i	s/i
6	05732001-K	Huechún Embalse	1988	s/i	s/i	s/i	s/i
7	05706004-2	Glaciar Juncal Sur	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
8	05706005-0	Glaciar Olivares Alfa	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
9	05706003-4	Valle Olivares	2014	s/i	s/i	s/i	s/i
10	05721017-6	Estero Yerba Loca en Piedra Carvajal	2013	s/i	s/i	s/i	s/i
11	05721016-8	Río San Francisco antes junta estero Yerba Loca	2013	s/i	s/i	s/i	s/i
12	05722001-5	Estero Arrayan en La Montosa	2013	s/i	s/i	s/i	s/i
13	05721001-K	Estero Yerba Loca antes junta San Francisco	2009	s/i	s/i	s/i	s/i
14	05722002-3	Río Mapocho en Los Almendros	1999	Texas	Temperatura Delta OHM	Sutron Satlink	s/i
15	05722007-4	Río Mapocho en Los Almendros Gprs	2016	s/i	s/i	s/i	s/i
16	05720001-4	Río Molina antes junta San Francisco	2009	Texas	s/i	Sutron Satlink	Antena YAGI
17	05730012-4	Cerro Calan	1975	s/i	s/i	s/i	s/i
18	05730008-6	Quebrada Ramón En Recinto EMOS	2007	s/i	s/i	s/i	s/i
19	05744002-3	Los Panguiles	1981	s/i	s/i	s/i	s/i
20	05730016-7	Terraza Oficinas Centrales DGA	1960	s/i	s/i	s/i	s/i
21	05705001-2	Río Colorado antes junta río Olivares	2013	s/i	s/i	s/i	s/i
22	05706001-8	Río Olivares antes junta río Colorado	2014	s/i	s/i	s/i	s/i
23	05744003-1	Ibacache Alto	1988	s/i	s/i	s/i	s/i
24	05730013-2	Antupirén	1979	s/i	s/i	s/i	s/i
25	05730039-6	Quebrada de Macul	2003	s/i	s/i	s/i	s/i
26	05707003-K	Maitenes Bocatoma	1988	s/i	s/i	s/i	s/i
27	05737008-4	Fundo Marruecos	1989	s/i	s/i	s/i	s/i
28	05745001-0	Mallarauco	1992	s/i	s/i	s/i	s/i
29	05710007-9	La Obra Recinto EMOS	1995	s/i	s/i	s/i	s/i
30	05710001-K	Río Maipo en El Manzano	2010	s/i	s/i	s/i	s/i
31	05704006-8	San José de Maipo Reten	1971	s/i	s/i	s/i	s/i
32	05703008-9	El Yeso Embalse	1962	s/i	s/i	s/i	s/i
33	05746001-6	Estero Puangue en Ruta 78	1989	s/i	s/i	s/i	s/i
34	05711003-1	Pirque	1967	s/i	s/i	s/i	s/i
35	05740005-6	Melipilla	1971	s/i	s/i	s/i	s/i
36	05717008-5	El Vergel	1988	s/i	s/i	s/i	s/i
37	05704002-5	Río Maipo en San Alfonso	2010	s/i	s/i	s/i	s/i
38	05740004-8	Carmen de las Rosas	1930	s/i	s/i	s/i	s/i
39	05704004-1	San Gabriel	1977	s/i	s/i	s/i	s/i
40	05702011-3	Glaciar San Francisco en aguas Panimávida	2015	s/i	s/i	s/i	s/i
41	05702001-6	Río Volcán en Queltehues	2014	s/i	s/i	s/i	s/i
42	05701009-6	Río Maipo en Queltehues	2017	s/i	s/i	s/i	s/i
43	05716001-2	Río Angostura en Valdivia de Paine	2015	s/i	s/i	s/i	s/i
44	05716011-K	Laguna Aculeo Los Castaños	2014	s/i	s/i	s/i	s/i
45	05716005-5	Laguna Aculeo	1988	s/i	s/i	s/i	s/i
46	05747001-1	Los Guindos	1989	s/i	s/i	s/i	s/i
47	06040001-6	Villa Alhué	1979	s/i	s/i	s/i	s/i
48	06042004-1	Barrera Loncha	1984	s/i	s/i	s/i	s/i

s/i: Sin información

4.3 Características de Emplazamiento

Para las estaciones fluviométricas se establecen los siguientes criterios de emplazamiento:

1. El cauce en forma natural debe llegar lo más recto posible a la boca de la estación.
2. El cauce debe estar cargado, en forma natural o artificial, hacia el muro guía (donde irán los instrumentos de medición).
3. El sensor de presión debe ir empotrado en el muro guía, y de no existir este muro, debe ir colocado en la orilla donde exista flujo permanente.
4. Se debe verificar que no existan rocas o elementos que interfieran en el libre escurrimiento de las aguas por la estación.
5. No deben existir brazos anexos al cauce que puedan provocar un *bypass* a la estación al momento de una crecida.
6. En estaciones medidas desde puente, este debe estar en buen estado y de preferencia con su baranda pintada cada cierta distancia para así poder realizar un aforo de mejor manera.
7. El lugar donde va la caseta debe tener un cierre perimetral.

Para las estaciones meteorológicas se establecen los siguientes criterios de emplazamiento:

1. Los pluviómetros deben tener un área despejada en un ángulo de 60° desde su boca, además de estar a una altura entre 1,5 a 2 m de altura, y estar nivelados.
2. Todas las estaciones deben tener letrero de identificación.
3. Contar con un cierre perimetral para la seguridad de la estación.
4. Las casetas tipos DGA deben tener doble sistema de seguridad, esto es candados amaestrados y cierre con llaves tipo T.

En la Tabla 4.5 se detalla el cumplimiento de los criterios de emplazamientos de las estaciones visitadas.

Tabla 4.5 Estaciones visitadas, características de emplazamiento

Estación	Nombre estación	Criterios de emplazamiento
Fluviométrica	Río Maipo en El Manzano	<ul style="list-style-type: none"> • Vandalismo recurrente al carro de aforo
	Río Maipo en San Alfonso	<ul style="list-style-type: none"> • Sección en una curva leve • Aguas debajo de la estación llega una quebrada que en épocas de crecidas trae mucho sedimento de todos tamaños
	Río Mapocho en Los Almendros	<ul style="list-style-type: none"> • Sección longitudinal del cauce no es 100% recta
Meteorológica	Río Maipo en El Manzano	<ul style="list-style-type: none"> • Torre de instrumentos ubicada cerca de ladera del cerro
	Río Maipo en San Alfonso	<ul style="list-style-type: none"> • Torre de instrumentos ubicada cerca de ladera del cerro
	Río Mapocho en Los Almendros	<ul style="list-style-type: none"> • Torre de instrumentos ubicada muy cerca de la pared del cerro y con gran presencia de árboles.

4.4 Cumplimiento de Monitoreo Eficiente

Para las estaciones fluviométricas se establecen los siguientes criterios de monitoreo:

1. Se debe verificar que no existan rocas o elementos que interfieran en el libre escurrimiento de las aguas por la estación.
2. No deben existir brazos anexos al cauce que puedan provocar un bypass a la estación al momento de una crecida.
3. El sensor de presión se debe encontrar en buenas condiciones y ubicado en la orilla donde exista flujo permanente.
4. Si hay carro de aforo verificar que este se encuentre en buen estado, con el cable de aforo pintado en forma correcta con los colores institucionales (azul con blanco) cada 0,5 o 1 m.
5. Los anclajes y el cable del carro de aforo deben estar despejados y sin cortes o torceduras.
6. En las estaciones de concreto no deben existir socavaciones, tanto en la entrada como en la salida de la estación.
7. En estaciones medidas desde puente, este debe estar en buen estado y de preferencia con su baranda pintada cada cierta distancia para así poder realizar un aforo de mejor manera.
8. El lugar donde va la caseta debe tener un cierre perimetral.

Para las estaciones meteorológicas se establecen los siguientes criterios de monitoreo:

1. Los pluviómetros deben tener un área despejada en un ángulo de 60° desde su boca, además de estar a una altura entre 1,5 a 2 m de altura, y estar nivelados.
2. Verificar que la flecha de los sensores de radiación y viento indique hacia el norte.
3. Verificar que los paneles solares se encuentren orientados hacia el norte y no estén tapados con ramas.
4. En pluviómetros Hellman, verificar que esté despejado y con su tubo dentro del recipiente.
5. Todas las estaciones deben tener letrero de identificación.
6. Contar con un cierre perimetral para la seguridad de la estación.
7. Las casetas tipos DGA deben tener doble sistema de seguridad, esto es candados amaestrados y cierre con llaves tipo T.

En la Tabla 4.6 se detalla el cumplimiento de los criterios de monitoreo de las estaciones visitadas.

Tabla 4.6 Estaciones visitadas, características de monitoreo

Estación	Nombre estación	Criterios de emplazamiento
Fluviométrica	Río Maipo en El Manzano	<ul style="list-style-type: none"> • Piezómetro se encuentra en un tubo de PVC directamente sobre el cauce
	Río Maipo en San Alfonso	<ul style="list-style-type: none"> • Estación fuera de servicio desde 2017 • Se encuentra sin instrumentación, pero con toda la estructura construida
	Río Mapocho en Los Almendros	<ul style="list-style-type: none"> • Piezómetro se encuentra en un tubo de PVC directamente sobre el cauce • Existen más de un sensor para medir altura de escurrimiento • Posee un muro guía por el lado de los instrumentos, le falta el muro que va al frente
Meteorológica	Río Maipo en El Manzano	<ul style="list-style-type: none"> • Ladera del cerro muy cerca, puede afectar la medición
	Río Maipo en San Alfonso	<ul style="list-style-type: none"> • Estación fuera de servicio desde 2017 • Ladera del cerro muy cerca
	Río Mapocho en Los Almendros	<ul style="list-style-type: none"> • Existen 4 pluviómetros y 3 termómetros, ubicados sobre la estructura del muro guía • Todos los instrumentos están muy cerrados por la ladera del cerro por un lado y vegetación por el otro, que afectarían la medición

4.5 Impacto Económico Eventos Extremos

A continuación, se describe los principales impactos asociados a eventos extremos en la región Metropolitana. Esta información fue recopilada de distintas fuentes donde en la mayoría de los casos no fue posible asociar un valor a dichos daños. Sin embargo, aún queda en evidencia el impacto de estos eventos, tanto en infraestructura como en personas damnificadas.

Febrero 1980

Entre los días 21 y 22 de febrero, se generó un flujo aluvional en el río San Francisco, el cual es afluente del río Mapocho. Este evento causó la muerte de 3 personas, 4 desaparecidos y 580 damnificados, mientras que las pérdidas se evaluaron en **US\$500.000¹**.

Junio 1982

Se desbordó el río Mapocho y el Zanjón de la Aguada, ocasionando inundaciones en el sector oriente de Santiago, además de 6 rodados de nieve y tierra en Las Vizcachas y Romeral, Cajón del Maipo¹. Producto de este evento se registraron más de 30.000 toneladas de barro en las calles y casas aledañas al río Mapocho².

Junio 1986

Se registró el desborde de los ríos Maipo y Mapocho, del canal San Carlos y el Zanjón de la Aguada, además de las quebradas San Ramón y Macul. Producto de esto, se declaró zona de catástrofe a causa de inundaciones en 18 comunas de Santiago¹.

Noviembre 1987

El 29 de noviembre, se registraron deslizamientos de rocas y flujos detríticos en el río Colorado, el cual destruyó 4 campamentos del proyecto Central Hidroeléctrica Alfalfal de Chilectra, dejando 41 personas entre desaparecidos y fallecidos. Mientras que las pérdidas materiales de este evento extremo se calcularon en **US\$ 12.000.000**, considerando la Central Maitenes, 18 puentes sobre el río Colorado y caminos de acceso al proyecto Alfalfal¹.

¹ Fuente: SERNAGEOMIN. 2017. Principales Desastres Ocurridos desde 1980 en Chile.

² Fuente: La Tercera. 2020. <https://www.latercera.com/que-pasa/noticia/las-torrenciales-lluvias-de-1982-el-ultimo-gran-desborde-del-mapocho-podria-volver-a-ocurrir/WYY2KWUOCRAY7MKHSUVD3VL4D4/> (ultimo ingreso 30 de septiembre de 2021)

Mayo 1993

El 3 de mayo la activación de la Quebrada de Macul y San Ramon producto de las intensas lluvias ocasionaron flujos aluvionales, que provocaron la muerte de 26 personas, 9 desaparecidos, 307 casas destruidas y 5.000 dañadas. Además, el evento ocasionó pérdidas materiales calculadas en **US\$ 5.000.000**¹.

Agosto 2005

Las fuertes lluvias afectaron a la zona central del país, en particular la región Metropolitana y parte de la VI Región. Dejando un total de 1.512 damnificados, de los cuales 1.458 correspondieron a la región Metropolitana con aproximadamente 200 albergados³.

Septiembre 2009

Producto de intensas precipitaciones se registraron flujos aluvionales en la quebrada Ñilhue, ruta G-21 y al oriente de la región Metropolitana. 2 personas muertas, 1 bebé desaparecido, y más de 1.300 turistas quedaron aislados en el centro de esquí de Farellones¹.

Junio 2012

Producto de intensas precipitaciones los días 16 y 17 de junio se generaron flujos aluvionales afectando diversos puntos de la ruta G-21, en los kilómetros 4, 5, 9,4 y 9,6. Uno de los aluviones principales y con mayor cantidad de material depositado, fue el ubicado en la quebrada El Cañaveral, el cual produjo el cierre temporal de la ruta, interrumpiendo el paso de turistas a los centros de esquí, a los trabajadores de la mina de Anglo American y dejando 27 personas aisladas correspondientes a 5 viviendas del sector, más un camión que quedó atrapado en el aluvión perteneciente a la mina Anglo American⁴.

Abril 2016

El temporal afectó la región Metropolitana, dejando una persona fallecida debido a un deslizamiento de tierra en San José de Maipo y 7 personas desaparecidas. Las fuertes

³ Fuente: SERNAGEOMIN. 2005. Informe geológico sobre efectos de las lluvias torrenciales del 26 y 27 de agosto de 2005 en el sector oriente de Santiago.

⁴ Fuente: SERNAGEOMIN. 2012. Aluvión ocurrido el 17 de junio de 2012 en el kilómetro 4,5 de la ruta G-21, comuna de los Barnechea, Región Metropolitana, y Observaciones en la ruta G-21 hasta el km32.

lluvias provocaron el desborde del Río Mapocho. Se reportaron cerca de 300 damnificados, 765 personas aisladas y unas 47.000 sin suministro de energía⁵.

Febrero 2017

Se registraron tormentas precordilleranas el sábado 25 de febrero, que ocasionaron más de 1.000 personas quedaron aisladas en San José de Maipo. Además, se registraron aluviones, ocho rodados, cuatro puentes cortados y problemas en el suministro de agua potable⁶. Este evento lamentablemente dejó 4 personas fallecidas y 3 desaparecidos⁷.

Enero 2021

El día 30 de enero se registraron aluviones en la comuna de Lo Barnechea, donde 5 casas fueron arrasadas producto del lodo, 18 personas fueron trasladadas a albergues y aproximadamente 30 personas fueron afectadas, aunque negaron dejar sus hogares⁸.

⁵ Fuente: BBC.2016.

https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160417_chile_uruguay_inundaciones_muertos_ilm (ultimo ingreso 30 de septiembre de 2021)

⁶ Fuente: Diario Uchile.2017. <https://radio.uchile.cl/2017/02/26/mas-de-mil-damnificados-deja-aluvion-en-cajon-del-maipo/> (ultimo ingreso 30 de septiembre de 2021).

⁷ Fuente: T13. 2017. <https://www.t13.cl/noticia/nacional/gobernadora-vanessa-marimon-entrego-balance-aluvion-afecto-zona-precordillerana-del-pais> (ultimo ingreso 30 de septiembre de 2021).

⁸ Fuente: EMOL. 2021. <https://www.emol.com/noticias/Nacional/2021/01/31/1010880/lo-barnechea-aluviones-personas-afectadas.html> (ultimo ingreso 30 de septiembre de 2021).

5. REUNIÓN CON DGA REGIONAL

El día 30 de abril de 2021 se realizó una reunión entre la UTP INRHED-EMERGE y la DGA, donde por parte de la DGA estaban presentes el Sr. Rodrigo Sáez (Inspector Fiscal Titular) y el Sr. Cristian Maturana (Jefe Regional de Hidrología). La minuta completa se encuentra en el **Anexo 2**.

En la primera parte de la reunión se introduce el proyecto, luego por parte de la DGA se caracteriza la situación actual de la red hidrométrica de la región. Los puntos principales se pueden resumir en los siguientes:

1. En la región existen 2 estaciones que son monitoreadas constantemente por la ONEMI, río Maipo en El Manzano y río Mapocho en Los Almendros.
2. Del total de estaciones la mayoría se encuentra en línea.
3. Se requiere seguir avanzando en sistemas de transmisión constante. En la alta montaña se cuenta con transmisión satelital, el resto es transmisión GPRS.
4. Se menciona como situación crítica la activación de quebradas intermitentes.
5. Existe una oportunidad de mejora en establecer protocolos de alerta, donde no basta con infraestructura, sino que también con capital humano.
6. Los pozos de la red piezométrica corresponden a pozos de privados en su mayoría.

Posteriormente, se realizan una serie de reuniones en fechas 8 y 16 de junio del 2021, para levantamiento de la información sobre las redes de alertas y redes de piezometría y por último en fecha 05 de octubre del presente, se sostiene reunión para la presentación de los resultados de la Etapa III destacándose:

- Se realizan aclaraciones conceptuales sobre la definición de las estaciones críticas / estándar.
- Se aclara sobre los criterios para cálculo de los tiempos de concentración (Caudal líquido).
- Se aclara criterios realizados para los presupuestos (valores) de las estaciones.
- Se realizan aclaraciones sobre los criterios para la ubicación de las estaciones y condición actual
- Se propone mantener las mediciones de los pozos estáticos y mejorar las mediciones actuales.

- Se propone considerar la calidad de las aguas, lo anterior indicándose que se podría incluir a modo de recomendaciones en el informe.
- Se comenta sobre nivelar el estándar de algunas estaciones y acciones para lograrlo. (ej.: Rio Maipo en el Manzano y Rio Maipo en San Alfonso).
- Se plantea la propuesta de ubicar una estación aguas arriba (Rio Maipo), a través de un estudio que respalde la ubicación.

6. PROTOCOLO DGA – ONEMI

La resolución exenta DGA N° 22, del 10 de enero de 2020 define el protocolo que establece el marco general de coordinación entre la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI) y la Dirección General de Aguas (DGA) (Protocolo DGA-ONEMI, en adelante), para el monitoreo y alertamiento del Sistema Nacional de Protección Civil frente al riesgo de crecidas de los ríos y aumento de lagos, donde la DGA, mantiene instrumentos de medición con transmisión de datos en tiempo real.

El procedimiento correspondiente a la DGA corresponde al siguiente:

1. La DGA pone a disposición de la ONEMI una plantilla de las estaciones fluviométricas de control, destinada para consulta online, que entrega niveles y caudales de los principales cauces del país. Esta información se presentará para las últimas 12 horas.
2. La DGA evaluará y validará eventuales aumentos de niveles de agua.
3. El listado actual de estaciones hidrométricas se presenta en la Tabla 6.1, con sus respectivos umbrales de alerta. La DGA podrá establecer y aplicar nuevas metodologías para determinar los umbrales amarillos y rojos.
4. En caso de que la DGA incorpore o elimine estaciones hidrométricas a esta plataforma, le informará a ONEMI oportunamente a través de los medios de comunicación definidos.

Tabla 6.1 Estaciones protocolo DGA-ONEMI, Región Metropolitana

Estación	Límite Amarillo (m)	Límite Rojo (m)
Río Maipo en El Manzano	4,3	4,7
Río Mapocho en Los Almendros	2,8	3,1

7. VISITAS A TERRENO

Durante el día 17 de mayo de 2021 se realizó una campaña de visita de terreno a algunas de las estaciones vigentes de la región, informadas por la inspección fiscal del proyecto.

Las estaciones fluviométricas visitadas fueron las siguientes:

- Río Maipo en El Manzano (Código BNA 05710001-K)
- Río Maipo en San Alfonso (Código BNA 05704002-5)
- Río Mapocho en Los Almendros (Código BNA 05722002-3)

Las estaciones meteorológicas corresponden a:

- Río Maipo en El Manzano (Código BNA 05710001-K)
- Río Maipo en San Alfonso (Código BNA 05704002-5)
- Río Mapocho en Los Almendros (Código BNA 05722002-3)

Para cada una de las estaciones visitadas se ha generado una ficha que detalla características generales y el estado en que se encuentra cada estación. Las Fichas generadas se encuentran en el **Anexo 3**, además se incluyen las actas de registro de actividad en el **Anexo 4**. La Figura 7.1, Figura 7.2 y Figura 7.3 muestran como ejemplo la ficha de la estación fluviométrica Río Maipo en El Manzano. La Figura 7.4, Figura 7.5 y Figura 7.6 muestra como ejemplo la ficha de la estación meteorológica Río Mapocho en Los Almendros.

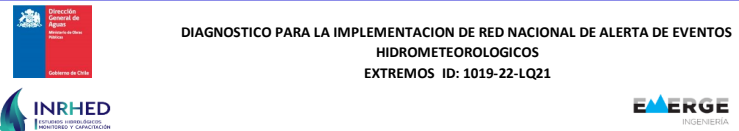


 <p style="text-align: center;">DIAGNOSTICO PARA LA IMPLEMENTACION DE RED NACIONAL DE ALERTA DE EVENTOS HIDROMETEOROLOGICOS EXTREMOS ID: 1019-22-LQ21</p> <p style="text-align: center;">FICHA TECNICA ESTACIONES FLUVIOMETRICAS</p>					<table border="1"> <tr> <td>Dotación Eléctrica</td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Condición Dotación Eléctrica (Insertar Foto)</td> <td>Buena</td> <td>Regular</td> <td colspan="2">Mala</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>				Dotación Eléctrica	SI	NO				X				Condición Dotación Eléctrica (Insertar Foto)	Buena	Regular	Mala			X																												
Dotación Eléctrica	SI	NO																																																			
	X																																																				
Condición Dotación Eléctrica (Insertar Foto)	Buena	Regular	Mala																																																		
	X																																																				
<table border="1"> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">Nombre Estación</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">Río Maipo en el Manzano</td> </tr> <tr> <td>Ubicación (cuenca)</td> <td>Río Maipo</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Región /Comuna</td> <td>Metropolitana</td> <td>San José de Maipo</td> <td>Codigo BNA</td> <td>05710001-K</td> </tr> <tr> <td>Coord. Norte (m)</td> <td>Coord. Este (m)</td> <td colspan="3">Datum y Huso</td> </tr> <tr> <td>6.281.633</td> <td>372.019</td> <td colspan="3">WGS84 UTM 19S</td> </tr> <tr> <td>Antigüedad Estación</td> <td>Mas 10 años</td> <td>Mas 20 años</td> <td>Mas 40 años</td> <td>Mas 60 años</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Subcuenca estudio</td> <td colspan="4">Río Maipo Alto</td> </tr> </table>					Nombre Estación					Río Maipo en el Manzano					Ubicación (cuenca)	Río Maipo				Región /Comuna	Metropolitana	San José de Maipo	Codigo BNA	05710001-K	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Datum y Huso			6.281.633	372.019	WGS84 UTM 19S			Antigüedad Estación	Mas 10 años	Mas 20 años	Mas 40 años	Mas 60 años					X	Subcuenca estudio	Río Maipo Alto							
Nombre Estación																																																					
Río Maipo en el Manzano																																																					
Ubicación (cuenca)	Río Maipo																																																				
Región /Comuna	Metropolitana	San José de Maipo	Codigo BNA	05710001-K																																																	
Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Datum y Huso																																																			
6.281.633	372.019	WGS84 UTM 19S																																																			
Antigüedad Estación	Mas 10 años	Mas 20 años	Mas 40 años	Mas 60 años																																																	
				X																																																	
Subcuenca estudio	Río Maipo Alto																																																				
<table border="1"> <tr> <td>Uso Actual de la Estación</td> <td>Red Fluviométrica DGA</td> <td>Gestion de Presa</td> <td>Abastecimiento de Agua</td> <td>Otros</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Acceso Estación</td> <td>Bueno</td> <td>Regular</td> <td>Malo</td> <td>Otros (Comentar)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Uso Actual de la Estación	Red Fluviométrica DGA	Gestion de Presa	Abastecimiento de Agua	Otros		X				Acceso Estación	Bueno	Regular	Malo	Otros (Comentar)		X																																
Uso Actual de la Estación	Red Fluviométrica DGA	Gestion de Presa	Abastecimiento de Agua	Otros																																																	
	X																																																				
Acceso Estación	Bueno	Regular	Malo	Otros (Comentar)																																																	
	X																																																				
<table border="1"> <tr> <td>Administración y/o Propiedad</td> <td>DGA</td> <td>Particular</td> <td colspan="2">Otro (indique)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>					Administración y/o Propiedad	DGA	Particular	Otro (indique)			X				<table border="1"> <tr> <td>Tipo Transmisión</td> <td>Manual</td> <td>Satelital</td> <td>GPRS</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Condición Transm. (Insertar Foto)</td> <td>Buena</td> <td>Mala</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Tipo Transmisión	Manual	Satelital	GPRS			X		Condición Transm. (Insertar Foto)	Buena	Mala	Regular		X																					
Administración y/o Propiedad	DGA	Particular	Otro (indique)																																																		
	X																																																				
Tipo Transmisión	Manual	Satelital	GPRS																																																		
		X																																																			
Condición Transm. (Insertar Foto)	Buena	Mala	Regular																																																		
	X																																																				
<table border="1"> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">Geometría</td> </tr> <tr> <td>Ancho río aguas arriba [m]</td> <td>22</td> <td>Ancho río aguas abajo [m]</td> <td>46</td> <td></td> </tr> </table>					Geometría					Ancho río aguas arriba [m]	22	Ancho río aguas abajo [m]	46																																								
Geometría																																																					
Ancho río aguas arriba [m]	22	Ancho río aguas abajo [m]	46																																																		
<p style="text-align: center;">Descripción lugar estación (Insertar foto de 360°)</p>																																																					
Sección de aforo buena.																																																					

Figura 7.1 Ficha ejemplo estación fluviométrica, páginas 1 y 2


Posee Data Logger	SI	X	NO		Posee Limnigrafo	SI		NO	
Condición Data Logger (Insertar Foto)	Buena	X	Regular	Mala	Condición Limnigrafo (Insertar Foto)	Buena	X	Regular	Mala
					No se usa				
Posee Sensor Piezométrico	SI		NO		Posee Caseta	SI		NO	
Tipo Sensor Piezométrico	Flotador		Sonda de Presion	Otro			X		
Condición Sensor Piezométrico (Insertar foto)	Buena	X	Regular	Mala	Condición Caseta (Insertar Foto)	Buena		Regular	Mala
									

Figura 7.2 Ficha ejemplo estación pluviométrica, páginas 3 y 4

Mide Crecidas????	SI	NO	
	X		
Posee Letrero	SI	NO	
	X		
Inserta foto de letrero/señalética existente			
			
Estado Letrero	Buena	Regular	Mala
	X		
Condiciones de la Estación, requiere obras?	SI , Cuales????	NO	
	X		
Agrandar pretil norte hacia aguas abajo.			

Figura 7.3 Ficha ejemplo estación fluviométrica, página 5

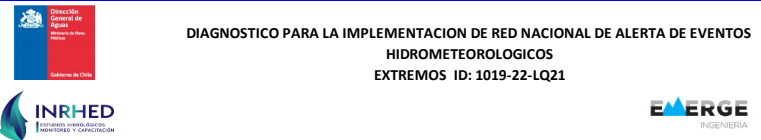


 <p style="text-align: center;">DIAGNOSTICO PARA LA IMPLEMENTACION DE RED NACIONAL DE ALERTA DE EVENTOS HIDROMETEOROLOGICOS EXTREMOS ID: 1019-22-LQ21</p> <p style="text-align: center;">FICHA TECNICA ESTACIONES METEOROLOGICA</p>					<table border="1"> <tr> <td>Dotación Eléctrica</td> <td>SI</td> <td>X</td> <td>NO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Condición Dotación Eléctrica (Insertar Foto)</td> <td>Buena</td> <td>X</td> <td>Regular</td> <td>Mala</td> </tr> </table>				Dotación Eléctrica	SI	X	NO		Condición Dotación Eléctrica (Insertar Foto)	Buena	X	Regular	Mala																														
Dotación Eléctrica	SI	X	NO																																													
Condición Dotación Eléctrica (Insertar Foto)	Buena	X	Regular	Mala																																												
<table border="1"> <tr> <td>Nombre Estación</td> <td colspan="4">Río Mapocho en los Almendros</td> </tr> <tr> <td>Ubicación (cuenca)</td> <td>Río Maipo</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Región /Comuna</td> <td>Metropolitana</td> <td>Lo Barnechea</td> <td>Código BNA</td> <td>05722002-3</td> </tr> <tr> <td>Coord. Norte (m)</td> <td>Coord. Este (m)</td> <td>Huso y Datum</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>6.306.679</td> <td>365.02</td> <td>WGS84 UTM 19S</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Antigüedad Estación</td> <td>Mas 10 años</td> <td>Mas 20 años</td> <td>Mas 40 años</td> <td>Mas 60 años</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cuenca estudio</td> <td colspan="4">Río Mapocho Alto</td> </tr> </table>					Nombre Estación	Río Mapocho en los Almendros				Ubicación (cuenca)	Río Maipo				Región /Comuna	Metropolitana	Lo Barnechea	Código BNA	05722002-3	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Huso y Datum			6.306.679	365.02	WGS84 UTM 19S			Antigüedad Estación	Mas 10 años	Mas 20 años	Mas 40 años	Mas 60 años			X			Cuenca estudio	Río Mapocho Alto							
Nombre Estación	Río Mapocho en los Almendros																																															
Ubicación (cuenca)	Río Maipo																																															
Región /Comuna	Metropolitana	Lo Barnechea	Código BNA	05722002-3																																												
Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Huso y Datum																																														
6.306.679	365.02	WGS84 UTM 19S																																														
Antigüedad Estación	Mas 10 años	Mas 20 años	Mas 40 años	Mas 60 años																																												
		X																																														
Cuenca estudio	Río Mapocho Alto																																															
<table border="1"> <tr> <td>Uso Actual de la Estación</td> <td>Red Meteorológica DGA</td> <td>Gestion de Presa</td> <td>Abastecimiento de Agua</td> <td>Otros</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Acceso Estación</td> <td>Bueno</td> <td>Regular</td> <td>Malo</td> <td>Otros (Comentar)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Administración y/o Propiedad</td> <td>DGA</td> <td>Particular</td> <td>Otro (indique)</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Uso Actual de la Estación	Red Meteorológica DGA	Gestion de Presa	Abastecimiento de Agua	Otros		X				Acceso Estación	Bueno	Regular	Malo	Otros (Comentar)		X				Administración y/o Propiedad	DGA	Particular	Otro (indique)				X																
Uso Actual de la Estación	Red Meteorológica DGA	Gestion de Presa	Abastecimiento de Agua	Otros																																												
	X																																															
Acceso Estación	Bueno	Regular	Malo	Otros (Comentar)																																												
	X																																															
Administración y/o Propiedad	DGA	Particular	Otro (indique)																																													
		X																																														
<p style="text-align: center;">Descripción lugar estación (Insertar foto de 360°)</p> <p>La estación tiene 4 pluviómetros, los que se encuentran en posiciones que no están en un lugar despejado para una toma de datos en condiciones ideales. Hay presencia de grandes árboles y por el otro lado el cerro.</p>					<table border="1"> <tr> <td>Tipo Transmisión</td> <td>Manual</td> <td>Satelital</td> <td>GPRS</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Condición Transm. (Insertar Foto)</td> <td>Buena</td> <td>Mala</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Tipo Transmisión	Manual	Satelital	GPRS			X		Condición Transm. (Insertar Foto)	Buena	Mala	Regular		X																										
Tipo Transmisión	Manual	Satelital	GPRS																																													
		X																																														
Condición Transm. (Insertar Foto)	Buena	Mala	Regular																																													
	X																																															
																																																

Figura 7.4 Ficha ejemplo estación meteorológica, páginas 1 y 2





Posee Data Logger	SI	X	NO		Posee Termómetro	SI	X	NO	
Condición Data Logger (Insertar Foto)	Buena	X	Regular	Mala	Condición Termómetro (Insertar Foto)	Buena	X	Regular	Mala
									
Posee Sensor Pluviométrico	SI	X	NO		Posee Caseta	SI	X	NO	
Tipo Sensor Pluviométrico	Manual		Bascula	Otro	Condición Caseta (Insertar Foto)	Buena	X	Regular	Mala
Condición Sensor Pluviométrico (Insertar foto)	Buena	X	Regular	Mala					
Existen 4 pluviómetros									

Figura 7.5 Ficha ejemplo estación meteorológica, página 3 y 4

Mide Otras Variables????	SI	NO	
Foto y descripción otras variables medidas			
Posee Letrero	SI	X	NO
Inserta foto de letrero/señaletica existente			
Estado Letrero	Buena	Regular	Mala
	X		
Condiciones de la Estación, requiere obras?	SI , Cuales????	NO	
	X		
Reubicar sensores meteorológicos para que estén ubicados en un lugar más despejado. Cortar la vegetación que tapa la lluvia que podría caer en los pluviómetros.			

Figura 7.6 Ficha ejemplo estación meteorológica, página 5

8. ESTACIONES CRÍTICAS PRELIMINARES

8.1 Población Vulnerable

Para poder determinar las poblaciones vulnerables se utilizó como base la capa vectorial "Áreas Pobladas" descargada desde la mapoteca de la Biblioteca del Congreso Nacional (BCN, 2021)⁹. Los datos que representa son los asentamientos de población a nivel nacional. Para obtener la población relativa a cada localidad, se cruzaron los datos de la capa vectorial con los del XIX Censo Nacional de Población del año 2017. La Tabla 8.1 muestra la cantidad de población de las localidades de la región, al año 2017.

Tabla 8.1 Población por localidad

Localidad	Comuna	Habitantes	Localidad	Comuna	Habitantes
Gran Santiago		6.183.234	Polpaico	Tiltil	10.557
Colina	Colina	146.207	Pomaire	Melipilla	9.401
Melipilla	Melipilla	123.627	Champa	Paine	9.016
Lampa	Lampa	102.034	Lo Herrera	San Bernardo	7.051
Buin	Buin	96.614	Bollenar	Melipilla	6.354
Peñaflor	Peñaflor	90.201	Huelquén	Paine	6.006
Talagante	Talagante	74.237	Hospital	Paine	5.557
Paine	Paine	72.759	El Canelo	San José de Maipo	5.202
Las Vizcachas	Puente Alto	49.005	El Transito	Paine	4.169
Isla de Maipo	Isla de Maipo	36.219	Villa Alhué	Alhué	2.754
El Monte	El Monte	35.923	Noviciado	Pudahuel	2.212
Curacaví	Curacaví	32.579	Viluco	Buin	2.004
Batuco	Lampa	27.682	San Pedro	San Pedro	697
Pirque	Pirque	26.521	Sol de Septiembre	Lampa	437
Calera de Tango	Calera de Tango	25.392	Estación Colina	Lampa	334
Chicureo	Colina	23.936	Santa Elena	Colina	205
Tiltil	Tiltil	19.312	Huertos Familiares	Tiltil	190
Lomas de Lo Aguirre	Pudahuel	18.371	San Alfonso	San José de Maipo	67
San José de Maipo	San José de Maipo	18.189	La Islita	Isla de Maipo	21
María Pinto	María Pinto	13.590	Chamisero	Colina	21
Alto Jahuel	Buin	12.589	El Maitén	Maipú	0
Valdivia de Paine	Buin	11.136			

⁹ https://www.bcn.cl/siit/mapas_vectoriales/index_html

8.2 Registro de Eventos Extremos

La información de población vulnerable fue complementada con un catastro que se realizó sobre los eventos extremos ocurridos en cada región, teniendo en cuenta como base para esta búsqueda los cuerpos de agua más importante de cada zona.

En la Tabla 8.2 se presenta una cronología con los eventos registrados en la zona.

Tabla 8.2 Cronograma eventos extremos

Fecha	Población	Conectividad	Descripción
21-02-1980 y 22-02-1980	Si	Si	Flujo de detritos (aluvión) en el río San Francisco, afluente del río Mapocho, causaron la muerte de 3 personas, 4 desapariciones y 580 damnificados, así como pérdidas por US\$ 500.000.
03-1980	No	Si	Flujo de detrito en los ríos Mapocho, Maipo, Yeso y Colorado, cortes en camino y daños en diversas estructuras.
07-1981		No	Flujo de detrito en la bocatoma de la planta Queltehues, de Chilectra, causaron la muerte de 2 personas y graves daños en la estructura de captación.
27-06-1982	Si	Si	Desborde del río Mapocho y del Zanjón de la Aguada, ocasionando inundaciones en el sector oriente de Santiago, además de 6 rodados de nieve y tierra en Las Vizcachas y Romeral, Cajón del Maipo.
15-06-1986 y 17-06-1986	Si	Si	Desborde de los ríos Maipo y Mapocho, del canal San Carlos y el Zanjón de la Aguada, además de las quebradas San Ramón y Macul; 18 comunas de Santiago declaradas zonas de catástrofe a causa de las inundaciones
14-07-1987	Si	Si	Desborde de quebradas del sector oriente de Santiago, y especialmente del Zanjón de la Aguada, que ocasiona la inundación de las comunas del sector, especialmente Peñalolén.
29-11-1987	Si	Si	Deslizamiento de rocas y flujo de detrito (aluvión) en el río Colorado, que arrasó con 4 campamentos del proyecto Central Hidroeléctrica Alfalfal, de Chilectra, dejando 41 muertos y/o desaparecidos y pérdidas materiales por US\$ 12.000.000, considerando la Central Maitenes, 18 puentes sobre el río Colorado y caminos de acceso al proyecto Alfalfal.
09-1991	No	Si	Aluvión en la quebrada Las Amarillas, en el Cajón del río Maipo, causa el bloqueo del camino.
25-12-1991			Aluvión en la quebrada Lo Cañas.
03-05-1993	Si	Si	Flujo de detrito y de barro (aluvión) en las quebradas Macul y San Ramón, debido a las intensas lluvias de verano, lo que provoca la muerte de 26 personas, 9 desaparecidos, 307 casas destruidas, 5.000 dañadas, y US\$ 5.000.000 en pérdidas materiales.
23-04-1997 y 24-04-1997			Flujo de detrito y barro en la quebrada Las Amarillas, al norte Baños Morales, ocasionó un grave déficit de agua potable en un extenso sector de la región Metropolitana, debido a la colmatación de sedimentos en la respectiva planta de tratamiento.
08-10-1997			Deslizamiento activo en el Cerro Divisadero, en San José de Maipo. Se reactiva el 8 de septiembre de 1999 y el 14 de junio de 2000.
12-11-2004			Aluvión en la quebrada Lo Cañas.
26-08-2005 y 27-08-2005	Si	Si	Desborde de cauces e inundaciones en el sector oriente de la Región Metropolitana, e sectores bajos de las quebradas Lo Cañas, Macul y San Ramón, y curso medio del río Mapocho.
06-09-2009		Si	Flujo de detrito en la quebrada Ñilhue, ruta G-21, al oriente de la región Metropolitana. 2 personas muertas, 1 bebé desaparecido, y más de 1.300 turistas quedaron aislados en el centro de esquí de Farellones.
15-01-2012			Aluviones en el Parque Cordillera Yerba Loca, causaron el aislamiento de 104 turistas al interior del parque.
12-06-2012 y 13-06-2012			Deslizamientos de suelo y roca en el sector de Avenida El Carmen, en San José de Maipo.
17-06-2012		Si	Aluvión en la quebrada Cañaverl, ruta G-21, al oriente de la región Metropolitana. Se cortó la ruta por varias horas, interrumpiendo el tráfico a los centros de esquí y a la mina Los Bronces, y dejando incomunicadas a 27 habitantes del sector y un camión atrapado.
21-02-2013 y 8-02-2013		Si	Flujo de detrito en el Cajón del río Maipo, que en 2 oportunidades por 2 días cada vez, bloquearon varios caminos y afectaron el suministro de agua potable al Gran Santiago, a causa del alto contenido de sedimentos.
17-04-2016	Si		1 persona muere a consecuencia de casa arrastrada por aluvión en el estero Las Cucas, sector del Melocotón, en San José de Maipo. Se dispone la evacuación del sector El Arenal en El Melocotón a causa de un deslizamiento de suelo y rocas.

Fuente: SERNAGEOMIN. 2017. Principales Desastres Ocurredos desde 1980 en Chile.

8.3 Estaciones Críticas

Se definirá como estación crítica a aquella que sin operatividad presenta un riesgo importante ante la pérdida de datos para la evaluación de riesgos hídricos que pudieran afectar a la vida de las personas y/o instalaciones críticas de la red pública.

Del total de estaciones de la región, se seleccionaron aquellas que se considera que aportan información importante al momento de generar una alerta por eventos hidrometeorológicos extremos. Estas son estaciones ubicadas aguas arriba de la población vulnerable y que además se encuentren en un rango de distancia que permita generar la alerta con un buen nivel de confianza y que permita un tiempo de reacción adecuado. Además, se proponen nuevas estaciones meteorológicas y fluviométricas para reforzar la red de alerta.

8.3.1 Estaciones Fluviométricas

Las estaciones fluviométricas seleccionadas corresponden a estaciones pertenecientes al convenio DGA-ONEMI y otras estaciones que se consideraron importantes dada su cercanía a la población vulnerable, ubicación en cauces que han presentado eventos climáticos extremos, además de la opinión del jefe regional de hidrología y lo observado en la visita a terreno. A continuación, se numeran las estaciones fluviométricas seleccionadas:

1. **Río Colina en Peldehue:** Esta estación se encuentra al final de la parte cordillera del río Colina y está aguas arriba de la población de Colina. Dada su cercanía a la población es un buen indicador para la alerta de crecidas que pueden afectar el lugar. Considerando los tiempos de concentración, la crecida se demoraría 0,53 horas en llegar desde la estación a las primeras poblaciones en las comunas de Colina y Chicureo.
2. **Río Mapocho en Los Almendros:** Esta estación es parte del Protocolo DGA-ONEMI. Posee un equipamiento completo como estación fluviométrica y meteorológica, además de datalogger y transmisión satelital. Se ubica cercana a la población del Gran Santiago, específicamente el sector del Arrayán. Dado el crecimiento de la ciudad, la estación está muy cerca de la población vulnerable. Considerando los tiempos de concentración, la crecida se demoraría 0,12 horas

(7 minutos) en llegar desde la estación hasta las primeras poblaciones en Lo Barnechea.

3. **Río Molina antes junta San Francisco:** Esta estación se encuentra unos 5 km aguas arriba de la estación Río Mapocho en Los Almendros, alerta a la misma población, pero con un tiempo de respuesta de 0,8 horas.
4. **Río Maipo en El Manzano:** Esta estación es parte del Protocolo DGA-ONEMI. Posee un equipamiento completo como estación fluviométrica y meteorológica, además de datalogger y transmisión satelital. La estación se ubica aguas arriba de la población del Gran Santiago, protegiendo la Comuna de Puente Alto y sectores como Las Vizcachas y El Canelo. Considerando los tiempos de concentración, la crecida se demora 0,65 horas en llegar a las primeras poblaciones en el Canelo, luego sigue su recorrido aguas abajo llegando a Las Vizcachas y Puente Alto, entre otras poblaciones.
5. **Río Maipo en San Alfonso:** Esta estación está desmantelada, pero dada su ubicación es importante para generar una alerta para las localidades de San Alfonso y San José de Maipo. Considerando los tiempos de concentración, la crecida se demora 0,04 horas (2 minutos y medios aprox.) en llegar a San Alfonso y 1,07 horas en llegar a San José de Maipo, donde existe una mayor población que en la primera localidad.

La Tabla 8.3 muestra los datos de código BNA, nombre, ubicación en coordenadas UTM WGS84 19S y criterio de selección) de las estaciones críticas fluviométricas seleccionadas.

Tabla 8.3 Selección de posibles estaciones críticas fluviométricas

Código BNA	Nombre	Coordenadas UTM WGS84 19S		Observación	Cuenca Aportante
		Este	Norte		
05735001-6	Canal Colina en Peldehue	351.984	6.325.196	Propuesta	CAE01
05722007-4	Río Mapocho en Los Almendros	365.020	6.306.679	ONEMI	CAE02
0572001-4	Río Molina antes junta San Francisco	370.094	6.306.419	Propuesta	CAE05
05710001-K	Río Maipo en El Manzano	372.019	6.281.633	ONEMI	CAE04
05704002-5	Río Maipo en San Alfonso	379.470	6.266.472	Propuesta	CAE03

8.3.2 Estaciones Meteorológicas

Como apoyo a la red de estaciones fluviométricas seleccionadas, se tomó en cuenta una nueva selección de estaciones meteorológicas, para lugares en los que no se presenta

un flujo de agua continuo en las quebradas, pero que representan un peligro latente frente a eventos hidrometeorológicos extremos. Cabe mencionar que se observa una falta de datos en la zona alta de las quebradas próximas a Santiago, las quebradas de Ramón y Macul. Por esto último, se propone cambiar de ubicación la estación Quebrada Ramón en recinto EMOS, hacia una cota mayor en la misma quebrada. A continuación, se analiza la estación meteorológica seleccionada:

1. **Quebrada de Ramón en Recinto EMOS:** Esta estación meteorológica se ubica en la parte baja del cordón montañoso de San Ramón, entre los ríos Mapocho y Maipo. Es importante para generar una alerta de activación de las quebradas de Ramón y Macul, que afectarían al Gran Santiago en las comunas de La Reina, y La Florida, respectivamente. La estación se encuentra en la parte baja de la quebrada, en los límites urbanos. Se propone cambiar de ubicación en la parte media alta de la cuenca. Considerando los tiempos de concentración, la quebrada de Ramón se demora 1,17 horas en llegar al Gran Santiago y la quebrada de Macul 0,85 horas.

La Tabla 8.4 muestra los datos de código BNA, nombre y ubicación en coordenadas UTM WGS84 19S) de la selección de estaciones críticas meteorológicas.

Tabla 8.4 Selección de estaciones críticas meteorológicas

Código BNA	Nombre	Coordenadas UTM WGS84 19S		Cuenca Aportante
		Este	Norte	
05730008-6	Quebrada Ramón en recinto EMOS	359.226	6.299.663	CAP06

8.3.3 Estaciones nuevas propuestas

Se identificó una deficiencia en el registro meteorológico en la parte alta del cordón montañoso más próximo al Gran Santiago, la sierra de Ramón. Existe un monitoreo fluviométrico y meteorológico en la Quebrada de Ramón y sólo meteorológico en la Quebrada de Macul. Sin embargo, ambas estaciones se encuentran al inicio de la sierra, en el sector donde limita con la ciudad. Es necesario instalar un pluviómetro en la parte alta para poder registrar las precipitaciones de mayor intensidad que podrían estar ocurriendo en el sector y así estimar una crecida importante con un tiempo de anticipación lo más grande posible. Es por esto que se sugiere instalar una nueva estación meteorológica en la parte alta de la Quebrada de Ramón o mover los

instrumentos meteorológicos de la estación Quebrada Ramón en recinto EMOS. La Tabla 8.5 muestra las nuevas coordenadas sugeridas de la estación en la parte alta.

Tabla 8.5 Estación meteorológica nueva

Código BNA	Nombre	Coordenadas UTM WGS84 19S		Cuenca Aportante
		Este	Norte	
05730008-6	Quebrada Ramón en recinto EMOS (nueva ubicación)	363.612	6.299.495	CAP06

Finalmente, la Figura 8.1 muestra la ubicación de las estaciones fluviométricas y meteorológicas seleccionadas, así como la población vulnerable que es protegida.

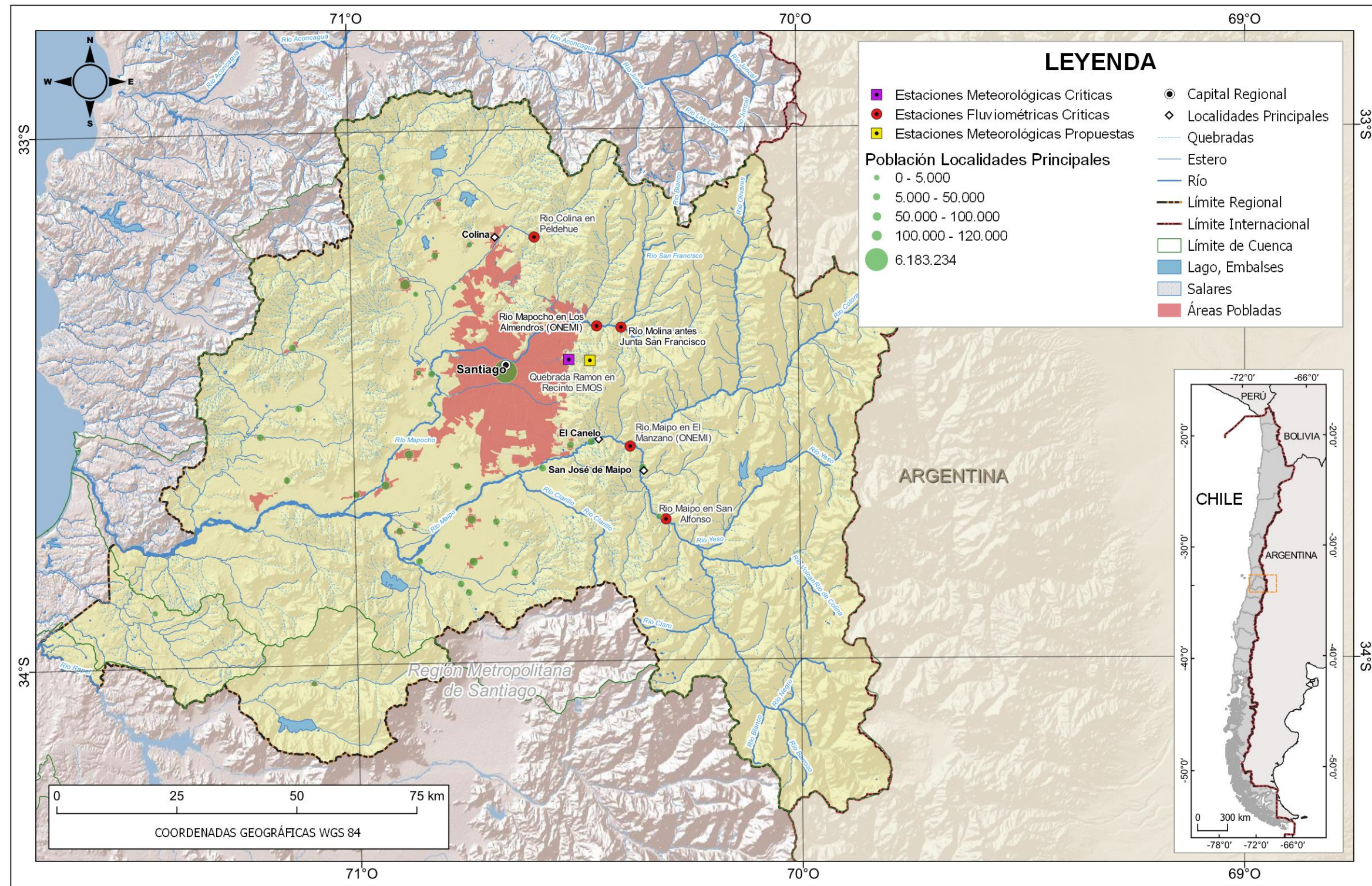


Figura 8.1 Estaciones críticas preliminares

8.4 Tiempo de Concentración

Las estaciones fluviométricas y las localidades vulnerables definen los puntos de control, usados para obtener los tiempos de concentración de las cuencas aportantes a dichos puntos. La Tabla 8.6 y la Tabla 8.7 muestran el resumen de los parámetros morfológicos de las cuencas aportantes con sus tiempos de concentración, para las estaciones fluviométricas y localidades, respectivamente.

Para el cálculo de los tiempos de concentración se tomaron en cuenta los métodos sugeridos tanto en el Manual de Carreteras (MOP, 2020) y el de crecidas de la DGA (DGA, 1995), tomando como primera opción el método de Giandotti cuando este se encuentra dentro de su rango aceptado, o por el promedio de todos los métodos considerados en el caso contrario.

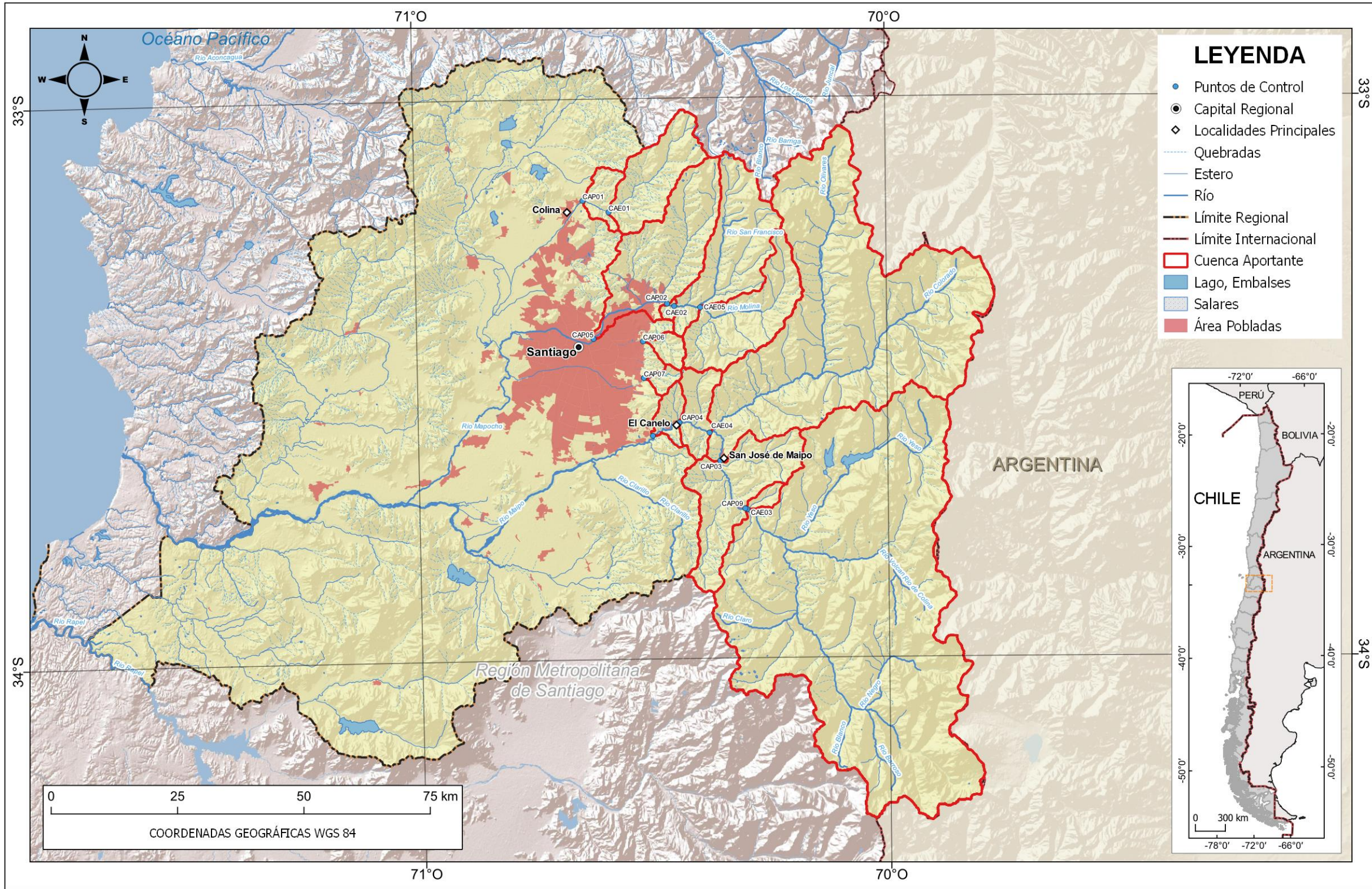
La Figura 8.2 muestra las cuencas aportantes a los puntos definidos. Mientras que la Figura 8.3 muestra el diagrama unifilar de la red hidrográfica con las diferencias de tiempo que existen entre los diferentes puntos de control. Se observa que las estaciones fluviométricas río Colina en Peldehue y río Mapocho en los Almendros generan alertas de poco tiempo de antelación, 0,53 y 0,12 horas respectivamente. Por otro lado, la estación río Maipo en el Manzano generaría una alerta con una anticipación de 0,65 horas a la localidad de El Canelo y de 1,43 horas al Gran Santiago (sector Las Vizcachas). Las quebradas intermitentes de Ramón y Macul tienen un tiempo de concentración de 1,17 y 0,85 horas, respectivamente. Estas quebradas no están monitoreadas en su parte alta y generan eventos eventuales importantes cada cierto tiempo.

Tabla 8.6 Parámetros morfométricos y tiempos de concentración de las cuencas definidas en base a las estaciones fluviométricas críticas de la Región Metropolitana

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS GENERALES		Colina en Peldehue	Mapocho en Almendros	Maipo en San Alfonso	Maipo en El Manzano	Río Molina antes junta San Francisco
		CAE01	CAE02	CAE03	CAE04	CAE05
Parámetro	Símbolo	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Perímetro (km)	P	82,27	135,30	403,01	493,81	125
Área (km ²)	A	226,90	636,47	2780,93	4828,00	301
Longitud cauce principal (km)	LCP	25,40	37,40	69,50	89,72	31,7
Desnivel altitudinal (m)	DA	2832,00	4288,00	4913,98	5621,00	4296
PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS ASOCIADOS A LA FORMA DEL RELIEVE						
Cota máxima (msnm)	cmax	3746,00	5346,00	6018,00	6519,00	5422
Cota mínima (msnm)	cmin	914,00	1058,00	1104,02	898,00	1126
Altitud media (msnm)	Am	2341,59	2778,19	3197,36	3186,94	2646
Pendiente promedio de la cuenca (%)	Smed	41,63%	47,33%	52,93%	52,09%	52,88%
Altitud máx. del cauce	Amasc	3370,00	3704,00	2445,00	2445,00	4987
Altitud min. del cauce	Aminc	914,00	1058,00	1104,02	898,00	1126
Pendiente promedio del cauce (%)	Sc	9,67%	7,07%	1,93%	1,72%	12,18%
TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN						
Tiempo de concentración (horas) [California Culvert Practice]	Tc	1,86	2,48	4,82	6,15	2,05
Tiempo de concentración (horas) [Kirpich]	Tc	1,96	2,98	7,91	10,05	2,13
Tiempo de concentración (horas) [Giandotti]	Tc	1,99	3,04	5,77	7,27	2,23
	Rango validación	7,06	10,39	19,31	24,92	8,81
		8,56	11,89	20,81	26,42	10,31
Tiempo de concentración (horas) [Norma Española]	Tc	4,14	5,42	8,50	10,35	4,68
Tiempo de concentración selección (horas)	Tc	2,65	3,63	7,08	8,85	2,95

Tabla 8.7 Parámetros morfométricos y tiempos de concentración de las cuencas definidas en base a las poblaciones vulnerables de la Región Metropolitana

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS GENERALES		Colina	Sector El Arrayán	San José del Maipo	El Canelo	Santiago Centro	San Ramon	Macul	Vizcachas	San Alfonso
		CAP01	CAP02	CAP03	CAP04	CAP05	CAP06	CAP07	CAP08	CAP09
Parámetro	Símbolo	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Perímetro (km)	P	95,35	139,31	350,91	503,40	181,95	29,33	23,71	512,99	331,96
Área (km ²)	A	284,23	645,49	3132,45	4929,40	1059,95	35,92	23,38	4980,16	2802,94
Longitud cauce principal (km)	LCP	31,10	39,00	81,73	96,90	57,30	10,59	7,60	105,97	69,97
Desnivel altitudinal (m)	DA	3040,00	4410,00	5058,96	5672,98	4742,00	2419,00	2337,00	5776,00	4913,98
PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS ASOCIADOS A LA FORMA DEL RELIEVE										
Cota máxima (msnm)	cmax	3746,00	5346,00	6018,00	6519,00	5346,00	3251,00	3251,00	6519,00	6018,00
Cota mínima (msnm)	cmin	706,00	936,00	959,04	846,02	604,00	832,00	914,00	743,00	1104,02
Altitud media (msnm)	Am	2123,90	2757,76	3081,62	3157,26	2431,46	1978,73	2053,85	3140,35	3190,91
Pendiente promedio de la cuenca (%)	Smed	40,46%	47,31%	52,06%	52,81%	43,29%	52,48%	61,16%	52,77%	52,88%
Altitud máx. del cauce	Amxc	3370,00	3704,00	2445,00	2445,00	3704,00	2940,00	3086,00	2445,00	2445,00
Altitud min. del cauce	Aminc	706,00	936,00	959,04	846,02	604,00	832,00	914,00	743,00	1104,02
Pendiente promedio del cauce (%)	Sc	8,57%	7,10%	1,82%	1,65%	5,41%	19,91%	28,58%	1,61%	1,92%
TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN										
Tiempo de concentración (horas) [California Culvert Practice]	Tc	2,29	2,58	5,75	6,69	3,91	0,72	0,50	7,37	4,86
Tiempo de concentración (horas) [Kirpich]	Tc	2,40	3,07	9,16	10,85	4,58	0,76	0,51	11,74	7,97
Tiempo de concentración (horas) [Giandotti]	Tc	2,24	2,98	6,08	7,31	3,81	0,89	0,72	7,21	5,80
	Rango validación	8,64	10,83	22,70	26,92	15,92	2,94	2,11	29,44	19,44
		10,14	12,33	24,20	28,42	17,42	4,44	3,61	30,94	20,94
Tiempo de concentración (horas) [Norma Española]	Tc	4,86	5,60	9,65	10,95	7,63	2,04	1,54	11,72	8,55
Tiempo de concentración selección (horas)	Tc	3,18	3,75	8,19	9,50	5,37	1,17	0,85	10,28	7,12



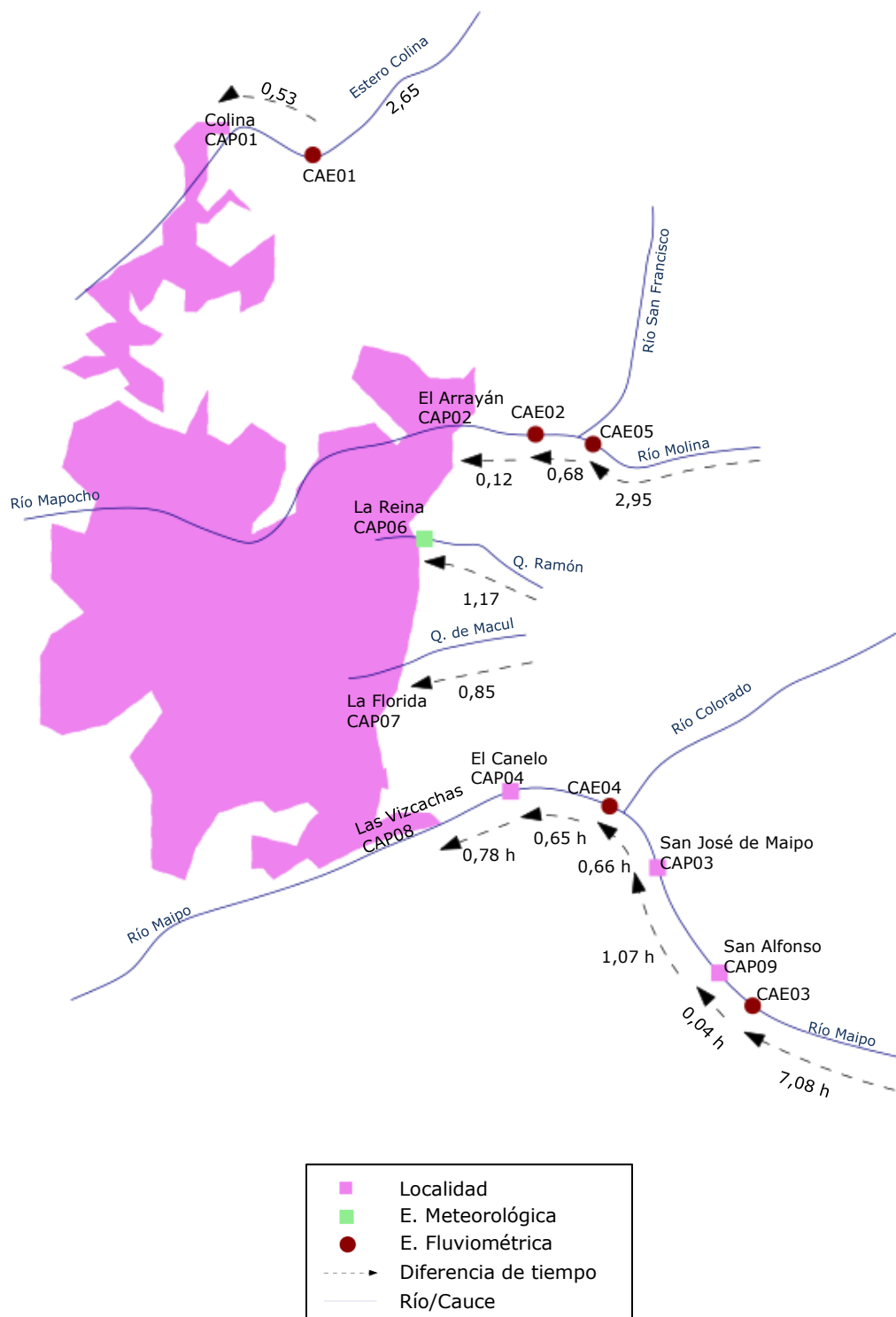


Figura 8.3 Diagrama unifilar cauces región Metropolitana

9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A partir de la información descargada desde la plataforma del SNIA de la DGA (2021)¹⁰, se realizó un análisis de la estadística media y máxima de los datos, así como de la distribución espacial de las estaciones fluviométricas y meteorológicas en estudio.

9.1 Disponibilidad de Datos

En esta sección se presentan las tablas de disponibilidad de datos medios de las variables en estudio, en negrita se muestran las estaciones seleccionadas como críticas. Si bien existen estaciones con información antes del año 1950, para tener una correcta visualización se comienza en dicho año.

Además, se muestra la cantidad de años válidos de las estaciones. Un año válido se define como el año que tiene 9 o más meses con información.

Caudales

La Tabla 9.1 muestra la disponibilidad de datos de las estaciones fluviométricas. Las estaciones críticas seleccionadas, que también corresponden a estaciones del protocolo DGA-ONEMI, río Mapocho en Los Almendros y río Maipo en El Manzano poseen 68 y 72 años válidos, respectivamente. Las otras estaciones críticas, río Colina en Peldehue y río Maipo en San Alfonso tienen 39 y 70 años válidos, respectivamente. Cabe decir que la estación río Maipo en San Alfonso se encuentra fuera de operación desde el año 2016. La estadística descargada se encuentra recopilada y ordenada en el **Anexo 5**.

Precipitación

La Tabla 9.2 y Tabla 9.3 muestran la disponibilidad de datos de las estaciones meteorológicas. De las estaciones críticas seleccionadas, Quebrada de Ramón en Recinto EMOS escogida por su estación meteorológica, posee 10 años válidos, las demás estaciones críticas tienen entre 7 y 18 años válidos. La estadística descargada se encuentra recopilada y ordenada en el **Anexo 6**.

¹⁰ <https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes>

Temperatura

La Tabla 9.4 y Tabla 9.5 muestran la disponibilidad de datos de temperatura de las estaciones meteorológicas. Sobre las estaciones críticas seleccionadas, ninguna tiene años válidos registrados. La estadística descargada se encuentra recopilada y ordenada en el **Anexo 7**.

Tabla 9.3 Disponibilidad de datos pluviometría (continuación)

ID	COD BNA																					Años Validos																																																	
		1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969		1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
41	05702001-6	[Red]																				4																																																	
42	05701009-6	[Red]																				2																																																	
43	05716001-2	[Red]																				4																																																	
44	05716011-K	[Red]																				0																																																	
45	05716005-5	[Red]																				25																																																	
46	05747001-1	[Red]																				29																																																	
47	06040001-6	[Red]																				39																																																	
48	06042004-1	[Red]																				32																																																	

Color	Meses con información
[Green]	12 meses
[Yellow]	9 - 11 meses
[Red]	0 - 8 meses

9.2 Precipitaciones Medias

A partir de la estadística descargada se obtuvieron las precipitaciones medias históricas de las estaciones de la región. Luego se filtraron las estaciones que poseen 10 años válidos o más, para construir las isoyetas de precipitación media.

Con respecto a las precipitaciones medias en las estaciones críticas se tiene lo siguiente:

- **Río Mapocho en Los Almendros:** esta es una estación fluviométrica con control de precipitaciones. Posee una precipitación media de 334,1 mm observados en el periodo desde 1999 al 2020 (18 años válidos).
- **Río Molina antes junta San Francisco:** esta es una estación fluviométrica con control de precipitaciones. Posee una precipitación media de 265,6 mm observados en el periodo desde 2009 al 2020 (9 años válidos).
- **Quebrada Ramón en recinto EMOS:** esta es una estación fluviométrica con control de precipitaciones. Posee una precipitación media de 267,1 mm observados en el periodo desde 2007 al 2020 (10 años válidos).
- **Río Maipo en El Manzano:** esta es una estación fluviométrica con control de precipitaciones. Posee una precipitación media de 172,4 mm observados en el periodo desde 2010 al 2020 (8 años válidos).
- **Río Maipo en San Alfonso:** esta es una estación fluviométrica con control de precipitaciones. Posee una precipitación media de 415,9 mm observados en el periodo desde 2010 al 2020 (7 años válidos).

La Figura 9.1 muestra las isoyetas actualizadas al 2021, obtenidas mediante interpolación de las estaciones de 10 años válidos o más y las isoyetas del Balance Hídrico DGA (1987). Además, se muestran las estaciones meteorológicas utilizadas y como referencia las isoyetas del Balance Hídrico de 1987.

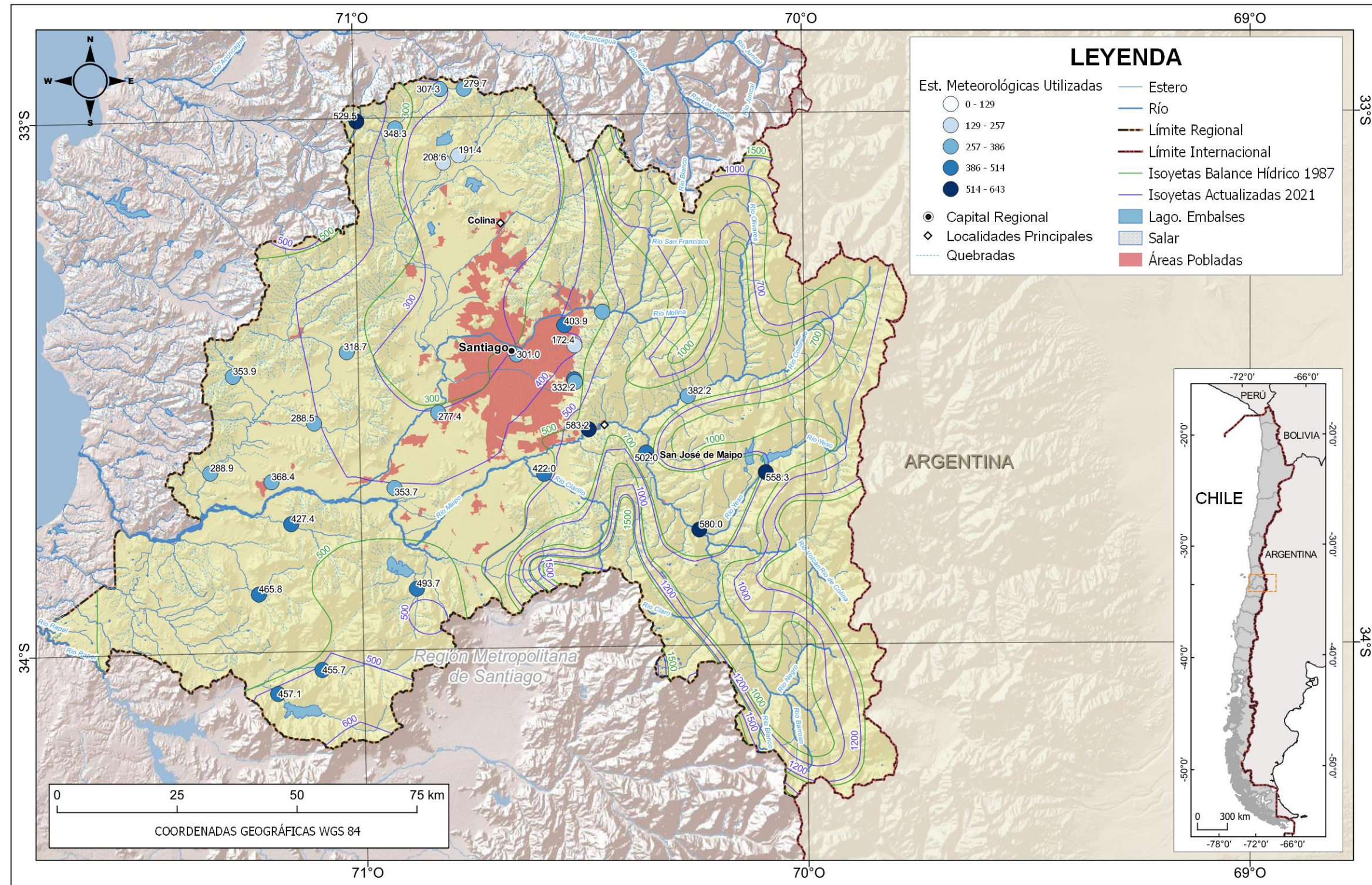


Figura 9.1 Isoyetas de precipitación media, Región Metropolitana

9.3 Temperaturas Medias

A partir de la estadística descargada se obtuvieron las temperaturas medias históricas de las estaciones de la región. Luego se filtraron las estaciones que poseen 10 años válidos o más, para construir las isotermas de temperatura media.

Con respecto a las temperaturas medias en las estaciones críticas, no se registran temperaturas medias en tales estaciones.

La Figura 9.2 muestra las isotermas actualizadas al 2021, obtenidas mediante la interpolación de las estaciones de 10 años válidos o más y las isotermas del Balance Hídrico (DGA, 1987). Además, se muestran las estaciones meteorológicas utilizadas y como referencia las isotermas del Balance Hídrico de 1987.

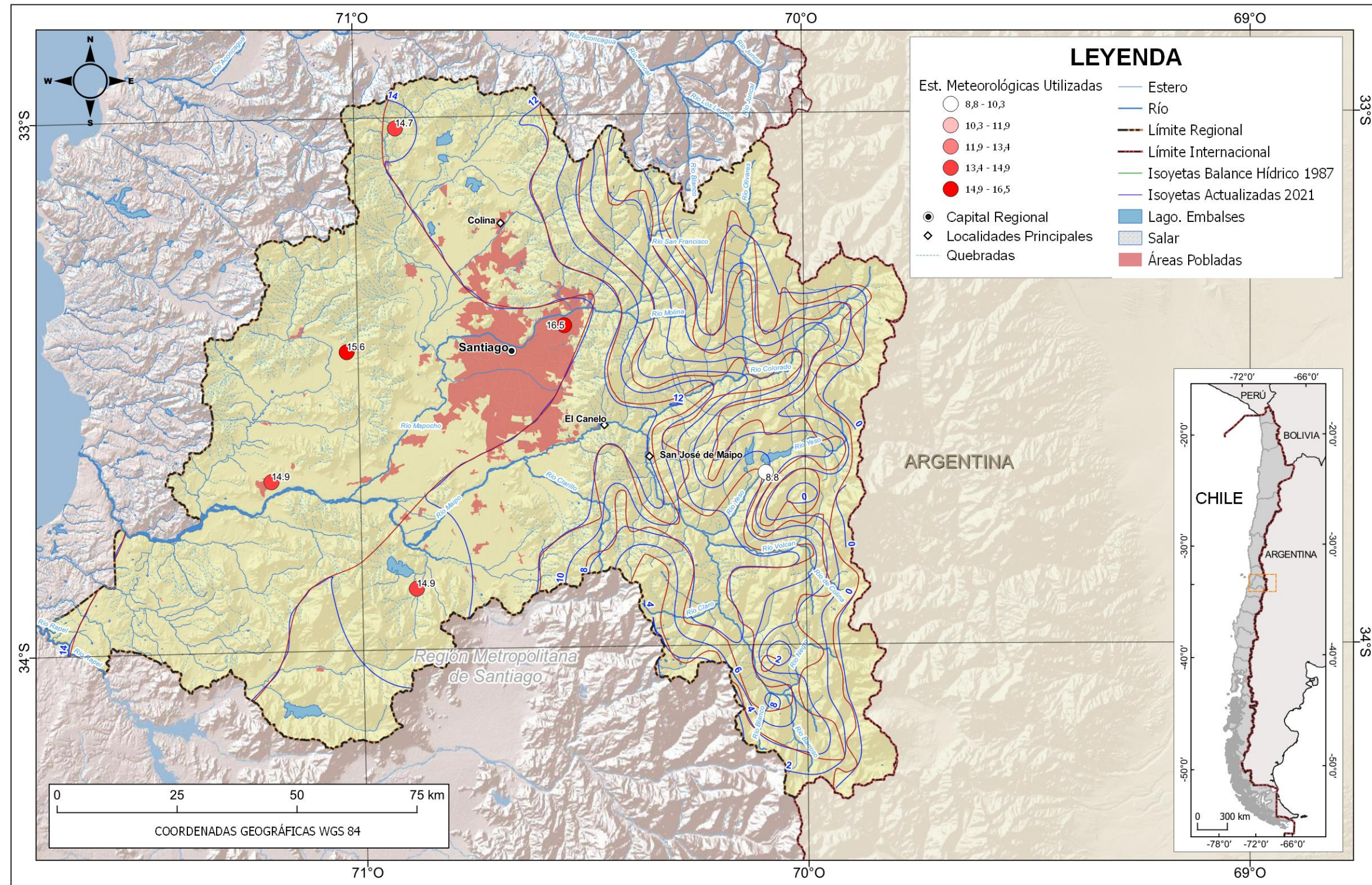


Figura 9.2 Isotermas de temperatura media, Región Metropolitana

9.4 Caudales Máximos instantáneos

A partir de la estadística descargada de caudales máximos instantáneos se construyeron los gráficos de caudal y altura de las estaciones fluviométricas críticas seleccionadas, como se muestra en la Figura 9.3, Figura 9.4 y Figura 9.5. Las estaciones pertenecientes al protocolo DGA-ONEMI tienen definidos límites de alerta amarilla y roja que se incluye en los gráficos. En el **Anexo 8** se muestra la estadística de las estaciones.

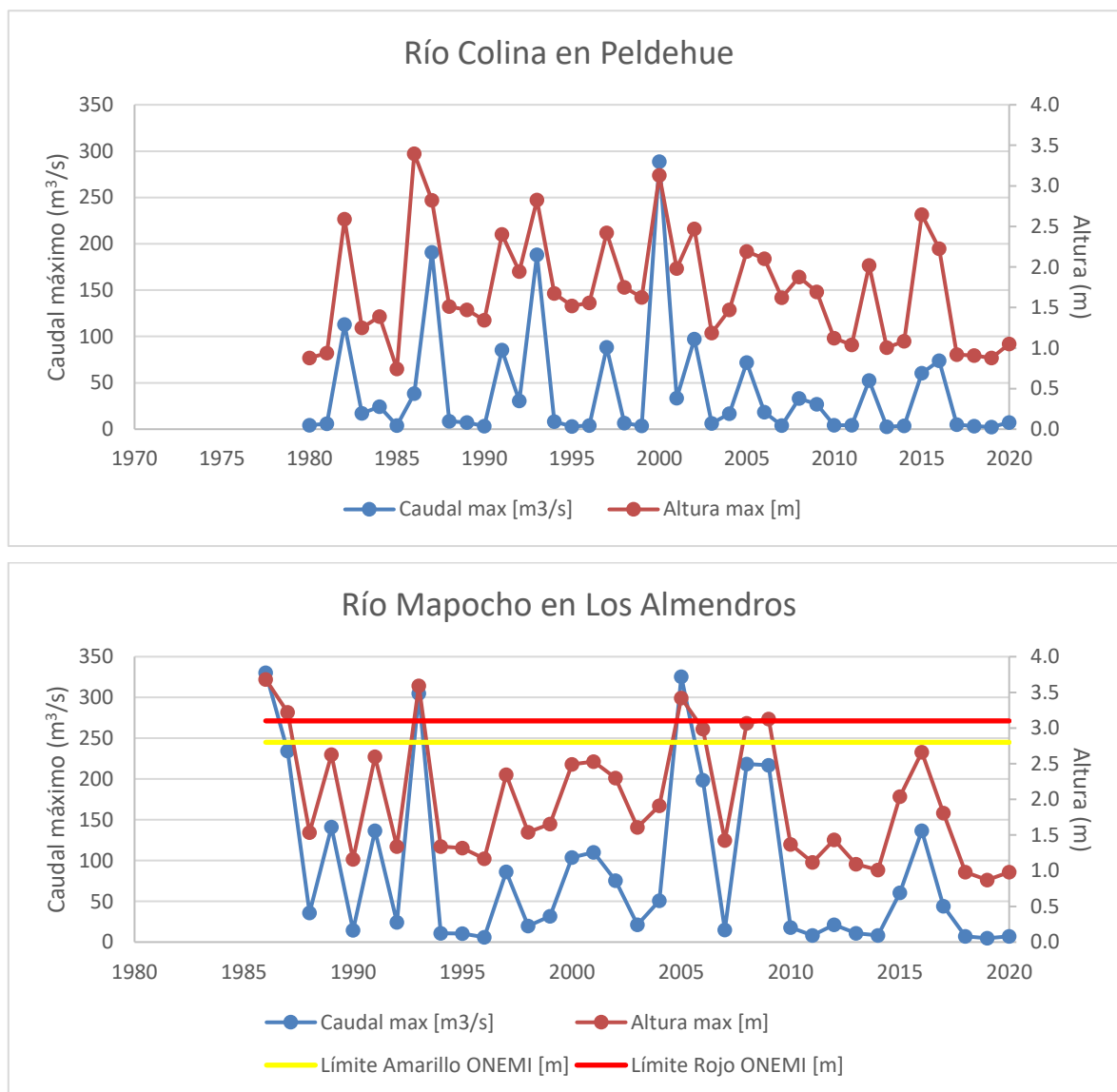


Figura 9.3 Caudales y alturas máximas de las estaciones críticas río Colina en Peldehue y río Mapocho en Los Almendros

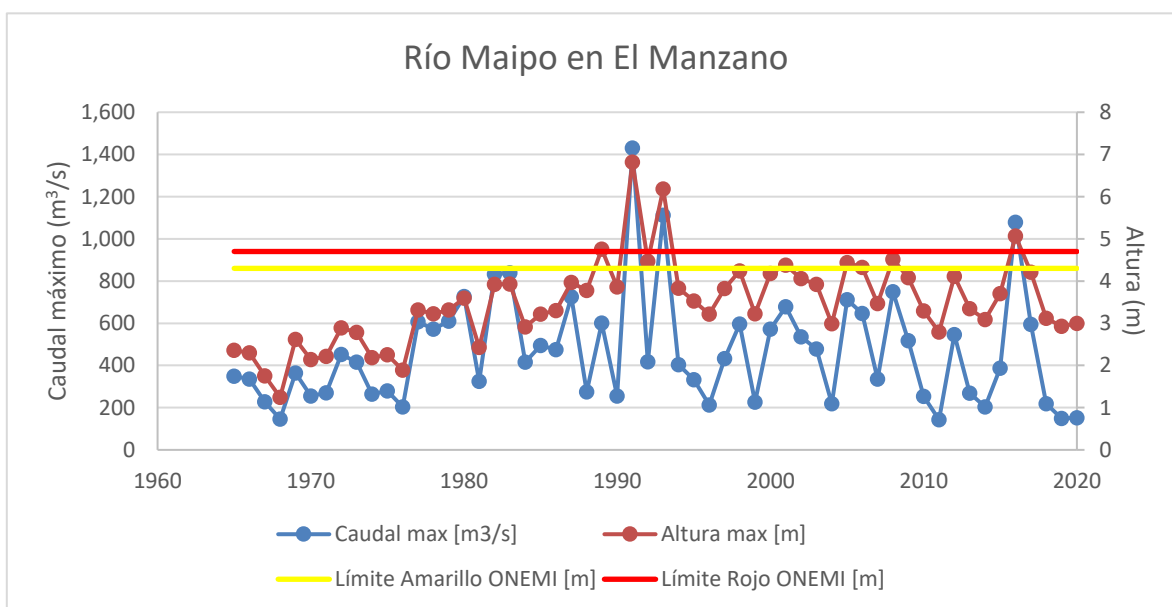
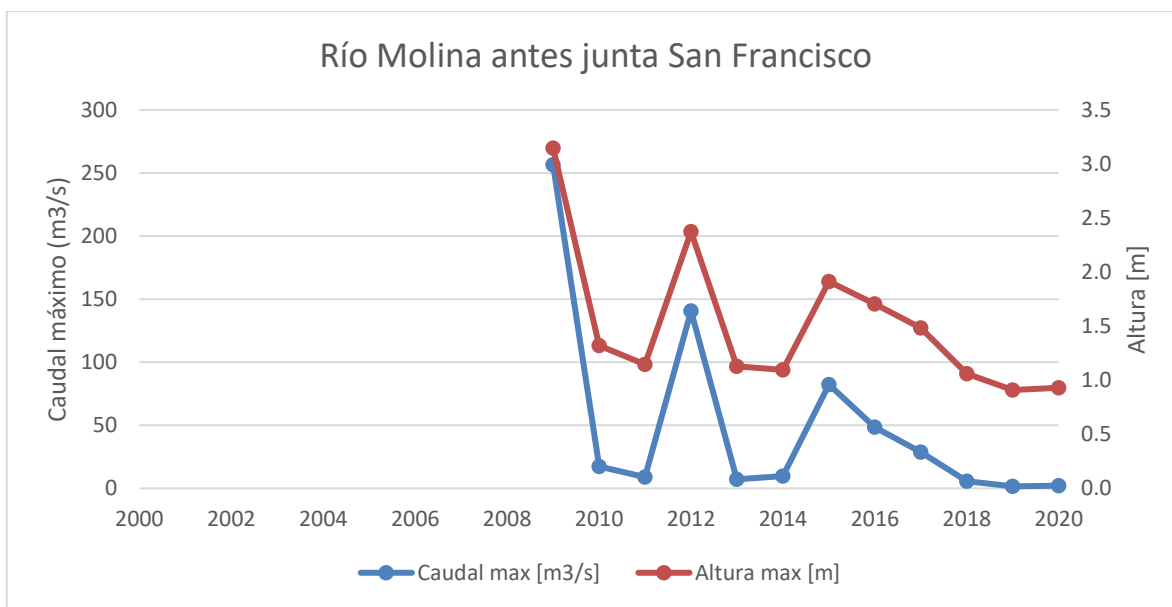


Figura 9.4 Caudales y alturas máximas de las estaciones críticas río Molina antes junta San Francisco y río Maipo en El Manzano

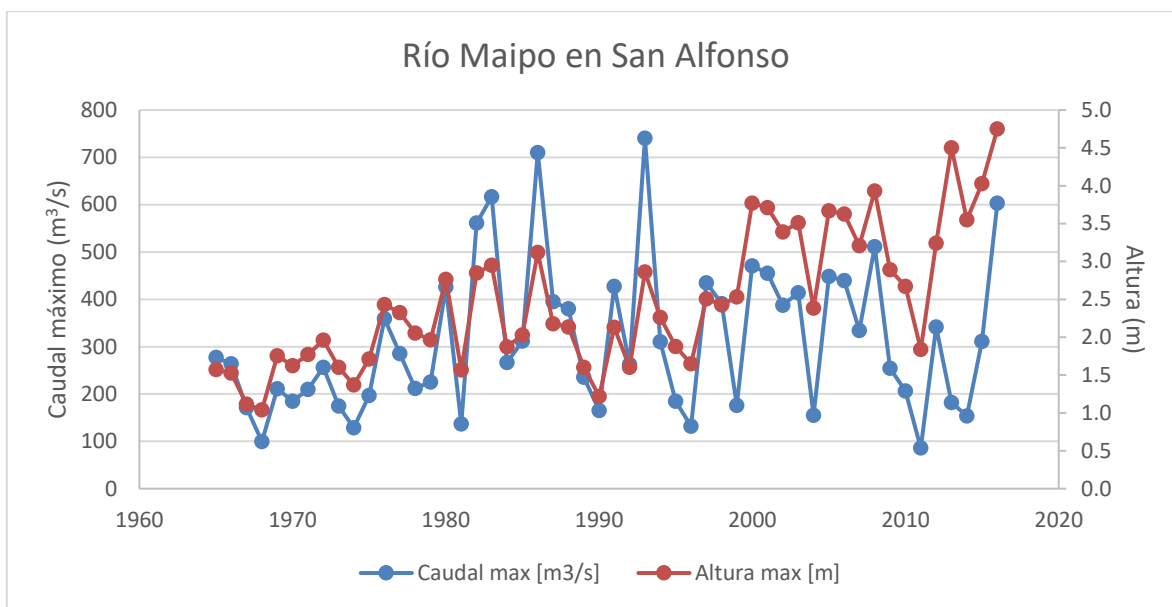


Figura 9.5 Caudales y alturas máximas de la estación crítica río Maipo en San Alfonso

A partir de las figuras se puede comentar lo siguiente:

- En la estación río Mapocho en Los Almendros, el límite rojo de alerta es superado 5 veces en su historia, siendo las crecidas de los años 2005 y 2009 las únicas en los últimos 20 años. En otras dos ocasiones se ha superado el límite de alerta amarilla, los años 2006 y 2008.
- La estación río Maipo en El Manzano, supera el límite rojo de alerta 4 veces en su historia, los años 1989, 1991, 1993 y 2016. En cuanto al límite amarillo, es sobrepasado en 5 ocasiones.
- Observando las crecidas simultáneas de las dos estaciones del protocolo DGA-ONEMI, la crecida del año 1993 generó alertas rojas en ambas estaciones fluviométricas, por lo que se asume fueron causadas por precipitaciones extendidas en una gran parte de la zona alta de la región.
- Sobre las crecidas del río Colina en Peldehue, se alcanzan caudales similares a los observados en el río Mapocho en Los Almendros.
- La estación río Molina en San Francisco registró una crecida histórica el año 2009, que coincide con registros de prensa de la época.
- La estación río Maipo en San Alfonso, se ubica río arriba de la estación río Maipo en El Manzano, antes de la junta con el río Colorado. Esta estación tiene una gran área aportante y recoge el agua que viene desde la zona sureste de la cuenca, zona que tiene la mayor cantidad de precipitaciones de acuerdo a las isoyetas. Los caudales peak coinciden en gran parte con los de la estación río Maipo en El Manzano, pero estos últimos son de mayor magnitud (1,5 a 2 veces la magnitud medida en San Alfonso). Las últimas crecidas ocurridas desde el año 2017 han aportado gran cantidad de sedimento en la zona de medición, dejando inoperativa la estación y cambiado la sección transversal en la zona de aforo.

9.5 Precipitaciones máximas anuales

A partir de la estadística descargada de precipitaciones máximas en 24 horas se construyeron los gráficos que se muestra en la Figura 9.6 y Figura 9.7. Comparando las precipitaciones registradas en las estaciones críticas que tienen también un registro fluviométrico no se observa una clara correlación entre los máximos de precipitación y caudales. Esto se puede deber a que las precipitaciones que están generando escorrentía

se encuentran más arriba en la cuenca, en el sector de cabecera. La estadística descargada se encuentra recopilada y ordenada en el **Anexo 9**.

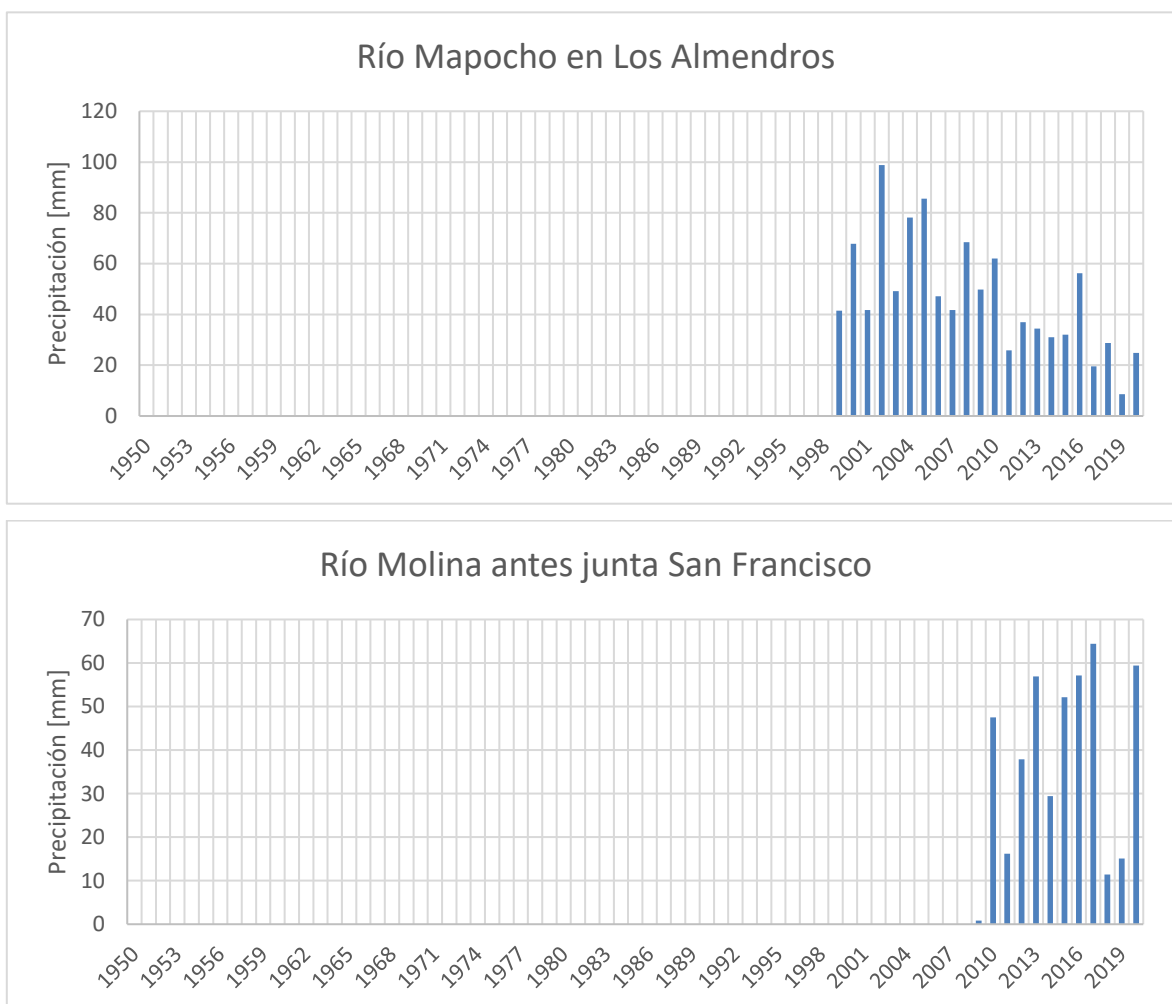


Figura 9.6 Precipitaciones máximas anuales en 24 horas, estaciones río Mapocho en Los Almendros y río Molina antes junta San Francisco

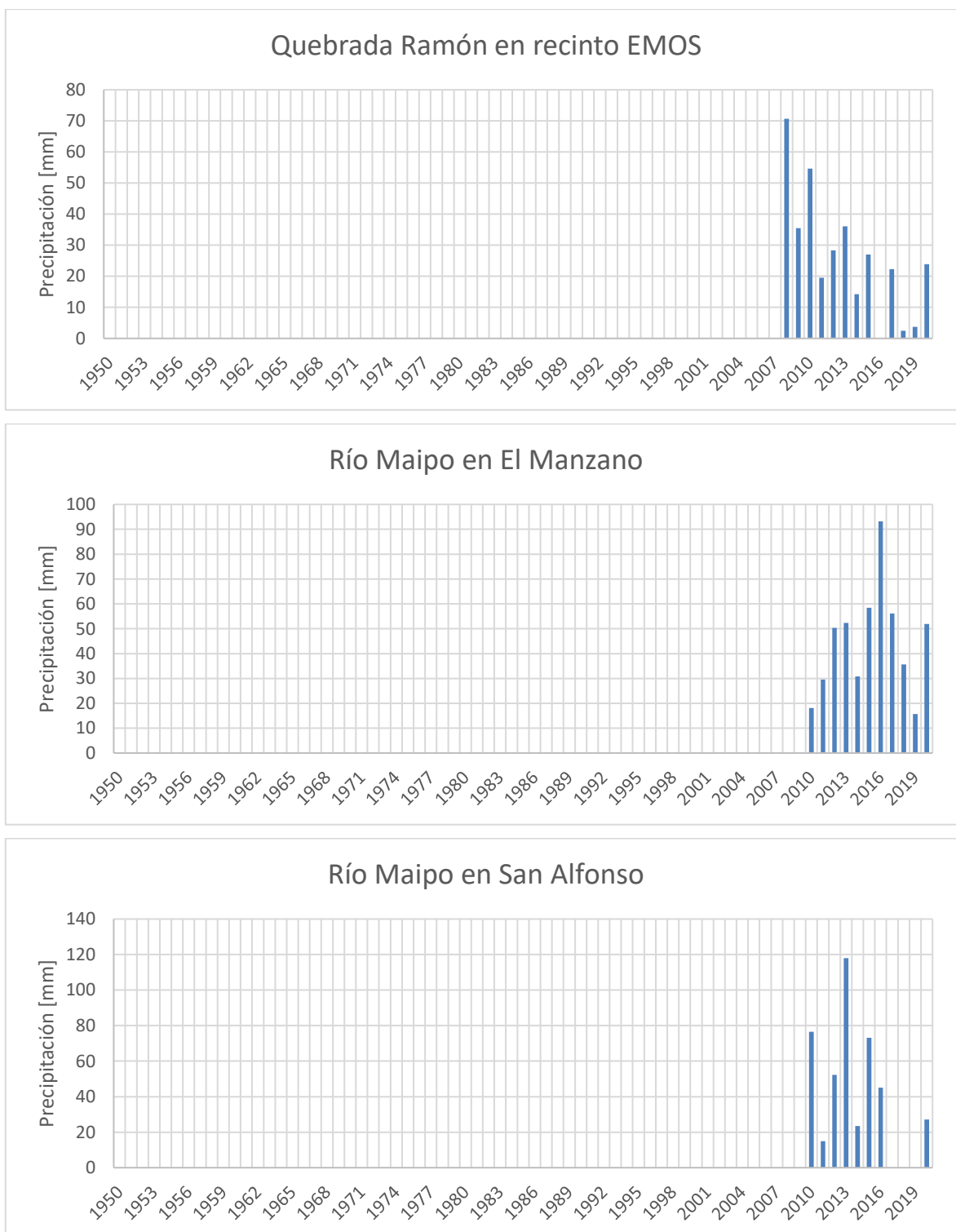


Figura 9.7 Precipitaciones máximas anuales en 24 horas, estaciones quebrada Ramón en recinto EMOS, río Maipo en El Manzano y río Maipo en San Alfonso

9.6 Distribución Espacial

Estaciones Meteorológicas

Para realizar el análisis de la distribución espacial de las estaciones se construyeron los polígonos de Thiessen con las estaciones meteorológicas en estudio. Cabe decir que la estación río Mapocho en Los Almendros GPRS no se consideró al tener las mismas coordenadas de la estación río Mapocho en Los Almendros. La Tabla 9.6 muestra las áreas correspondientes a cada estación, en negrita se encuentran las estaciones seleccionadas como críticas. Las áreas van desde los 49 km² hasta 1.400 km².

Tabla 9.6 Área polígonos de Thiessen de las estaciones meteorológicas

ID	Código BNA	Nombre	Coord. UTM WGS84 19S		Área [km ²]
			Este	Norte	
40	05702011-3	Glaciar San Francisco en aguas Panimávida	400.956	6.258.861	1.433
34	05711003-1	Pirque	352.897	6.272.884	682
19	05744002-3	Los Panguiles	311.733	6.298.233	681
21	05705001-2	Río Colorado antes junta río Olivares	394.337	6.293.457	619
46	05747001-1	Los Guindos	293.453	6.247.706	585
42	05701009-6	Río Maipo en Queltehues	386.768	6.257.461	563
32	05703008-9	El Yeso Embalse	399.081	6.273.246	542
47	06040001-6	Villa Alhué	306.676	6.231.976	499
20	05730016-7	Terraza Oficinas Centrales DGA	347.173	6.297.768	488
27	05737008-4	Fundo Marruecos	330.811	6.285.653	473
06	05732001-K	Huechún Embalse	331.837	6.337.777	441
09	05706003-4	Valle Olivares	396.313	6.327.380	413
45	05716005-5	Laguna Aculeo	326.369	6.248.925	410
05	05732002-8	Huechún Andina	335.008	6.339.281	399
23	05744003-1	Ibacache Alto	288.017	6.293.109	373
36	05717008-5	El Vergel	321.707	6.269.904	359
10	05721017-6	Estero Yerba Loca en Piedra Carvajal	381.313	6.323.390	354
12	05722001-5	Estero Arrayan en La Montosa	364.171	6.311.298	350
33	05746001-6	Estero Puangue en Ruta 78	283.302	6.272.931	333
28	05745001-0	Mallarauco	304.935	6.283.364	324
37	05704002-5	Río Maipo en San Alfonso	379.470	6.266.472	320
38	05740004-8	Carmen de las Rosas	300.173	6.262.366	310
48	06042004-1	Barrera Loncha	297.450	6.226.976	295
43	05716001-2	Río Angostura en Valdivia de Paine	325.665	6.257.179	273
26	05707003-K	Maitenes Bocatoma	382.834	6.289.120	272
22	05706001-8	Río Olivares antes junta río Colorado	394.343	6.293.240	264
07	05706004-2	Glaciar Juncal Sur	396.269	6.335.124	245
08	05706005-0	Glaciar Olivares Alfa	386.439	6.328.240	220
03	05733007-4	Caleu	313.765	6.346.338	211
35	05740005-6	Melipilla	296.069	6.271.128	202
17	05730012-4	Cerro Calan	357.078	6.303.869	196
01	05733006-6	Rincón de los Valles	336.111	6.353.157	190
04	05733008-2	Rungue Embalse	321.794	6.344.885	189
44	05716011-K	Laguna Aculeo Los Castaños	323.587	6.251.765	184
31	05704006-8	San José de Maipo Reten	374.166	6.277.328	169
29	05710007-9	La Obra Recinto EMOS	362.190	6.282.161	159
11	05721016-8	Río San Francisco antes junta estero Yerba Loca	373.641	6.313.676	156
13	05721001-K	Estero Yerba Loca antes junta San Francisco	373.072	6.309.689	127
30	05710001-K	Río Maipo en El Manzano	372.019	6.281.633	120
16	05720001-4	Río Molina antes junta San Francisco	370.094	6.306.419	115
25	05730039-6	Quebrada de Macul	359.320	6.292.012	114
02	05733010-4	Fundo Las Bateas	331.120	6.353.082	100
39	05704004-1	San Gabriel	385.249	6.261.273	98
41	05702001-6	Río Volcán en Queltehues	387.971	6.258.289	80
18	05730008-6	Quebrada Ramón En Recinto EMOS	359.226	6.299.663	75
24	05730013-2	Antupirén	359.149	6.292.612	57
14	05722002-3	Río Mapocho en Los Almendros	365.020	6.306.679	49

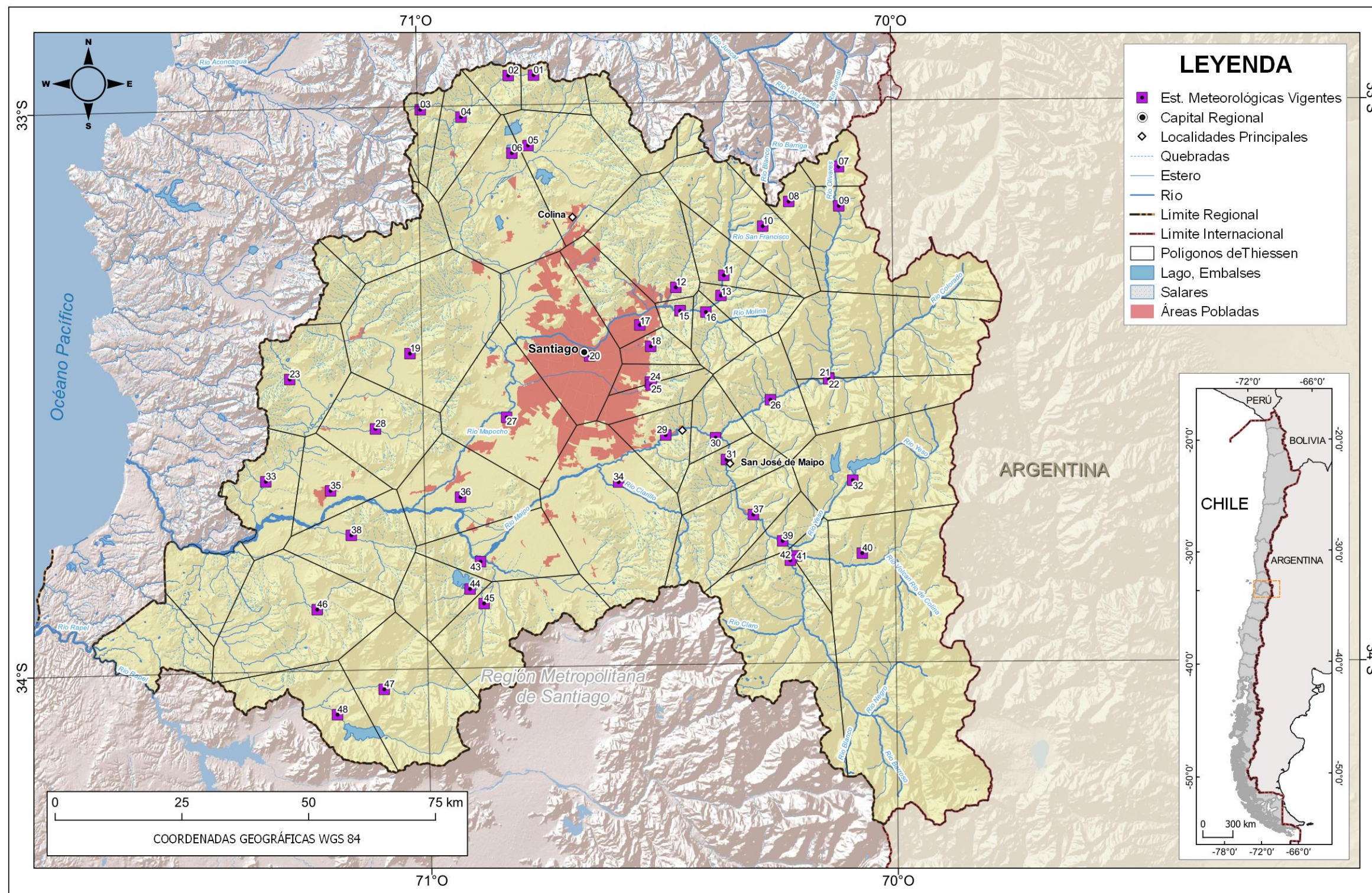


Figura 9.8 Polígonos de Thiessen estaciones meteorológicas, Región de Metropolitana

10. ANÁLISIS DE CALIDAD

10.1 Red Hidrométrica

Del análisis de los registros de caudales medios de las estaciones críticas definidas en la Región Metropolitana, se construye la Tabla 10.1, donde se presenta la siguiente información para cada estación: Año de inicio y término de los registros, duración total de funcionamiento de la estación, cantidad de años con data completa e incompleta y cantidad de meses que poseen registros completos e incompletos. En las últimas 3 columnas se agregaron las relaciones entre años completos e incompletos, meses completos e incompletos, cantidad de cortes que existen en los registros y la relación entre estos y la data total. Estos parámetros permiten definir la calidad de los valores registrados por cada estación, ayudando a conocer la confiabilidad de ésta como crítica.

Se observa que en general la relación a nivel anual entre la data completa y total cumple para la mayoría de las estaciones con índices superiores al mínimo establecido de un **75%**, con un índice medio del 79%, a excepción de la estación Río Maipo en San Alfonso (ID 15) que presenta un índice del 72%.

A nivel mensual, se estableció el porcentaje mínimo aceptable en **75%**. Esta relación presenta índices mayores al referente establecido para todas las estaciones críticas de la región, con el valor más bajo de un 93% y el valor más alto de un 97%. Si se observa la relación entre cortes en la data y data total, apreciamos que sólo la estación río Mapocho en Los Almendros (ID 5) cumple con el mínimo establecido del **20%**, lo que indica que las estaciones poseen una buena cantidad de registros, pero presenta múltiples cortes a lo largo del tiempo, deteriorando la calidad de la data.

**Tabla 10.1 Caracterización de la data de caudales medios mensuales para
cada estación Fluviométrica crítica, Región Metropolitana**

ID	Periodo	Duración de los registros	Años completos	Años incompletos	Años completos / Años totales registro	Meses con datos	Meses sin datos	Mese con datos / Meses totales	Cantidad de cortes en la data
5	1948-2020	73	59	14	0,808	810	66	0,925	11
13	1946-2020	75	64	11	0,853	874	26	0,971	9
15	1942-2016	75	54	21	0,720	843	57	0,937	24

Media	74,3	59,0	15,3	0,79	842,3	49,7	0,94	14,7
Desviación estándar	1,2	5,0	5,1	0,07	32,0	21,0	0,02	8,1
Máxima	75	64	21	0,85	874	66	0,97	24
Mínima	73	54	11	0,72	810	26	0,92	9

Escala	Cumple	No cumple
---------------	--------	-----------

11. RESUMEN FICHAS DIAGNÓSTICO

Para la presentación de la información de diagnóstico de las estaciones críticas seleccionadas se elaboraron fichas de resumen de diagnóstico. Las fichas se elaboraron con la información recopilada de bases de datos SIG, entrevistas con los jefes regionales, estadística de la DGA y las visitas a terreno. Como complemento a la primera visita a terreno, se realizó el día 1 de septiembre del 2021, una segunda visita a las estaciones críticas preliminares que no habían sido visitadas.

Cada ficha resume las siguientes características de las estaciones:

- I. Identificación
- II. Equipamiento
- III. Estadística general
- IV. Descripción de obras existentes y deficiencia en infraestructura
- V. Eventos extremos
- VI. Mapa general
- VII. Población vulnerable
- VIII. Diagnóstico final

La Figura 11.1 a Figura 11.3 muestran el ejemplo de ficha de la estación río Mapocho en Los Almendros. Las fichas resumen de las estaciones críticas de la región se encuentran en el **Anexo 10**. Las estaciones críticas seleccionadas corresponden a las siguientes:

1. Río Colina en Peldehue
2. Río Mapocho en Los Almendros
3. Río Molina antes junta San Francisco
4. Río Maipo en El Manzano
5. Río Maipo en San Alfonso
6. Quebrada de Ramón en recinto EMOS





  		
DIAGNÓSTICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE RED NACIONAL DE ALERTA DE EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS ID: 1019-22-LQ21		
FICHA TÉCNICA ESTACIÓN		
I. IDENTIFICACIÓN		
Nombre Estación	Río Maipo en el Manzano	
Código BNA	05710001-K	
Coordenadas WGS84 UTM 19 S	Coordenada Norte (m)	Coordenada Este (m)
	6.281.633	372.019
Cuenca	Río Maipo	
Subcuenca	Río Maipo Alto	
Región / Comuna	Metropolitana / San José de Maipo	
Tipo	Fluviométrica y Meteorológica	
II. EQUIPAMIENTO		
Sensor piezométrico	s/i	
Sensor pluviométrico	s/i	
Data Logger	s/i	
Transmisión	s/i	
Otros		
III. ESTADÍSTICA		
a. Caudales		
Periodo	1946 - 2020	
Años Válidos	72	
Q med [m ³ /s]	103,9	
Q max [m ³ /s]	1430,3 (28/05/1991)	
b. Precipitación		
Periodo	2010 - 2020	
Años Válidos	8	
Pp med [mm/año]	267,1	
Pp max [mm/24h]	93,2 (16/04/2016)	
		

Figura 11.1 Ejemplo ficha resumen estación crítica Río Mapocho en Los Almendros, página 1

IV. DESCRIPCIÓN DE OBRAS EXISTENTES Y DEFICIENCIA DE INFRAESTRUCTURA	
Año ultima licitación	-
Monto ultima licitación	-
Caudal de diseño [m ³ /s]	-
<ul style="list-style-type: none"> • Acceso: buen acceso a un costado de carretera asfaltada • Emplazamiento: en una sección recta del río, bien posicionada • Estructura: posee un muro guía, hecho de hormigón sobrepuesto a la roca. Lecho natural del cauce. Muro guía no posee una buena continuidad, es irregular en toda su longitud • Instrumentación: la estación mide caudales y precipitaciones, tiene sus sensores funcionando. Sensor piezométrico instalado en un tubo directamente puesto en el río. Torre de instrumentos ubicada muy cerca de la ladera del cerro • Otros: el carro de aforo no está resguardado en una caseta, ha sufrido vandalismos recurrentes 	 
V. EVENTOS EXTREMOS	
<ul style="list-style-type: none"> • La estación es parte del protocolo DGA-ONEMI • Tiene 3 crecidas importantes que han superado el límite rojo de alerta, los años 1991, 1993 y 2016. Siendo la del año 1991 la más importante, llegando a 1430 m³/s • En los últimos 20 años, además de la crecida del año 2016, han habido 4 años en los que se ha superado el límite amarillo de alerta • Las precipitaciones registradas desde el año 2010 tienen un registro máximo el año 2016, con 93,2 mm en 24 horas 	 

Figura 11.2 Ejemplo ficha resumen estación crítica Río Mapocho en Los Almendros, página 2

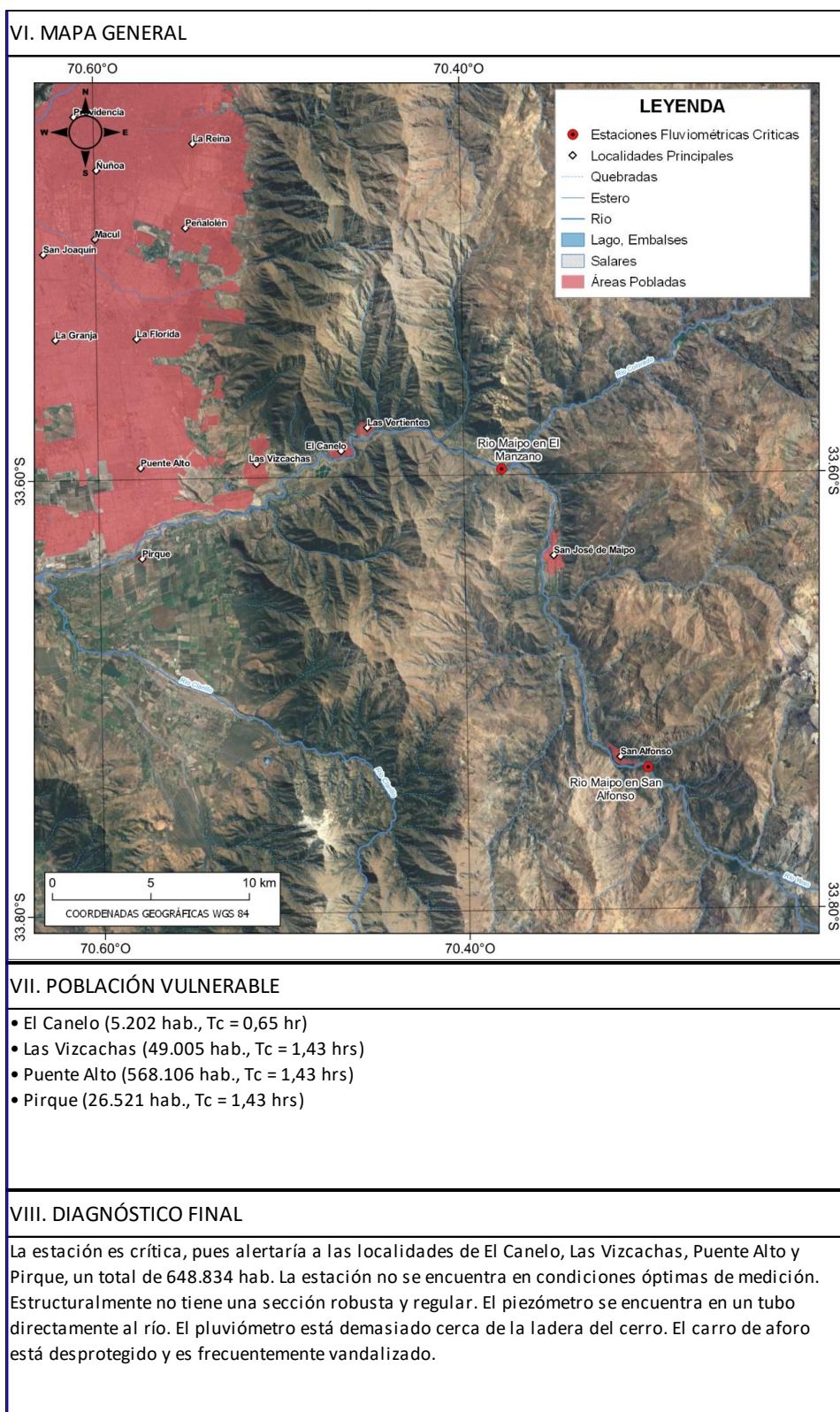


Figura 11.3 Ejemplo ficha resumen estación crítica Río Mapocho en Los Almendros, página 3

A modo de resumen, a partir de las fichas de las fichas de diagnóstico de las estaciones visitadas en la región se puede comentar lo siguiente.

- **Estadística general:** De las estaciones visitadas 3 poseen gran cantidad de estadística de caudales (mayor a 68 años válidos) y 2 estaciones una cantidad media (39 y 26 años válidos) y 1 estación no visitada, la cual posee poca estadística (10 años válidos). Sobre las precipitaciones, la instrumentación es más reciente, con estadística de entre 7 y 18 años válidos.
- **Obras existentes y deficiencias:**
 - **Acceso:** Las estaciones tienen un muy buen acceso. Son cercanas a la población, y existen casos en los que la estación no tiene ningún tipo de resguardo (3) y casos en los que la estación queda en un terreno privado (3).
 - **Emplazamiento:** De las estaciones visitadas se observó que dos estaciones (Maipo en El Manzano y Colina en Peldehue) están muy bien posicionadas frente al cauce, con secciones rectas tanto aguas arriba, como aguas abajo. En las demás estaciones hay problemas de curvas que pueden ser aguas arriba o aguas abajo, mucho sedimento en el cauce o vegetación. La estación de Molina antes San Francisco no fue visitada por lo que no se tienen mayores antecedentes de este aspecto.
 - **Estructura:** Estructuralmente todas las estaciones visitadas presentan deficiencias. La mayoría son estructuras antiguas y de muros guía por una ladera del cauce. Las estaciones Mapocho en Los Almendros y Molina antes San Francisco son las únicas que poseen un muro guía de mejores terminaciones, pero que de igual manera tiene detalles como el ángulo del ala del muro guía en la sección de entrada o la falta de un muro guía por el lado contrario al existente.
 - **Instrumentación:** La estación Maipo en San Alfonso no presenta ningún instrumento, ya que se encuentra fuera de operación. La estación Colina en Peldehue posee sólo un piezómetro. Las demás estaciones poseen instrumentación completa, pero con detalles sobre su ubicación en el caso de los pluviómetros por árboles que hacen sombra, y en el caso del piezómetro por su instalación en tubos que van directamente colocados en el río.

- **Otros:** Un aspecto recurrente en la región es el vandalismo. Esto ocurre en estaciones que tienen un acceso fácil al lado de un camino público. El caso más grave corresponde al río Colina en Peldehue, que ha sido vandalizado en múltiples ocasiones. Otros detalles particulares son la estación de Mapocho en Los Almendros, que se encuentra sobre instrumentada, con más de un sensor de precipitación y termómetro. La estación de Quebrada Ramón tiene un panal de avispas al interior de la caseta, situación que hace extremadamente peligrosa cualquier operación que se deba hacer.
- **Población vulnerable:** Dentro de la población vulnerable que se alertaría se cuentan las comunas y localidades de: Colina, Chicureo, Lo Barnechea, Vitacura, Las Condes, La Reina, Peñalolén, La Florida, Puente Alto, Pirque, Las Vizcachas, El Canelo, San José de Maipo y San Alfonso, alertando a un total de 2.024.590 habitantes.
- **Diagnóstico final:** Las estaciones visitadas lograrían alertar a una gran cantidad de población que sería susceptible a eventos hidrometeorológicos extremos. Sin embargo, las estaciones deben mejorar detalles como: las estructuras antiguas y deficientes, ubicación de los instrumentos y cierres para dar seguridad a la estación completa.

12. RED HIDROMÉTRICA CRÍTICA FINAL

A partir de todos los análisis anteriores, se definió la red hidrométrica crítica final de la región. Dicha red contiene estaciones existentes, estaciones nuevas propuestas y estaciones de “apoyo” que son estaciones que los jefes regionales de hidrología consideran de ayuda en la caracterización de las crecidas.

Algunas de las estaciones críticas preliminares fueron descartadas por motivo de que no se consideró que fueran de gran aporte en la generación de alertas a la población vulnerable ante eventos hidrometeorológicos extremos. Algunas de las estaciones descartadas son importantes en la región, ya sea por su ubicación o que son muy regulares, por lo que se consideraron como estaciones de “apoyo”, para poder dar una mejor caracterización a las crecidas que se podrían generar en las distintas cuencas de la región.

1. **Río Mapocho en Los Almendros (Estación de Apoyo):** Esta estación es parte del Protocolo DGA-ONEMI, por lo que se seleccionó preliminarmente como crítica. Tomando en cuenta la capa shape de localidades y el análisis de tiempos de concentración, el tiempo de respuesta entre la estación y el límite del Gran Santiago (sector del Arrayán) es de 7 minutos, que se considera muy corto, motivo por el cual esta estación es descartada como crítica y pasa a ser una estación de apoyo. Esta estación es un control fluviométrico de la parte alta de la cuenca, y entrega información sobre crecidas que ocurren sobre la cota 900 m.s.n.m. En la visita a terreno se observaron deficiencias estructurales, como la falta de una sección de aforo robusta, ya que cuenta con solo un muro guía y tiene el lecho natural del cauce, además de las defensas aguas arriba que están perpendiculares al cauce. También tiene falencias en la ubicación del piezómetro, el que se encuentra en un tubo ubicado directamente en el río. Dada la importancia histórica de la estación y su cercanía a la población, es que se selecciona como estación de apoyo.
2. **Estero Yerba Loca antes junta San Francisco (Estación de Apoyo):** En conversaciones con la inspección fiscal se consideró importante tener al menos esta estación como estación de apoyo, para ser monitoreada paralelamente a las estaciones críticas. El objetivo es poder dar un tiempo de respuesta mayor a la estación Río Molina antes junta San Francisco, que queda más abajo en la cuenca.

12.1 Estaciones Críticas Finales

A continuación, se resumen los argumentos por los cuales se seleccionaron las estaciones críticas finales y observaciones importantes de sus falencias.

1. **Río Colina en Peldehue:** A partir del análisis realizado en el punto 8.1, las poblaciones vulnerables identificadas corresponden la comuna de Colina. Esta estación es un control fluviométrico de la parte alta de la cuenca del río Colina. Sin embargo, en las visitas a terreno se observaron deficiencias estructurales, tales como: muro antiguo, sección del muro es diagonal, presenta un pequeño canal de aforo, por el frente no existe el muro guía contrario y posee lecho natural. La estación no mide precipitación y no está habilitada para transmitir datos. Un problema grave en esta estación es el vandalismo recurrente, la caseta tiene daños por disparos cosa que no se ha observado en otras estaciones.
2. **Río Molina en San Francisco:** La población vulnerable que se distingue corresponde a la comuna de Lo Barnechea, en el sector El Arrayán. Dada su ubicación da un tiempo de respuesta mayor que Mapocho en Los Almendros. Esta estación no pudo ser visitada y se cuenta sólo con antecedentes generales. En los antecedentes es posible observar que posee un muro guía por el lado de los instrumentos, y una losa de empedrado. Como falencia está la falta de un segundo muro guía al frente del muro actual, para tener una sección de aforo robusta.
3. **Río Maipo en El Manzano:** Esta estación es parte del protocolo DGA-ONEMI, por lo que se seleccionó preliminarmente como crítica. Observando la capa shape de localidades y en imágenes satelitales es posible distinguir población vulnerable hacia aguas abajo. Esta estación es un control fluviométrico de toda la parte alta de la cuenca del río Maipo. En sus falencias se identifica una sección de aforo antigua, existe una especie de muro guía que se ha caído con el tiempo, pero necesita una reparación. En cuanto a la instrumentación, la instalación del piezómetro podría ser mejor, ya que actualmente está en un tubo que va en el río. De todas maneras, la estación es importante para alertar a una gran cantidad de población del Gran Santiago y captura la crecida de toda la parte alta de la cuenca.
4. **Río Maipo en San Alfonso:** Esta estación está fuera de operación, no se encuentra instrumentada y está ubicada muy próxima a una curva que recibe

una quebrada lateral, por lo que acarrea problemas importantes de embancamiento. Sin embargo, es una estación que se considera importante por su ubicación, alertaría por crecidas a la localidad de San Alfonso y a la localidad de San José de Maipo. Para solucionar los problemas de embancamiento, se recomienda reubicar la estación, para independizarla de la quebrada aportante de aguas abajo, y se debe dejar bajo un estándar de calidad para que opere como estación crítica.

12.2 Estaciones Nuevas

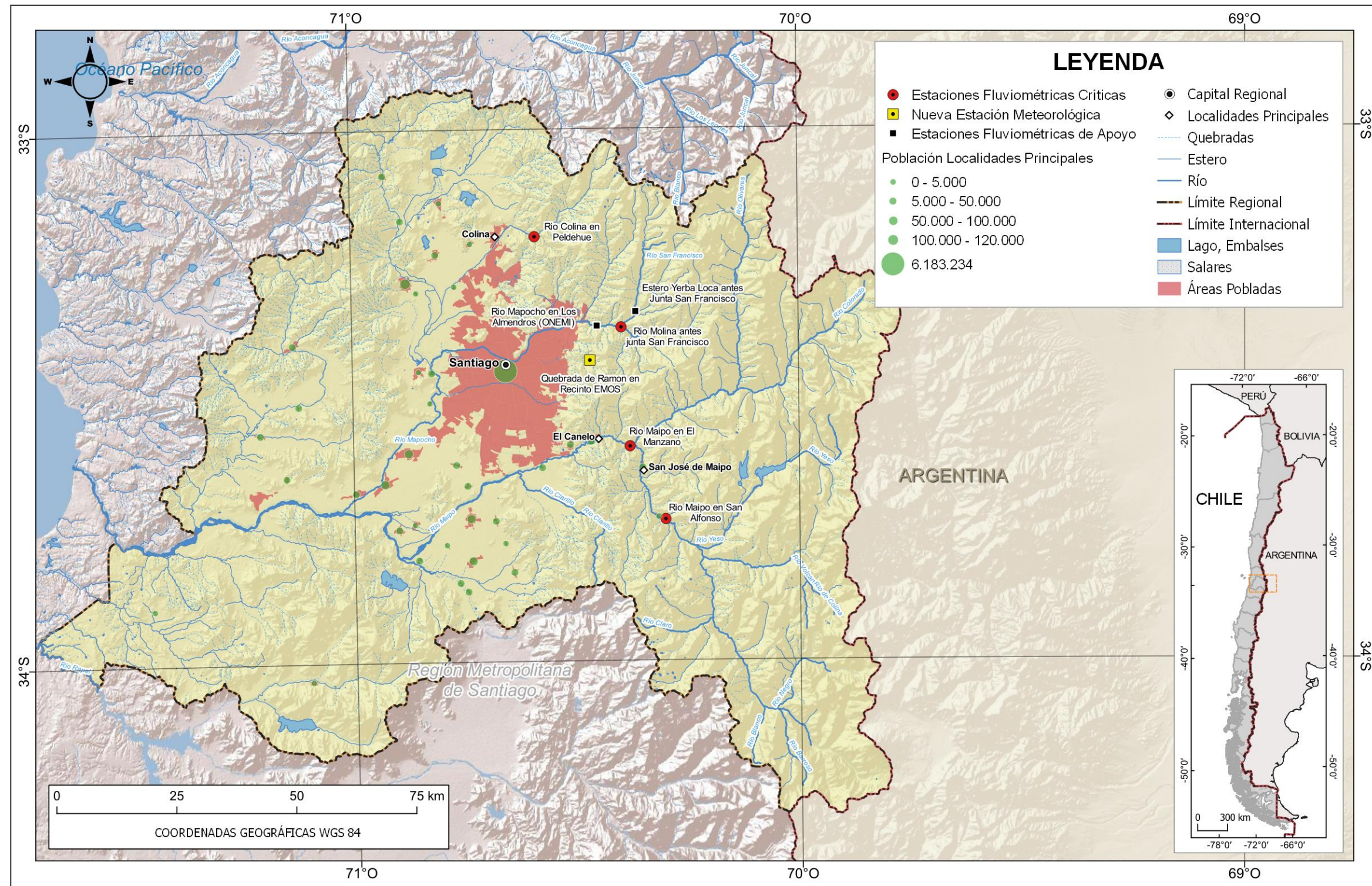
En los análisis anteriores se identificaron zonas con falta de datos para generar alertas a la población vulnerable. En estas zonas se propuso la instalación de un pluviómetro para poder estimar una crecida con un cierto tiempo de anticipación.

En el caso de la Región Metropolitana se propone la reubicación de los sensores meteorológicos de la estación denominada "Quebrada Ramón en recinto EMOS".

12.3 Red Hidrométrica Crítica Final

La Figura 12.1 muestra la configuración de la red hidrométrica final compuesta por las siguientes estaciones.

- Estaciones fluviométricas
 - Río Colina en Peldehue
 - Río Molina antes junta San Francisco
 - Río Maipo en El Manzano
 - Río Maipo en San Alfonso
- Estación meteorológica nueva (reubicada)
 - Quebrada Ramón en recinto EMOS
- Estaciones fluviométricas de apoyo
 - Río Mapocho en Los Almendros
 - Estero Yerba Loca antes junta San Francisco



13. PLAN DE ACCIÓN RED HIDROMÉTRICA

13.1 Estación Estándar

13.1.1 Estación meteorológica estándar

A continuación, se detalla y describe los instrumentos de medición, el sistema de transmisión, la estructura y seguridad, que debería contar una estación meteorológica pensando en un estándar idóneo de monitoreo para proteger a la población.

Estructura y seguridad

- Caseta

La caseta meteorológica (denominada Caseta tipo DGA) es una garita utilizada por la DGA para contener/resguardar el datalogger, batería y otros instrumentos necesarios para las mediciones atmosféricas.

Se deberá confeccionar e instalar la caseta para datalogger con pedestal de acuerdo al plano tipo DGA, se instalará mediante la construcción de fundación de hormigón de superficie 0,5x0,5m y profundidad de 0,50 m.

Las dimensiones de la caseta son 0,6 m de alto en los extremos, 0,75 m de alto en el centro, 0,90 m de ancho y 0,50 m de fondo.

Se deberá considerar la instalación de revestimiento interior mediante el uso de polietileno expandido de 30 mm de espesor y terciado marino de 10 mm de espesor.

Tendrá detalle de cerrojo de seguridad (previo a la instalación será aprobado por el IF a cargo del proyecto).

- Torre meteorológica (incluye soporte de instrumentos)

Esta torre es una estructura en la cual se colocan los instrumentos meteorológicos. Varía por los instrumentos que se utilizarán en cada estación meteorológica, debe estar acondicionado con un sistema de señales, de transmisión y de registro.

Respecto a la fundación de la torre, esta debe ser de hormigón estructural, en la que se empleará árido grueso con tamaño máximo de 1". El hormigón será de grado G20, NC 90. Cualquiera sea el modo de colocación, el hormigón deberá compactarse por vibración.

El hormigón deberá ser colocado antes de 60 minutos, medidos desde la salida de la hormigonera. El sistema de transporte será tal que permita una colocación continua. No se deberán aceptar interrupciones del hormigonado de más de 15 minutos.

El asentamiento de cono no deberá ser más de 7,0 cm. Se permitirá el uso de aditivos para hormigón, retardantes y/o plastificantes cuando sean aprobados por un IF.

La temperatura del concreto no debe ser mayor a los 32°C en el momento de colocarlo.

La torre debe ser un poste metálico de 4" de diámetro y 4,0 m de altura, debe tener un soporte de caseta metálica, antena, panel solar y sensores, con placa metálica en su base para fijación. Se deben considerar 0,50 m para instalar bajo el terreno. Además, se deben considerar 2 brazos metálicos de un metro de largo para adosar al poste metálico mediante un sistema que permita desmontaje, el objetivo es que permita alojar sensores a 1,5 m desde la base del poste.

- Cerco perimetral

El cerco es la estructura que permite limitar el acceso a la estación (de personas y animales), previniendo accidentes y el mal uso o el robo de la instrumentación.

Se deberá considerar la instalación del cerco metálico malla Eurofence (12 ml), el cual deberá instalarse perimetralmente a la caseta metálica y con postes metálicos de diámetro de 3".

Deberá tener una altura de 1,8 m y configurar un cuadrante de 3,0 x 3,0 m (9 metros cuadrados). Cabe destacar que la altura se considerada podría sufrir modificaciones debido a la zona donde se encuentra emplazada la estación, así como también las medidas de seguridad asociadas.

- Pintura

Se deberán pintar todas las estructuras metálicas con dos manos de antióxido y dos manos de pintura Triple Acción Metal de acuerdo a los colores especificados en la Tabla 13.1.

Tabla 13.1 Especificaciones técnicas pintura

Pintura estructuras		
Tipo estructura	Color	Descripción
Torres metálicas	Azul pacifico	Triple acción
Hormigones	Blanco	Caucho clorado 30R
Caseta tipo DGA	Azul pacifico	Triple acción
Mástil	Azul pacifico	Triple acción
Cercos malla Euroforence 2,50x2,50m Alt. 1,80 m	Azul pacifico	Triple acción

- Letrero identificación estación

El letrero de identificación de la Estación Meteorológica, debe cumplir con los estándares actuales de la DGA. Forma rectangular apaisada de 120 x 70 cm. Plancha de 2,5 mm de espesor, cubierto en toda su extensión con lámina reflectiva Tipo I o superior según Norma ASTM 4956. Debe poseer tratamiento anticorrosivo, letras tipo vial, con el logotipo del MOP y DGA, entre otras. A continuación, se presentan las características principales.

Tabla 13.2 Especificaciones técnicas letrero de identificación

Letreros de identificación para estaciones Fluviométricas o Hidrometeorológicas		
N°	Características	Exigencias
1	Forma	Rectangular apaisada 1,20 x 0,70 m
2	Plancha	Acero laminado en caliente de 2.5 mm de espesor, galvanizado en caliente, según Norma ASTM 123, con un mínimo de 65 µm (micras) de espesor. Además, debe contar con perforaciones para su soporte en los postes Omega.
3	Anverso	El fondo de la placa deberá cubrirse con lámina reflectante al menos Tipo I de acuerdo a la Norma ASTM 4956 de color blanco o Vinilo fundido autoadhesivo de 2.0 milésimas de pulgada de grosor, con adhesivo sensible a la presión y removible con calor, ambas láminas deben ser compatibles con impresión digital con tintas solventes e impresión con equipos electrostáticos. Los símbolos y leyendas se realizarán mediante impresión digital con tintas solventes e impresión con equipos electrostáticos. La señal además deberá contar con una lámina para la protección contra los rayos UV.
4	Color Fondo	Azul: Modelo de color RGB, Rojo:68, Verde:114, Azul:196
5	Letras y Dimensiones	Tipo: gobCL, color blanco. Texto 1: Estación Fluviométrica, altura de letra mínima 35 mm, centrado, en una línea. Texto 2: Nombre Estación, altura de letra mínima 40 mm, según la extensión del texto debe ser ajustado en 2 líneas, negrita, centrado. Texto 3: Información Estación, altura de letra mínima 35 mm, centrado. Iconos de medición: centrados.
6	Logotipo	MOP/DGA, Red Hidrométrica Nacional e Iconos de Medición serán proporcionados por DGA, según estación.
7	Código QR	Será proporcionado por DGA, según estación.
8	Postes	2 postes del tipo Omega de 3,0 m, 2,5 mm de espesor con tratamiento anticorrosivo mediante galvanizado en caliente, según Norma ASTM 123, con un mínimo de 65 µm (micras) de espeso
9	Fundaciones Postes	Corresponderá a Hormigón G-10 o H-10.
10	Fijaciones	8 pernos por letrero (tuercas y golillas, 4 por poste). Pernos zincados de 6,0X64 mm, tuercas zincadas.



Figura 13.1 Letrero tipo identificación estación

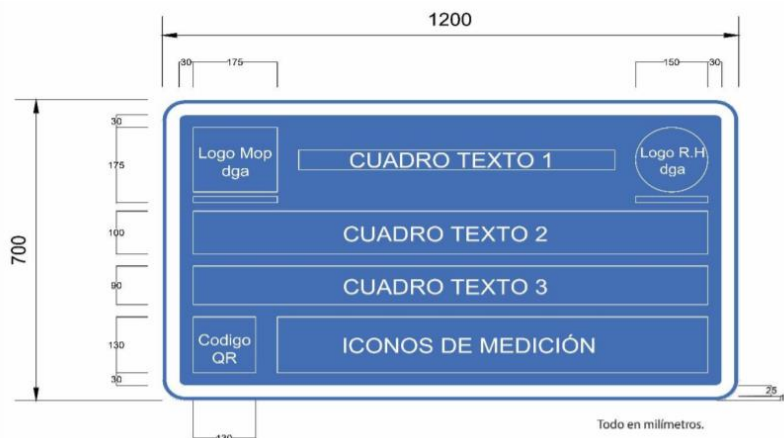


Figura 13.2 Dimensiones letrero tipo identificación estación

- Letrero de peligro

El letrero de peligro advierte y debe prevenir la circulación peatonal o vehicular en el recinto de la estación meteorológica. Debe cumplir con los estándares actuales del MOP y la DGA.

Las placas deben cubrirse por el anverso con lámina retrorreflectante color blanco Tipo I o superior según Norma ASTM 4956. Los símbolos y letras podrán ser elaborados de las siguientes formas:

1. Confección de plantilla para las letras y autoadhesivo para los 3 logotipos (Ministerial, D.G.A. y Calavera de Peligro) que se incluyen, o
2. Confección con autoadhesivo único que incluye las letras y logotipos.



Figura 13.3 Letrero tipo peligro estación

Los textos deben ser considerando los colores que se presentan en la Tabla 13.3.

Tabla 13.3 Especificaciones Letrero de Peligro

Peligro	Rojo
Prohibido el uso y acceso a personas no autorizadas	Negro
La Dirección General de Aguas no se responsabiliza por accidentes ocurridos en sus instalaciones.	Azul

- Letrero advertencia de inundación y Letrero de vía de evacuación

El letrero de advertencia de inundación es para prevenir la circulación peatonal o vehicular en zonas de peligro (Figura 13.4).

El letrero de vía de evacuación tendrá como función indicar la dirección de evacuación hacia las zonas seguras durante los eventos extremos (Figura 13.5).

Los letreros deberán cumplir con el ícono y textos en un vinilo reflectivo, estarán en planchas de aluminio de 800 x 600 mm de 2,5 mm de espesor, con esquinas redondas. La cara posterior se terminará con 2 manos de pintura gris y la cara anterior se terminará con lámina reflectante Tipo: alta densidad.

Los postes de sustentación serán de un perfil de acero galvanizado, tipo omega de 110 mm de ancho, 38 mm de alto y 2,5 mm de espesor y se protegerán con 2 manos de esmalte negro.

El largo será de 3.000 mm y será reforzado con una lámina de acero de 2,5 mm de espesor, 80 mm de ancho y 1.750 mm de longitud, que se extenderá a partir de 920mm de la parte superior y alcanzará a 300mm de la extremidad interior.

Las placas se deberán fijar a los postes con pernos zincados de 6,0 x 64 mm, las tuercas también serán zincadas y ambos deberán estar ajustados según lo dispuesto en la NCH 301.



Figura 13.4 Letrero tipo zona de inundación

Diseñado por C. Bravo; R. Pardo, N. Salamanca & A. Fuentealba (2021). UTP INRHED -EMERGE.



Figura 13.5 Letrero tipo de vía de evacuación

Diseñado por C. Bravo; R. Pardo N. Salamanca & A. Fuentealba (2021). UTP INRHED -EMERGE.

Instrumentos

- Plataforma satelital

La plataforma satelital sirve para la transmisión inalámbrica de los datos. Se recomienda el uso de una plataforma de instalación fija, con una manga de montaje que sea de fácil instalación a un mástil externo.

Se recomienda un datalogger, que venga en conjunto con la plataforma satelital. El datalogger es un registrador de datos remoto para las estaciones meteorológicas y su finalidad es proporcionar acceso instantáneo a datos ambientales específicos del sitio en cualquier lugar.

Tabla 13.4 Especificaciones técnicas plataforma satelital

Plataformas satelitales		
N°	Características	Exigencias
1	Rango voltaje de entrada	Operable en el rango 11 volt a 14 volt
2	Temperatura de operación	A lo menos -40°C a +50°C
3	Humedad	A lo menos 0% a 85% H/R (no condensado)
4	Consumo horario de la plataforma	Stand-by máximo 30 mA
		Uso GPS inferior o igual 355 mA, y transmisión (en base a 300Bd) máximo 4,5A
5	Software	Basado en Windows
6	Software aplicación	Incluido para cada equipo en español y/o inglés, con sus respectivas licencias en caso de ser necesario. Debe trabajar en Windows XP y 7 como mínimo
7	Status	Leds indicadores
8	Cable comunicación	Debe incluir cable de comunicación a puerto USB del computador
Etapa de Almacenamiento de datos		
1	Memoria de almacenamiento	Mínimo 2MB, y tarjeta electrónica o similar: para rescate de datos (Incluida)
2	Intervalos de grabación	Mínimo 5, 15, 30 min.; 1, 12 y 24 hrs
3	Tipo y cantidad de señales de entrada de datos	A lo menos 12 canales SDI-12 (lógicos), 1 canal de pulso y 4 entradas de Voltaje
4	Precisión de reloj	Máximo 1 min/mes
5	Procesos	Debe contar con la posibilidad de añadir offset (pendiente y constante de la recta) por parámetro
6	Extracción de archivos	Texto sin codificar, TXT, EXCEL o CSV
Etapa Transmisión		
1	Satélite	GOES CS2
2	Certificación	NESDIS (Incluir certificado)
3	Velocidad de transmisión	Compatible con sistema satelital GOES de la NOAA. (al menos con 300 Bd)
4	Mantenimiento horario	Con GPS
5	Potencia de salida	Compatible con satélite GOES
6	Rango frecuencia	Cubre al menos 401,701 (CH01) a 402,0985 (CH266) MHZ
7	FailSafe	Reset físico o por software
8	Protocolo	ASCII
9	Rango voltaje de entrada	Operable al menos en el rango 11 volt a 14 volt
10	Mensaje transmisión	Deseable sin codificar. En caso contrario, incluir proceso de decodificación.
11	Accesorios por transmisor	Antena de transmisión con mínimo 8 metros de cable; Antena GPS mínimo 5 metros de cable
12	Conector antena transmisión	Tipo N o Adaptador a N (Salida a RF)

- Panel Solar

Proporciona energía a la estación meteorológica, aprovechando la energía solar para su carga y generando energía electricidad durante las 24 horas del día. Se consideró para el presupuesto un panel solar de 40w.

Tabla 13.5 Especificaciones técnicas Panel Solar

Paneles solares 40 watts y 12 volts		
N°	Características	Exigencias
1	Potencia máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	Mínimo 40 Watts
2	Corriente de carga	Mínimo 2,3 A
3	Voltaje a circuito abierto (VOC)	Mínimo 17 Volts
4	Celda	Policristalino o Monocristalino
5	Regulador de voltaje y protecciones	Compatible para el panel solar con salida a 12 V (incluido)
6	Temperatura de operación	Al menos -40°C a +50°C
7	Peso	Máximo 8 kilogramos
8	Cable	Mínimo 10 m de longitud con conductores diferenciados (ej.: colores, números, etc.) Debe venir conectado al panel solar.
9	Soporte y protección	Brazo ajustable en azimut-elevación para mástil de 2 ^{1/4} a 3 ^{1/4} pulgadas de diámetro. Alta resistencia a la acción del viento y condiciones climáticas extremas. El sistema de soporte debe venir instalado al panel.

- Batería

Las baterías son necesarias para guardar la carga del panel solar. Se contempla una batería de tipo 55Ah. En la Tabla 13.6, se presentan las especificaciones técnicas contempladas.

Tabla 13.6 Especificaciones técnicas Batería 55Ah

Batería 55Ah		
N°	Características	Exigencias
1	Tipo	12V/55 Ah. Sellada de libre de mantención
2	Voltaje nominal	12 V
3	Capacidad nominal mínima	Capacidad nominal mínima 20 hrs a 2.75 A 10.5V, 55Ah
4	Temperatura operación	Mínimo -5°C a +-50°C (carga y descarga)
5	Ciclo de vida	Mínimo 500 ciclos
6	Peso máximo	20 kg
7	Dimensiones máximas	300mm x 300mm x 200mm
8	Calidad	Alta calidad en componentes y operación, Tipo PowerSonic, Hace, entre otras.

- Pluviómetro

El pluviómetro es el instrumento empleado para la recolección y medición de datos de precipitaciones. Se considera que las estaciones meteorológicas deben tener un pluviómetro que mida de modo fiable y preciso tanto la cantidad, como intensidad de precipitaciones en estado líquido, sólido y mezclado. Se recomienda para las estaciones meteorológicas un pluviómetro al menos con las características descritas en la Tabla 13.7.

Tabla 13.7 Especificaciones técnicas pluviómetro

Sensor de Precipitación		
N°	Características	Exigencias
1	Tipo	Tippingbucket
2	Resolución o peso pulso	0,1 mm
3	Peso	Máximo 4 kg
4	Diámetro colector	≤ 12 pulgadas
5	Altura máxima	Máximo 65 cm
6	Temperatura de operación	al menos de 0°C a +50°C
7	Error de medición	≤ 5%
8	Largo cable comunicación	≥ 8 m
9	Señal de salida	Pulso
10	Soporte y protección	Fijación para instalación en mástil de 2 1/4 a 3 1/4 pulgadas de diámetro que otorgue alta resistencia a la acción del viento y condiciones climáticas extremas

- Sensor de Precipitación disdrómetro

El disdrómetro es un instrumento utilizado para medir la distribución del tamaño de la gota y la velocidad de las precipitaciones que caen. Se recomienda utilizar disdrómetro para estaciones que se encuentren en zonas de transición (entre la precordillera y cordillera). En la Tabla 13.8 se presentan las características mínimas a considerar.

Tabla 13.8 Especificaciones técnicas disdrómetro

Sensor de Precipitación y Disdrómetro		
N°	Características	Exigencias
1	Tipo	Radar
2	Consumo	≤ 100 mA
3	Peso	Máximo 1 kg
4	Protección	Al menos IP 65
5	Temperatura de operación	Al menos -20°C a +50°C
6	Error de medición	≤ 10%
7	Largo del cable	≥ 8 metros
8	Tipo de precipitación	Al menos discriminar, nieve, lluvia y granizo
9	Señal de salida	SDI - 12
10	Alimentación	Operable a 12 Volts
11	Soporte y protección	Fijación para instalación en mástil o brazo

- Sensor de Temperatura y Humedad

El termómetro es un instrumento empleado para medir la temperatura a diversas horas del día en una estación. Se considera para las estaciones meteorológicas un transmisor de temperaturas con las características descritas en la Tabla 13.9.

Tabla 13.9 Especificaciones técnicas sensor de temperatura y humedad

Sensor de Temperatura y Humedad		
N°	Características	Exigencias
1	Alimentación	Operable a 12 Volt
2	Rango de medición	A lo menos: -20°C a +50°C. 0% a 100% Humedad Relativa del aire.
3	Precisión de temperatura	≤ ± 0,5°C
4	Precisión de humedad	≤ + 5% de humedad
5	Señal de salida	SDI-12
6	Consumo	Máximo 25 mA
7	Cable conexión	Largo ≥ 8 metros y conductores diferenciados (ej: colores, números, etc.)
8	Protección	Pagoda protección solar incluida
9	Soporte	Fijación para instalación en mástil de 2 1/4 a 3 1/4 pulgadas de diámetro que otorgue alta resistencia a la acción del viento y condiciones climáticas extremas

- Diseño de Estación Meteorológica

Se considera dos tipos de estaciones, la estación meteorológica estándar que contempla un pluviómetro para la medición de precipitaciones líquidas y la estación meteorológica de transición, esta última estará ubicada en sectores que estén a

mayor altitud y presentará un disdrómetro para medir precipitaciones líquidas y sólidas.

En la Tabla 13.10 muestra el presupuesto final asociado a la construcción de la estación meteorológica estándar con la opción de un pluviómetro convencional y la ** Los letreros de zona de inundación y de vía de evacuación serán emplazados cercano a poblaciones vulnerables.

Tabla 13.11 el presupuesto asociado a la opción de un disdrómetro (para zonas de transición de precipitación).

Tabla 13.10 Presupuesto estación meteorológica estándar, pluviómetro convencional

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
1	Estructura				
1.1	Instalación de Faena	un	1	\$ 988.000	\$ 988.000
1.2	Limpieza y Despeje del Terreno	un	1	\$ 590.200	\$ 590.200
1.3	Pollos de hormigón H-25	un	6	\$ 35.000	\$ 210.000
1.4	Torre Meteorológica 4 m (incluye soporte de instrumentos)	un	1	\$ 749.372	\$ 749.372
1.6	Pintura	un	1	\$ 757.055	\$ 757.055
1.7	Cerco Perimetral 3,0m x 3,0m	gl	1	\$ 1.615.172	\$ 1.615.172
1.8	Letrero de Identificación de la Estación	gl	1	\$ 455.000	\$ 455.000
1.9	Letrero de Peligro	gl	1	\$ 78.000	\$ 78.000
1.10	Letrero de Zona de inundación y Vía de Evacuación**	gl	1	\$ 150.952	\$ 150.952
2	Instrumental				
2.1	Plataforma Satelital (incluye transmisor + datalogger y antena)	un	1	\$ 3.104.400	\$ 3.104.400
2.2	Panel Solar 40W	un	1	\$ 113.400	\$ 113.400
2.3	Batería 55AH	un	1	\$ 144.000	\$ 144.000
2.4	Pluviómetro modelo RG1(400), con 10 m de cable	un	1	\$ 624.000	\$ 624.000
2.5	Sensor de Temperatura y Humedad	un	1	\$ 696.000	\$ 696.000
2.6	Caseta tipo DGA	un	1	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
				Total Neto	\$ 11.975.551
				IVA (19%)	\$ 2.275.355
				Total	\$ 14.250.906

** Los letreros de zona de inundación y de vía de evacuación serán emplazados cercano a poblaciones vulnerables.

Tabla 13.11 Presupuesto estación meteorológica estándar, disdrómetro

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
1	Estructura				
1.1	Instalación de Faena	un	1	\$ 988.000	\$ 988.000
1.2	Limpieza y Despeje del Terreno	un	1	\$ 590.200	\$ 590.200
1.3	Pollos de hormigón H-25	un	6	\$ 35.000	\$ 210.000
1.4	Torre Meteorológica 4 m (incluye soporte de instrumentos)	un	1	\$ 749.372	\$ 749.372
1.6	Pintura	un	1	\$ 757.055	\$ 757.055
1.7	Cerco Perimetral 3,0m x 3,0m	gl	1	\$ 1.615.172	\$ 1.615.172
1.8	Letrero de Identificación de la Estación	gl	1	\$ 455.000	\$ 455.000
1.9	Letrero de Peligro	gl	1	\$ 78.000	\$ 78.000
1.10	Letrero de Zona de inundación y Vía de Evacuación**	gl	1	\$ 150.952	\$ 150.952
2	Instrumental				
2.1	Plataforma Satelital (incluye transmisor + datalogger y antena)	un	1	\$ 3.104.400	\$ 3.104.400
2.2	Panel Solar 40W	un	1	\$ 113.400	\$ 113.400
2.3	Batería 55AH	un	1	\$ 144.000	\$ 144.000
2.4	Sensor Precipitación / Disdrómetro, con 10 m de cable	un	1	\$ 1.050.000	\$ 1.050.000
2.5	Sensor de Temperatura y Humedad	un	1	\$ 696.000	\$ 696.000
2.6	Caseta tipo DGA	un	1	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Total Neto					\$ 12.401.551
IVA (19%)					\$ 2.356.295
Total					\$ 14.757.846

** Los letreros de zona de inundación y de vía de evacuación serán emplazados cercano a poblaciones vulnerables.

13.1.2 Estación fluviométrica estándar

A continuación, se detalla y describe los instrumentos de medición, el sistema de transmisión, la estructura y seguridad, que debería contar una estación estándar pensando en un estándar idóneo de monitoreo para proteger a la población.

Construcción y Estructura

- Enrocado de entrada y salida

El enrocado es un tipo de defensas fluviales que, se coloca en las estaciones fluviométricas, generalmente en su base para proteger de la erosión de los cauces.

Las piedras o rocas que se usarán en el enrocado deberán ser sanas, sin grietas u otras imperfecciones, y no deben presentar señales de meteorización. Además, deberán ser de formas regulares adecuadas para la ejecución de las obras, evitándose el uso de aquella con forma de cuña.

El volumen de las piedras a usar no deberá ser menor que 40 L, y su menor espesor deberá ser igual o superior a 30 cm. También podrá usarse piedra chancada que cumpla con los requisitos de calidad, forma y tamaños antes indicados.

El mortero para asentamiento de las piedras se hará con una mezcla de una parte de cemento Portland por dos partes de arena en volumen, además se podrá agregar como aditivo, una cantidad de cal hidratada igual al 10% del cemento en volumen. Mientras que el cemento Portland usado deberá cumplir con las normas chilenas de fabricación, envase y transporte, y su almacenamiento en obras.

Las piedras, previamente limpias y mojadas, para asegurar que ellas no absorban agua del mortero, se colocarán asentándolas firmemente sobre una capa de mortero, hasta que la mezcla empiece a salir por la parte inferior y ésta quede fija y estable.

El espesor mínimo del mortero entre los distintos elementos será de 3,0 cm. Los espacios entre las piedras que forman la mampostería deberán ser llenados con piedras chicas o lajas hasta presentar una superficie aproximadamente plana.

Entre el terreno existente y los elementos pétreos y el mortero no deben quedar huecos.

La mampostería deberá mantenerse húmeda durante el trabajo de relleno de las juntas y por lo menos hasta por tres días después del término.

- Gaviones de protección de laderas aguas arriba aguas abajo

Estructuras en forma de canasta rectangular, construidos con una malla metálica de acero inoxidable o hierro galvanizado. Tiene diferentes usos, siendo el más común el control de erosión de ríos y canales.

La construcción de gaviones debe considerar una cama de apoyo, consiste en material del cauce compactado en forma manual cuidadosamente en capas de espesores no mayor a 10 cm.

Previo a la colocación de la cama de apoyo, se deberá emparejar el fondo de la excavación, eliminando gravas o elementos de cantos angulosos.

Además, se debe considerar el relleno del respaldo de muro de gaviones con material del cauce compactado en forma manual, en capas de espesores no mayores a los 15 cm.

La compactación se debe realizar en la superficie de la capa de material en la condición óptima de humedad.

Los gaviones deberán estar constituidos por módulos de forma prismática y sección rectangular, construidos con mallas de alambre, divididos en compartimientos por medio de diafragmas o tabiques interiores del mismo tipo de mallas, y rellenos con piedras o bloques de roca.

Los gaviones deberán tener las dimensiones que se indiquen en cada proyecto, con una tolerancia de $\pm 5\%$.

La malla deberá consistir de un tejido de alambre, con triple torsión dejando aberturas de forma hexagonal alargada de 2,4 mm de diámetro, aceptándose una tolerancia máxima de hasta el 3,0% en el diámetro.

La calidad del acero deberá ser la adecuada para obtener alambres por trefilado. El contenido máximo de carbono será 0,10% y los contenidos máximos de Fósforo y

Azufre serán de 0,04% y 0,05%, respectivamente. La resistencia media a la ruptura por tracción estará comprendida entre 370 MPa y 490 MPa.

Las aristas o bordes de los gaviones deberán ser reforzados para impedir que la malla se deshiele. El alambre a usar en estos refuerzos deberá tener un diámetro al menos un 20% mayor que el de la malla.

El alambre para amarre y para tirantes deberá ser similar al de la malla tanto en lo concerniente a diámetro como la calidad del acero y del recubrimiento de protección.

Todos los alambres empleados en el tejido de las mallas, aristas, tirantes y amarres de los módulos deberán ser galvanizados.

Se utilizarán gaviones galvanizados ejecutados según el procedimiento de inmersión en un baño de zinc fundido con una pureza mínima de 99,15% en peso. El galvanizado tendrá un peso no menor que 240g de zinc por m² de superficie cubierta.

Tabla 13.12 Características Gaviones

Gaviones		
N°	Características	Exigencias
1	Abertura de la malla nominal	80x120 mm
2	Diámetro alambre malla	2,4 mm
3	Diámetro alambre borde	3,0 mm
4	Diámetro de los alambres costuras	2,4 mm
5	Resistencia de los alambres	40-50 kg/mm ²

El armado se debe efectuar a través de la costura de las distintas aristas que conforman los gaviones. Todos deben ir amarrados entre sí, tanto que son adyacentes, como los que están interpuestos. Se recomienda utilizar encofrados metálicos o de madera.

Para el relleno de los gaviones se deberán utilizar piedras naturales de canto o canto vivo, debiéndose evitar utilizar las piedras con aristas vivas en los gaviones en contacto directo con la malla de alambre recubierto. Las piedras deben ser planas, duras y no alterables por el agua o los agentes atmosféricos.

- Canal o sección de aforo

Su función es dirigir el flujo para que los instrumentos puedan medir el caudal que tiene el cauce.

Para la construcción de sección de aforo debe considerarse un ancho y largo según el diseño de la estación. Para la confección de la estación fluviométrica estándar se consideró un ancho de 4 metros y largo de 6 metros. Esta sección debe estar compuesta por un canal de aguas bajas de 1 metro de ancho y 30 cm de profundidad, y una losa de radier de 3 metros de ancho con una pendiente de un 1%. También deben considerarse muros laterales de 1,5 metros de alto y 25 cm de ancho con una longitud de 6 metros. Estos muros deben considerar tanto en aguas arriba como aguas abajo muros de encauzamientos de 1 metro de alto y 25 cm de ancho. Finalmente se deberá considerar enrocado de protección tanto aguas arriba como aguas abajo de la sección de aforo. En la siguiente figura se aprecian la ubicación de esta obra.

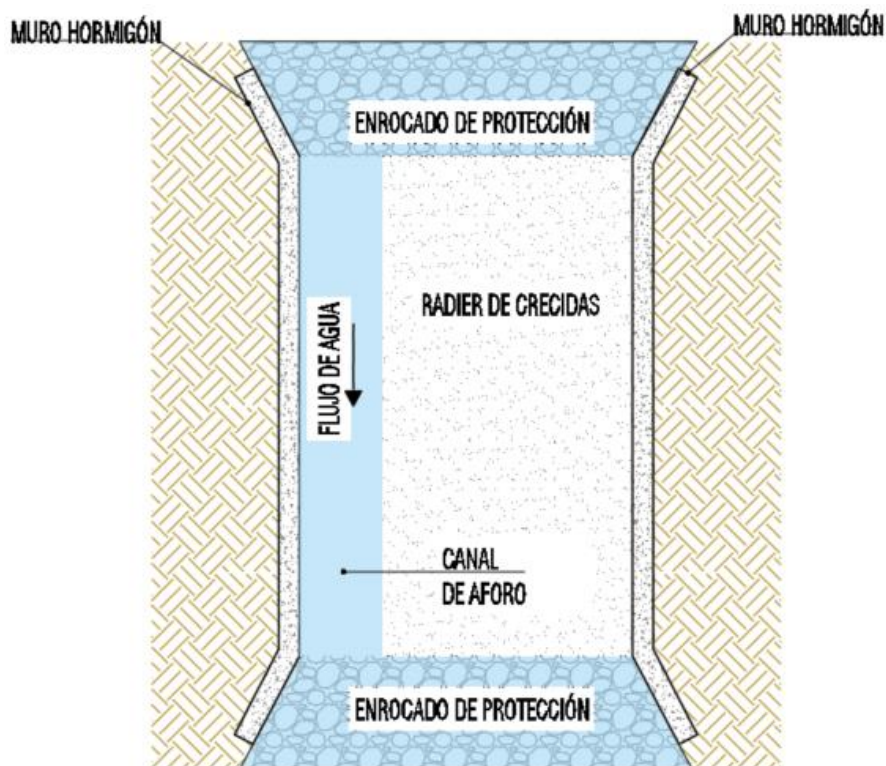


Figura 13.6 Sección de Aforo

- Losa o radier de crecida

Canal hecho en una estación fluviométrica, el cual debe aguantar un caudal de crecida mínimo de T=50 años. Su sección depende del diseño de la estación. Para la estación fluviométrica estándar se consideró con un ancho de 3,0 metros y una pendiente de un 1%, según lo mencionado en el punto anterior.

- Muros guía o estructurales

Sirven para mantener una sección de control en la estación fluviométrica. Generalmente, se construyen con hormigones de alta resistencia, por ejemplo: hormigón de G-30. En el punto de sección de aforo se hace mención de las medidas que se recomienda para los muros guías.

- Estructura para instalación del sensor de nivel

Para la instalación del sensor de nivel se deberá empotrar en el muro guía (ribera izquierda) un perfil cuadrado de 100 x 100 mm por toda la altura del muro, más 50 cm bajo la cota del radier. Este perfil debe tener puertas de inspección y aducciones de 2", ubicada a una distancia máxima de 30 cm de la regla limnimétrica.

- Carro de aforo

El carro de aforo debe ser diseñado según planos que entregue la DGA. En la construcción e instalación del carro de aforo, debe considerarse la construcción de la fundación para el montaje de las torres metálicas la cual será determinada según el diseño de cada estación fluviométrica. Para el caso de la estación fluviométrica estándar se consideró fundaciones con el espesor de al menos 1,0 m y un área de 3,8 m x 3,8 m, que en total corresponden a un volumen aproximado de 14,5 m³. En esta losa de fundación estarán comprendidos los apoyos de las torres, las cuales contemplan la instalación de 4 fierros con resaltes de 20 mm de diámetro por pata de la torre. La armadura de la losa de hormigón deberá estar constituida por un enmallado de fierro con resaltes de 20 mm de diámetro, a una separación de 30 cm

entre fierros, que comprenda todo su volumen. Las fundaciones deben ser construidas en ambas riberas del cauce.

Respecto a la construcción e instalación de 2 torres de 4 patas, deben ser construidas según planos entregados por la DGA. La altura dependerá del diseño que se haga para cada estación.

Respecto a la adquisición, montaje y tensado de cable de acero. Se deberá seguir diagrama de tensado, con una longitud indicada según diseño de cada estación, deberá ser fijado en sus extremos con grilletes nuevos tipo Crosby, 16 unidades en total, al igual que los dos guardacabos.

- Bodega para carro de aforo

Bodega para guardar el carro de aforo. Se recomienda que sea una estructura de bloques o muros de hormigón con una puerta metálica.

- Escalines de acceso

Los escalines corresponden a la escalera de acceso para visualizar el nivel del cauce en la regla limnimétrica.

- Cerco perimetral

El cerco es para limitar el acceso a la estación, previniendo accidentes y el mal uso o el robo de la instrumentación.

Se deberá considerar la instalación del cerco metálico malla Eurofence (12 ml), el cual deberá instalarse perimetralmente a la caseta metálica y con postes metálicos de diámetro de 3".

Deberá tener una altura de 1,8 m y configurar un cuadrante de 3,0 x 3,0 m (9,0 metros cuadrados). Cabe destacar que la altura se considerada podría sufrir modificaciones debido a la zona donde se encuentra emplazada la estación, así como también las medidas de seguridad asociadas.

- Caseta DGA

La caseta meteorológica (denominada Caseta tipo DGA) es una garita utilizada por la DGA para contener/resguardar el datalogger, batería y otros instrumentos necesarios para las mediciones atmosféricas.

Se deberá confeccionar e instalar la caseta para datalogger con pedestal de acuerdo al plano tipo DGA, se instalará mediante la construcción de fundación de hormigón de superficie 0,5x0,50 m y profundidad de 0,5 m.

Las dimensiones de la caseta son 0,6 m de alto en los extremos, 0,75 m de alto en el centro, 0,90 m de ancho y 0,50 m de fondo.

Se deberá considerar la instalación de revestimiento interior mediante el uso de polietileno expandido de 30 mm de espesor y terciado marino de 10 mm de espesor, Además se considera cerrojo de seguridad.

- Torre meteorológica (incluye soporte de instrumentos)

Esta torre es una estructura en la cual se colocan los instrumentos meteorológicos. Varía por los instrumentos que se utilizarán en cada estación meteorológica, debe estar acondicionado con un sistema de señales, de transmisión y de registro.

Respecto a la fundación de la torre, esta ser de hormigón estructural, en la que se empleará árido grueso con tamaño máximo de 1". El hormigón será de grado G20, NC 90. Cualquiera sea el modo de colocación, el hormigón deberá compactarse por vibración.

El hormigón deberá ser colocado antes de 60 minutos, medidos desde la salida de la hormigonera. El sistema de transporte será tal que permita una colocación continua. No se deberán aceptar interrupciones del hormigonado de más de 15 minutos.

El asentamiento de cono no deberá ser más de 7 cm. Se permitirá el uso de aditivos para hormigón, retardantes y/o plastificantes cuando sean aprobados por un IF.

La temperatura del concreto no debe ser mayor a los 32°C en el momento de colocarlo.

La torre debe ser un poste metálico de 4" de diámetro y 4 m de altura, debe tener un soporte de caseta metálica, antena, panel solar y sensores, con placa metálica en su base para fijación. Se deben considerar 0,5 m para instalar bajo el terreno.

Se deben considerar 2 brazos metálicos de un metro de largo para adosar al poste metálico mediante un sistema que permita desmontaje, el objetivo es que permita alojar sensores a 1,5 m desde la base del poste.

- Pintura

Se deberán pintar todas las estructuras metálicas con dos manos de antióxido y dos manos de pintura Triple Acción Metal de acuerdo a colores especificados en la Tabla 13.13.

Tabla 13.13 Especificaciones técnicas pintura

Pintura estructuras		
Tipo estructura	Color	Descripción
Torres metálicas	Azul pacifico	Triple acción
Hormigones (Fundaciones y machones)	Blanco	Caucho clorado 30R
Cable andarivel	Blanco	Caucho clorado 30R
Caseta tipo DGA	Azul pacifico	Triple acción
Mástil	Azul pacifico	Triple acción
Escalera acceso a regla	Azul pacifico	Triple acción
Cerco malla Euroforence 2,50x2,50m. Alt. 1,80 m	Azul pacifico	Triple acción

- Letrero identificación estación

El letrero de identificación de la Estación Fluviométrica, debe cumplir con los estándares actuales de la DGA. Forma rectangular apaisada de 120 x 70 cm. Plancha de 2,5 mm de espesor, cubierto en toda su extensión con lámina reflectiva Tipo I o superior según Norma ASTM 4956. Debe poseer tratamiento anticorrosivo, letras tipo vial, con el logotipo del MOP y DGA, entre otras. A continuación, en la Tabla 13.14 se presentan las características principales.

Tabla 13.14 Especificaciones técnicas letrero de identificación

Letreros de identificación para estaciones Fluviométricas o Hidrometeorológicas		
N°	Características	Exigencias
1	Forma	Rectangular apaisada 1,20 x 0,70 m
2	Plancha	Acero laminado en caliente de 2.5 mm de espesor, galvanizado en caliente, según Norma ASTM 123, con un mínimo de 65 µm (micras) de espesor. Además, debe contar con perforaciones para su soporte en los postes Omega.
3	Anverso	El fondo de la placa deberá cubrirse con lámina reflectante al menos Tipo I de acuerdo a la Norma ASTM 4956 de color blanco o Vinilo fundido autoadhesivo de 2.0 milésimas de pulgada de grosor, con adhesivo sensible a la presión y removible con calor, ambas láminas deben ser compatibles con impresión digital con tintas solventes e impresión con equipos electrostáticos. Los símbolos y leyendas se realizarán mediante impresión digital con tintas solventes e impresión con equipos electrostáticos. La señal además deberá contar con una lámina para la protección contra los rayos UV.
4	Color Fondo	Azul: Modelo de color RGB, Rojo:68, Verde:114, Azul:196
5	Letras y Dimensiones	Tipo: gobCL, color blanco.
		Texto 1: Estación Fluviométrica, altura de letra mínima 35 mm, centrado, en una línea.
		Texto 2: Nombre Estación, altura de letra mínima 40 mm, según la extensión del texto debe ser ajustado en 2 líneas, negrita, centrado.
6	Logotipo	MOP/DGA, Red Hidrométrica Nacional e Iconos de Medición serán proporcionados por DGA, según estación.
7	Código QR	Será proporcionado por DGA, según estación.
8	Postes	2 postes del tipo Omega de 3,0 m., 2,5 mm de espesor con tratamiento anticorrosivo mediante galvanizado en caliente, según Norma ASTM 123, con un mínimo de 65 µm (micras) de espeso
9	Fundaciones Postes	Corresponderá a Hormigón G-10 o H-10.
10	Fijaciones	8 pernos por letrero (tuercas y golillas, 4 por poste). Pernos zincados de 6X64 mm, tuercas zincadas.



Figura 13.7 Letrero tipo identificación estación

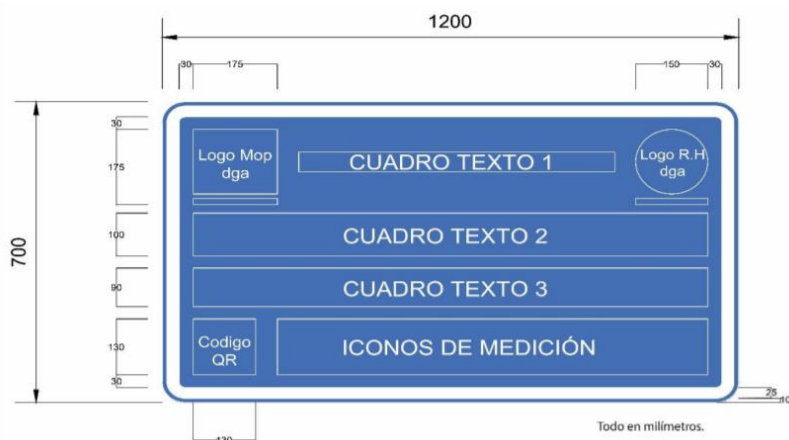


Figura 13.8 Dimensiones letrero tipo identificación estación

- Letrero de peligro

El letrero de peligro advierte y debe prevenir la circulación peatonal o vehicular en el recinto de la estación meteorológica. Debe cumplir con los estándares actuales del MOP y la DGA.

Las placas deben cubrirse por el anverso con lámina retrorreflectante color blanco Tipo I o superior según Norma ASTM 4956. Los símbolos y letras podrán ser elaborados de las siguientes formas:

1. Confección de plantilla para las letras y autoadhesivo para los 3 logotipos (Ministerial, D.G.A. y Calavera de Peligro) que se incluyen, o
2. Confección con autoadhesivo único que incluye las letras y logotipos.



Figura 13.9 Letrero tipo peligro estación

Los textos deben ser considerando los colores que se presentan en Tabla 13.15.

Tabla 13.15 Especificaciones Letrero de Peligro

Peligro	Rojo
Prohibido el uso y acceso a personas no autorizadas	Negro
La Dirección General de Aguas no se responsabiliza por accidentes ocurridos en sus instalaciones.	Azul

- Letrero advertencia de inundación y Letrero de vía de evacuación

El letrero de advertencia de inundación es para prevenir la circulación peatonal o vehicular en zonas de peligro (Figura 13.10).

El letrero de vía de evacuación tendrá como función indicar la dirección de evacuación hacia las zonas seguras durante los eventos extremos (Figura 13.11).

Los letreros deberán cumplir con el ícono y textos en un vinilo reflectivo, estarán en planchas de aluminio de 800x600mm de 2,5mm de espesor, con esquinas redondas. La cara posterior se terminará con 2 manos de pintura gris y la cara anterior se terminará con lámina reflectante Tipo: alta densidad.

Los postes de sustentación serán de un perfil de acero galvanizado, tipo omega de 110 mm de ancho, 38 mm de alto y 2,5 mm de espesor y se protegerán con 2 manos de esmalte negro.

El largo será de 3.000 mm y será reforzado con una lámina de acero de 2,5 mm de espesor, 80 mm de ancho y 1.750 mm de longitud, que se extenderá a partir de 920 mm de la parte superior y alcanzará a 300 mm de la extremidad interior.

Las placas se deberán fijar a los postes con pernos zincados de 6,0x64 mm, las tuercas también serán zincadas y ambos deberán estar ajustados según lo dispuesto en la NCH 301.



Figura 13.10 Letrero tipo zona de inundación

Diseñado por C. Bravo; R. Pardo, N. Salamanca & A. Fuentealba (2021). UTP INRHED -EMERGE.



Figura 13.11 Letrero tipo vía de evacuación

Diseñado por C. Bravo; R. Pardo, N. Salamanca & A. Fuentealba (2021). UTP INRHED -EMERGE.

Instrumentos

- Sensor de nivel

Instrumento para medir el nivel de agua, el cual debe tener las características mínimas descritas en la Tabla 13.16.

Tabla 13.16 Especificaciones técnicas de sensor de nivel

Sensor de nivel		
N°	Características	Exigencias
1	Protocolo de comunicación	SDI-12
2	Unidad de medición	metros y °C
3	Compensación	Por temperatura
4	Precisión nivel	Presión atmosférica a través de capilar integrado $\pm 0,05\%$ en relación al valor final del margen de medición
5	Temperatura de compensación	Rango mínimo 0°C a +30°C
6	Precisión temperatura	$\leq 1^\circ\text{C}$
7	Temperatura de servicio	Al menos -10°C a +50°C
8	Alimentación eléctrica	Operable a 12 volt
9	Carcasa	Titanio o Acero inoxidable
10	Consumo eléctrico	Pasivo ≤ 1 mA
11	Dimensiones	Diámetro ≤ 35 mm, largo ≤ 30 cm
12	Tipo de membrana y protección	Membrana cerámica o metálica, con su protección respectiva
13	Desecante para capilar	Incluido
14	Cable conexión	Conductores diferenciados

El sensor debe tener la capacidad de conectarse al sistema de transmisión satelital que ya está instalado a la estación fluviométrica seleccionada.

- Tuberías o Barbacanas para sensor

Corresponde a la instalación de tuberías galvanizadas de diámetro de 3", la longitud depende del proyecto. Esta tubería será utilizada para llevar y proteger el cable del sensor de nivel que se instalará en la sección de aforo y cuyo extremo opuesto del cable se conectará con el equipo de almacenamiento instalar al interior de la caseta metálica.

La tubería deberá atravesar la sección de aforo por debajo de éste, hasta conectar con la estructura del sensor de nivel empotrada en muro guía.

Se debe considerar, además, la fijación de parte de la tubería en roca existente en el cauce.

- Regla limnimétrica

Forman parte del equipo básico de una estación fluviométrica para medir la medición del nivel del agua o flujo. Estas se empotrarán en el muro de hormigón proyectado.

Esta partida debe incluir todos los materiales necesarios, incluyendo la fijación o empotramiento de la regla limnimétrica. Debe asegurarse la medición desde la cota de fondo hasta la cota de crecida para T=50 años, según muestre el plano de cada proyecto.

La instalación de la regla limnimétrica, deberá realizarse referenciada a la coordenada geodésica y cota de monolito PR.

Las especificaciones técnicas para la confección de la regla limnimétrica y fichas de fierro fundido son las siguientes:

- Las reglas de fierro fundido gris, de 120 mm de ancho por 1 metro de largo y 20 mm de espesor, con división en decímetros y centímetros en relieve, y precisión milimétrica.
- Espesor bajo relieve será de 12 mm
- Las dimensiones de la numeración tendrán 50 mm de altura, en relieve, dispuestos en un ancho de 30 mm y línea de 100 mm de largo con espesor de 5 mm cada 100 mm
- Las graduaciones de la regla serán de 0 a 100, destacándose en sobre relieve los centímetros y los decímetros, debiendo tener la regla una medida exacta de 1,00 metros.
- Las reglas y las fichas deben contar con un tratamiento anticorrosivo.
- El fondo de la regla y las fichas deben ser de color blanco, en tanto las graduaciones de la regla y la numeración de la ficha deben destacar en color azul pacífico. La pintura será de alta calidad (Stierling o Chilcorrofin) para asegurar su durabilidad.
- La regla debe llevar distribuida en forma uniforme, 6 orejas perforadas, tres por cada lado, dispuestas conforme a lo especificado en plano tipo.
- En el costado superior izquierdo, deberá llevar una placa de 52 mm de ancho por 100 mm de largo, como lo indica el plano, con el objeto de colocar la ficha con la respectiva numeración que indica la regla.

- Las fichas indicativas serán de fierro fundido gris y fijadas sobre la placa mencionada en el párrafo anterior, deben ser fabricadas con las siguientes dimensiones; 100 mm de alto por 95 mm de ancho con 15 mm de espesor, además de contar con 2 orificios de 3/8 para apernarlas a la placa.
- La regla debe llevar distribuida en forma uniforme, 6 perforaciones de 3/8", las cuales no deben alterar la graduación de esta.
- Una vez fabricada se deberá presentar la muestra para verificar que cumple con las especificaciones, previo a la autorización formal de confección de las reglas y juegos de fichas.

- Pluviómetro

El pluviómetro es un instrumento empleado para la recolección y medición de datos de precipitaciones. Se considera que en las estaciones fluviométricas también deben tener un pluviómetro que mida de modo fiable y preciso tanto la cantidad, como intensidad de precipitaciones en estado líquido, sólido y mezclado. Se recomienda para las estaciones fluviométricas un pluviómetro al menos con estas características descritas en la Tabla 13.17.

Tabla 13.17 Especificaciones técnicas pluviómetro

Sensor de Precipitación		
N°	Características	Exigencias
1	Tipo	Tippingbucket
2	Resolución o peso pulso	0,1 mm
3	Peso	Máximo 4 kg
4	Diámetro colector	≤ 12 pulgadas
5	Altura máxima	Máximo 65 cm
6	Temperatura de operación	al menos de 0°C a +50°C
7	Error de medición	≤ 5%
8	Largo cable comunicación	≥10
9	Señal de salida	Pulso
10	Soporte y protección	Fijación para instalación en mástil de 2 1/4 a 3 1/4 pulgadas de diámetro que otorgue alta resistencia a la acción del viento y condiciones climáticas extremas

- Sensor de Temperatura y Humedad

El termómetro es un instrumento empleado para medir la temperatura a diversas horas del día en una estación. Se considera para las estaciones fluviométricas tanga

un sensor de temperaturas con las siguientes características mencionadas en la Tabla 13.18.

Tabla 13.18 Especificaciones técnicas termómetro

Sensor de Temperatura y Humedad		
N°	Características	Exigencias
1	Alimentación	Operable a 12 Volt
2	Rango de medición	A lo menos: -20°C a +50°C. 0% a 100% Humedad Relativa del aire.
3	Precisión de temperatura	$\leq \pm 0,5^\circ\text{C}$
4	Precisión de humedad	$\leq + 5\%$ de humedad
5	Señal de salida	SDI-12
6	Consumo	Máximo 25 mA
7	Cable conexión	Largo ≥ 8 metros y conductores diferenciados (ej: colores, números, etc.)
8	Protección	Pagoda protección solar incluida
9	Soporte	Fijación para instalación en mástil de $2 \frac{1}{4}$ a $3 \frac{1}{4}$ pulgadas de diámetro que otorgue alta resistencia a la acción del viento y condiciones climáticas extremas

- Panel Solar

Proporciona energía a la estación meteorológica, aprovechando la energía solar para su carga y generando energía electricidad durante las 24 horas del día. Se consideró para el presupuesto un panel solar de 40w.

Tabla 13.19 Especificaciones técnicas de Paneles Solares

Paneles solares 40 watts y 12 volts		
N°	Características	Exigencias
1	Potencia máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	Mínimo 40 Watts
2	Corriente de carga	Mínimo 2,3 A
3	Voltaje a circuito abierto (VOC)	Mínimo 17 Volts
4	Celda	Policristalino o Monocristalino
5	Regulador de voltaje y protecciones	Compatible para el panel solar con salida a 12 V (incluido)
6	Temperatura de operación	Al menos -40°C a +50°C
7	Peso	Máximo 8 kilogramos
8	Cable	Mínimo 10 m de longitud con conductores diferenciados (ej.: colores, números, etc.) Debe venir conectado al panel solar.
9	Soporte y protección	Brazo ajustable en azimut-elevación para mástil de $2 \frac{1}{4}$ a $3 \frac{1}{4}$ pulgadas de diámetro. Alta resistencia a la acción del viento y condiciones climáticas extremas. El sistema de soporte debe venir instalado al panel.

- Batería

Las baterías son necesarias para que guardar carga de los paneles solares, se recomienda tener dos, para cada panel solar. También se considera que deberán ser de tipo 55Ah.

Tabla 13.20 Especificaciones técnicas Batería 55Ah

Batería 55Ah		
N°	Características	Exigencias
1	Tipo	12V/55 Ah. Sellada de libre de mantención
2	Voltaje nominal	12 V
3	Capacidad nominal mínima	Capacidad nominal mínima 20 hrs a 2.75 A 10.5V, 55Ah
4	Temperatura operación	Mínimo -5°C a +-50°C (carga y descarga)
5	Ciclo de vida	Mínimo 500 ciclos
6	Peso máximo	20 kg
7	Dimensiones máximas	300mm x 300mm x 200mm
8	Calidad	Alta calidad en componentes y operación, Tipo PowerSonic, Hace, entre otras.

- Plataforma Satelital

La plataforma satelital sirve para la transmisión inalámbrica de los datos. Se recomienda el uso de una plataforma de instalación fija, con una manga de montaje que sea de fácil instalación a un mástil externo.

Se recomienda un datalogger, que venga en conjunto con la plataforma satelital. El datalogger es un registrador de datos remoto para las estaciones meteorológicas y su finalidad es proporcionar acceso instantáneo a datos ambientales específicos del sitio en cualquier lugar.

Tabla 13.21 Especificaciones técnicas Plataforma Satelital

Plataformas satelitales		
N°	Características	Exigencias
1	Rango voltaje de entrada	Operable en el rango 11 volt a 14 volt
2	Temperatura de operación	A lo menos -40°C a +50°C
3	Humedad	A lo menos 0% a 85% H/R (no condensado)
4	Consumo horario de la plataforma	Stand-by máximo 30 mA
		Uso GPS inferior o igual 355 mA, y transmisión (en base a 300Bd) máximo 4,5A
5	Software	Basado en Windows
6	Software aplicación	Incluido para cada equipo en español y/o inglés, con sus respectivas licencias en caso de ser necesario. Debe trabajar en Windows XP y 7 como mínimo
7	Status	Leds indicadores
8	Cable comunicación	Debe incluir cable de comunicación a puerto USB del computador

Etapa de Almacenamiento de datos

1	Memoria de almacenamiento	Mínimo 2MB, y tarjeta electrónica o similar: para rescate de datos (Incluida)
2	Intervalos de grabación	Mínimo 5, 15, 30 min.; 1, 12 y 24 hrs
3	Tipo y cantidad de señales de entrada de datos	A lo menos 12 canales SDI-12 (lógicos), 1 canal de pulso y 4 entradas de Voltaje
4	Precisión de reloj	Máximo 1 min/mes
5	Procesos	Debe contar con la posibilidad de añadir offset (pendiente y constante de la recta) por parámetro
6	Extracción de archivos	Texto sin codificar, TXT, EXCEL o CSV

Etapa Transmisión

1	Satélite	GOES CS2
2	Certificación	NESDIS (Incluir certificado)
3	Velocidad de transmisión	Compatible con sistema satelital GOES de la NOAA. (al menos con 300 Bd)
4	Mantenimiento horario	Con GPS
5	Potencia de salida	Compatible con satélite GOES
6	Rango frecuencia	Cubre al menos 401,701 (CH01) a 402,0985 (CH266) MHZ
7	FailSafe	Reset físico o por software
8	Protocolo	ASCII
9	Rango voltaje de entrada	Operable al menos en el rango 11 volt a 14 volt
10	Mensaje transmisión	Deseable sin codificar. En caso contrario, incluir proceso de decodificación.
11	Accesorios por transmisor	Antena de transmisión con mínimo 8 metros de cable; Antena GPS mínimo 5 metros de cable
12	Conector antena transmisión	Tipo N o Adaptador a N (Salida a RF)

- Diseño de Estación Fluviométrica

Se considera que el diseño de la estación fluviométrica estará dado por el caudal asociado a un periodo de retorno de 50 años. Además de la accesibilidad y altitud de donde se emplazará la estación, se debe considerar una ingeniería de detalle respaldada por estudios específicos del lugar donde se instalarán las estaciones, tales como:

- Estudio geomorfológico
- Estudio topográfico (+ aerofotogramétrico y batimétrico)
- Estudio hidrológico
- Estudio hidráulico (+Modelación hidráulica 1D y 2D)
- Diseño y verificación de las obras (para T=50 años y T=100 años)
- Informe de mecánica de suelos
- Descripción detallada de las obras propuestas.

En la Tabla 13.22 se muestra el presupuesto final asociado a la construcción de la estación fluviométrica estándar.

Tabla 13.22 Presupuesto estación fluviométrica estándar

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
1	Construcción y estructura				
1.1	Instalación de Faena	un	1	\$ 1.950.000	\$ 1.950.000
1.2	Limpieza y Despeje del Terreno	un	1	\$ 1.856.400	\$ 1.856.400
1.3	Desembanque y Encauzamiento	un	1	\$ 2.031.120	\$ 2.031.120
1.4	Enrocado de Protección	un	1	\$ 37.453	\$ 37.453
1.5	Gaviones (1,0x1,0m+fundación 1,5x0,5m)	gl	1	\$ 5.180.630	\$ 5.180.630
1.6	Construcción de Sección de Aforo	gl	1	\$ 3.075.000	\$ 3.075.000
1.7	Muros Estructurales (Ambas riberas)	gl	2	\$ 3.472.300	\$ 6.944.600
1.8	Estructura para Instalación del Sensor de Nivel	gl	1	\$ 700.000	\$ 700.000
1.9	Carro de Aforo (incluye cable, soporte, base concreto y torre para el carro)	un	1	\$ 15.775.000	\$ 15.775.000
1.10	Escalines de acceso a la regla limnimétrica	un	1	\$ 139.750	\$ 139.750
1.11	Pollos de hormigón H-25	un	5	\$ 35.000	\$ 175.000
1.12	Cerco Perimetral 3,0m x 3,0m	gl	1	\$ 1.615.172	\$ 1.615.172
1.13	Caseta DGA	un	1	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
1.14	Torre Meteorológica 4 m (incluye soporte de instrumentos)	un	1	\$ 749.372	\$ 749.372
1.15	Pintura General de Estructuras	gl	1	\$ 757.055	\$ 757.055
1.16	Letreros de Identificación de la Estación	gl	1	\$ 455.000	\$ 455.000
1.17	Letrero Peligro	gl	1	\$ 78.000	\$ 78.000
1.18	Letrero de Zona de inundación y Vía de Evacuación**	gl	1	\$ 150.952	\$ 150.952
2	Instrumental				
2.1	Fluviométrica				
2.1.1	Sensor de nivel (con 10 m de cable autocompensado)	un	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
2.1.2	Regla Limnimétrica	un	1	\$ 310.050	\$ 310.050
2.2	Meteorológica				
2.2.1	Pluviómetro modelo RG1(400), con 10 m de cable	un	1	\$ 624.000	\$ 624.000
2.2.2	Sensor de Temperatura y Humedad	un	1	\$ 696.000	\$ 696.000
2.3	Estación				
2.3.1	Batería 55AH	un	1	\$ 144.000	\$ 144.000
2.3.2	Plataforma Satelital (incluye transmisor + datalogger y antena)	un	1	\$ 3.104.400	\$ 3.104.400
2.3.3	Panel Solar 40W	un	1	\$ 113.400	\$ 113.400
3	Diseño				
3.1	Diseño de Estación Fluviométrica (incluye planos y memorias de cálculo)	gl	1	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000
				Total Neto	\$ 64.862.354
				IVA (19%)	\$ 12.323.847
				Total	77.186.201

** Los letreros de zona de inundación y de vía de evacuación serán empleados cercano a poblaciones vulnerables.

13.2 Valorización de la Red

La valorización de la red corresponde a una estimación de los costos de una red totalmente nueva a los precios actuales. Para realizar la valorización se utilizaron licitaciones históricas. Se clasificaron las estaciones de acuerdo a su caudal de 50 años de periodo de retorno en estaciones pequeñas, medianas, grandes con losa y grandes sin losa. Además, se inflató el precio por un factor que pondera la accesibilidad de la estación para llegar a un valor final de la estación de la red. La Tabla 13.23 muestra el valor de las estaciones fluviométricas perteneciente a la red Metropolitana, sumando un total de \$1.344 millones de pesos. En el **Anexo 11** se incluyen los cálculos de la estimación de los precios. En la red hidrométrica final se incluye una estación meteorológica con pluviómetro tipo disdrómetro, con lo que el costo total de implementación asciende a **\$1.359 millones de pesos**.

Tabla 13.23 Valor de las estaciones fluviométricas críticas Red Metropolitana

Código BNA	Nombre	Q T=50 (m ³ /s)	Clasificación	Factor	Precio
057200001-4	Río Molina antes junta San Francisco	32,42	Pequeña	1	\$ 67.419.706
05735001-6	Río Colina en Peldehue	235,81	Grande Sin Losa	1	\$ 153.466.890
05704002-5	Río Maipo en San Alfonso	715,51	Grande Sin Losa	1	\$ 436.663.702
05710001-K	Río Maipo en El Manzano	1139,15	Grande Sin Losa	1	\$ 686.766.366
Total					\$ 1.344.316.664

13.3 Identificación de Brechas

La identificación de las brechas es un análisis de los ítems estructurales, instrumentales y/o diseño que le faltan a cada estación para alcanzar el estándar definido en la sección 13.1.

13.3.1 Estaciones meteorológicas

La Tabla 13.24 muestra las brechas identificadas de la estación meteorológica reubicada de la estación Quebrada Ramón en recinto EMOS. Cabe decir que esta estación quedaría emplazada a una altitud de 1.500 – 2.000 m.s.n.m., en una zona de transición del tipo de precipitación (sólida y líquida), por lo que se escogió la opción de instalar un pluviómetro tipo disdrómetro.

Tabla 13.24 Brechas estaciones meteorológicas críticas, Región Metropolitana

ITEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANTIDAD	
			Estación Estándar	Quebrada Ramón
1	ESTRUCTURA			
1.1	Instalación de Faena	un	1	1
1.2	Limpieza y Despeje del Terreno	un	1	1
1.3	Pollos de hormigón H-25	un	6	6
1.4	Torre Meteorológica 4 m (incluye soporte de instrumentos)	un	1	1
1.6	Pintura	un	1	1
1.7	Cerco Perimetral 3,0X3,0m	gl	1	1
1.8	Letrero de Identificación de la Estación	gl	1	1
1.9	Letrero de Peligro	gl	1	1
2	INSTRUMENTAL			
2.1	Plataforma Satelital (incluye transmisor + datalogger y antena)	un	1	1
2.2	Panel Solar 40W	un	1	1
2.3	Batería 55AH	un	1	1
2.4	Sensor Precipitación /Disdrómetro, con 10 m de cable	un	1	1
2.5	Pluviómetro modelo RG1(400), con 10 m de cable	un	1	0
2.6	Sensor de Temperatura y Humedad	un	1	0
2.7	Caseta tipo DGA	un	1	1

13.3.2 Estaciones fluviométricas

La Tabla 13.25 muestra las brechas identificadas de las estaciones fluviométricas críticas Río Colina en Peldehue, Río Molina antes junta San Francisco, Río Maipo en El Manzano y Río Maipo en San Alfonso. Cabe decir que para la estación del río Colina se considera una reubicación de la misma, con un estudio nuevo asociado, mismo caso para la estación del río Maipo en San Alfonso. Para ambas estaciones se considera la reutilización de los equipos para la mejor utilización de los recursos.

Tabla 13.25 Brechas estaciones fluviométricas críticas, Región Metropolitana

ITEM	DESCRIPCIÓN	UN	Cantidad				
			Estación Estándar	Colina Peldehue	Molina antes San Francisco	Maipo en el Manzano	Maipo en San Alfonso
1	CONSTRUCCIÓN Y ESTRUCTURA						
1.1	Instalación de Faena	un	1	1	1	1	1
1.2	Limpieza y Despeje del Terreno	un	1	1	1	1	1
1.3	Desembanque y Encauzamiento	un	1	1	1	1	1
1.4	Enrocado de Protección	un	1	1	1	0	0
1.5	Gaviones (1,0x1,0m+fundación 1,5x0,5m)	gl	1	1	1	0	0
1.6	Construcción de Sección de Aforo	gl	1	1	1	0	0
1.7	Muros Estructurales (Ambas riberas)	gl	2	2	1	2	2
1.8	Estructura para Instalación del Sensor de Nivel	gl	1	1	1	1	1
1.9	Carro de Aforo (incluye cable, soporte, base concreto y torre para el carro)	un	1	1	0	0	1
1.10	Escalines de acceso a la regla limnimétrica	un	1	1	1	1	1
1.11	Pollos de hormigón H-25	un	5	5	0	4	5
1.12	Cerco Perimetral 3,0m x 3,0m	gl	1	1	1	1	1
1.13	Caseta DGA	un	1	1	0	0	1
1.14	Torre Meteorológica 4 m (incluye soporte de instrumentos)	un	1	0	0	0	0
1.15	Pintura General de Estructuras	gl	1	1	1	1	1
1.16	Letreros de Identificación de la Estación	gl	1	1	1	1	1
1.17	Letrero Peligro	gl	1	1	1	1	1
1.18	Letrero de Zona de inundación y Vía de Evacuación**	gl	1				
2	INSTRUMENTAL						
2.1	Fluviométrica						
2.1.1	Sensor de nivel (con 10 m de cable autocompensado)	un	1	0	0	0	1
2.1.2	Regla Limnimétrica	un	1	1	1	1	1
2.2	Meteorológica						
2.2.1	Sensor Precipitación /Disdrómetro, con 10 m de cable	un	0	0	0	0	0
2.2.2	Pluviómetro modelo RG1(400), con 10 m de cable	un	1	1	0	0	1
2.2.3	Sensor de Temperatura y Humedad	un	1	1	0	0	1
2.3	Estación						
2.3.1	Batería 55AH	un	1	0	0	0	1
2.3.2	Plataforma Satelital (incluye transmisor + datalogger y antena)	un	1	1	0	0	1
2.3.3	Panel Solar 40W	un	1	1	0	0	1
3	DISEÑO						
3.1	Diseño de Estación Fluviométrica (incluye planos y memorias de cálculo)	gl	1	1	0	0	1

13.4 Evaluación de Costos

A partir de las brechas identificadas y el presupuesto de las estaciones estándar presentados en la sección 13.1, se elaboraron los costos de cada estación de la red hidrométrica crítica.

Para la evaluación de los costos de la estructura se utiliza una metodología de ponderación mediante factores que consideran la elevación y la accesibilidad a la estación. La Tabla 13.26 muestra los factores de ponderación en base a la elevación, considerando que las dificultades de construcción se agravan a una elevación mayor a los 3.000 m.s.n.m. La Tabla 13.27 muestra los factores de accesibilidad considerados, este es un criterio subjetivo, basado en las observaciones en terreno y en la opinión del Jefe Regional de Hidrología de la DGA, mientras que la Tabla 13.28 muestra los factores asociados a los caudales con periodo de retorno de 50 años en el caso de las estaciones fluviométricas.

Tabla 13.26 Factor elevación

Elevación [m.s.n.m]	Factor
0 – 3.000	1
3.000 – 5.000	1,4

Tabla 13.27 Factor de accesibilidad

Accesibilidad	Factor
Buena	1
Regular	1,1 – 1,3
Mala	1,4 – 1,6

Tabla 13.28 Factor tamaño estación

Tipo Estación	Tamaño estación	Rango caudal T=50 [m³/s]	Factor
1	Pequeña	> 33	0,6
2	Mediana	33-100	1
3	Grande con losa	100-200	2
4	Grande sin losa	200 >	1,5

En la Tabla 13.29 se aprecian los caudales obtenidos para un periodo de retorno de 50 años, de las estaciones críticas finales de esta región.

Tabla 13.29 Caudales asociados a un periodo de retorno de 50 años

Código BNA	Nombre	Q T=50 (m³/s)	Método	Tipo
057200001-4	Río Molina antes junta San Francisco	32,42	Transposición de Caudales	1
05735001-6	Río Colina en Peldehue	235,81	Análisis de Frecuencias	4
05704002-5	Río Maipo en San Alfonso	715,51	Análisis de Frecuencias	4
05710001-K	Río Maipo en El Manzano	1139,15	Análisis de Frecuencias	4

13.4.1 Estaciones meteorológicas

La Tabla 13.30 muestra los costos de la reubicación de la estación meteorológica Quebrada Ramón en recinto EMOS. La reubicación de esta estación contempla un lugar más elevado, sobre los 1.500 m.s.n.m., idealmente sobre 2.000 m.s.n.m. El plan de acción de esta estación asciende a un total de \$16 millones de pesos.

Tabla 13.30 Costos Plan de Acción estaciones meteorológicas

ITEM	DESCRIPCION	Quebrada Ramon en recinto EMOS
1	ESTRUCTURA	\$ 5.065.799
2	INSTRUMENTAL	\$ 6.111.800
	TOTAL NETO	\$ 11.177.599
	Factor Elevación	x 1
	Factor Accesibilidad	x 1,2
	TOTAL NETO PONDERADO	\$ 13.413.119
	IVA (19%)	\$ 2.548.493
	TOTAL	\$ 15.961.611

13.4.2 Estaciones fluviométricas

La Tabla 13.31 muestra los costos del plan de acción de las brechas de las estaciones fluviométricas, identificadas en la sección anterior. El plan de acción de las estaciones fluviométricas asciende a un total de \$212,8 millones de pesos. Las estaciones más caras

corresponden a río Colina en Peldehue y río Maipo en San Alfonso, que contemplan una reubicación y diseño completo. Las estaciones de los ríos Molina y Maipo en El Manzano necesitan mejoras estructurales menos importantes, por lo que requieren un costo económico menor.

Tabla 13.31 Costos Plan de Acción estaciones fluviométricas

ITEM	DESCRIPCION	Río Colina en Peldehue	Río Molina antes junta San Francisco	Río Maipo en El Manzano	Río Maipo en San Alfonso
1	CONSTRUCCIÓN Y ESTRUCTURA	\$ 42.470.180	\$ 21.347.880	\$ 16.667.097	\$ 34.177.097
2	INSTRUMENTAL	\$ 4.847.850	\$ 310.050	\$ 310.050	\$ 6.491.850
3	DISEÑO	\$ 15.000.000	\$ -	\$ -	\$ 15.000.000
	TOTAL NETO	\$ 62.318.030	\$ 21.657.930	\$ 16.977.147	\$ 55.668.947
	Factor Elevación	x 1	x 1	x 1	x 1
	Factor Accesibilidad	x 1	x 1	x 1	x 1
	Factor de Tamaño	x 0,6	x 1,5	x 1,5	x 1,5
	TOTAL NETO PONDERADO	\$ 37.390.818	\$ 32.486.895	\$ 25.465.721	\$ 83.503.421
	IVA (19%)	\$ 7.104.255	\$ 6.172.510	\$ 4.838.487	\$ 15.865.650
	TOTAL	\$ 44.495.073	\$ 38.659.405	\$ 30.304.207	\$ 99.369.070

13.4.3 Costo total

El costo total del plan de acción de las estaciones críticas asciende a **\$228,8 millones de pesos**. Este monto sería utilizado para llevar a la calidad de estándar definido en el estudio a 4 estaciones fluviométricas y 1 estación meteorológica.

14. RED PIEZOMÉTRICA

14.1 Variables monitoreadas, georreferenciación y sistemas hidrográficos asociados

La Región Metropolitana posee un sistema hidrométrico con 106 estaciones piezométricas. En cuanto a la distribución, se encuentran concentradas en el centro (gran Santiago) y norte de la región (sector de Tiltil), registrando una debilidad en la red hidrométrica en el sector sur, tanto al este como al oeste.

En la Figura 14.1 se muestran los Sectores Hidrológicos de Aprovechamiento Común (SHAC) y la ubicación espacial de los pozos de la región, destacando los SHAC monitoreados. Y en la Tabla 14.1 se muestran los datos principales asociados a la información de cada estación piezométrica.

Hay que mencionar que la instrumentación utilizada para obtener los niveles de pozo corresponde a mediciones manuales ejecutadas con pozómetros.

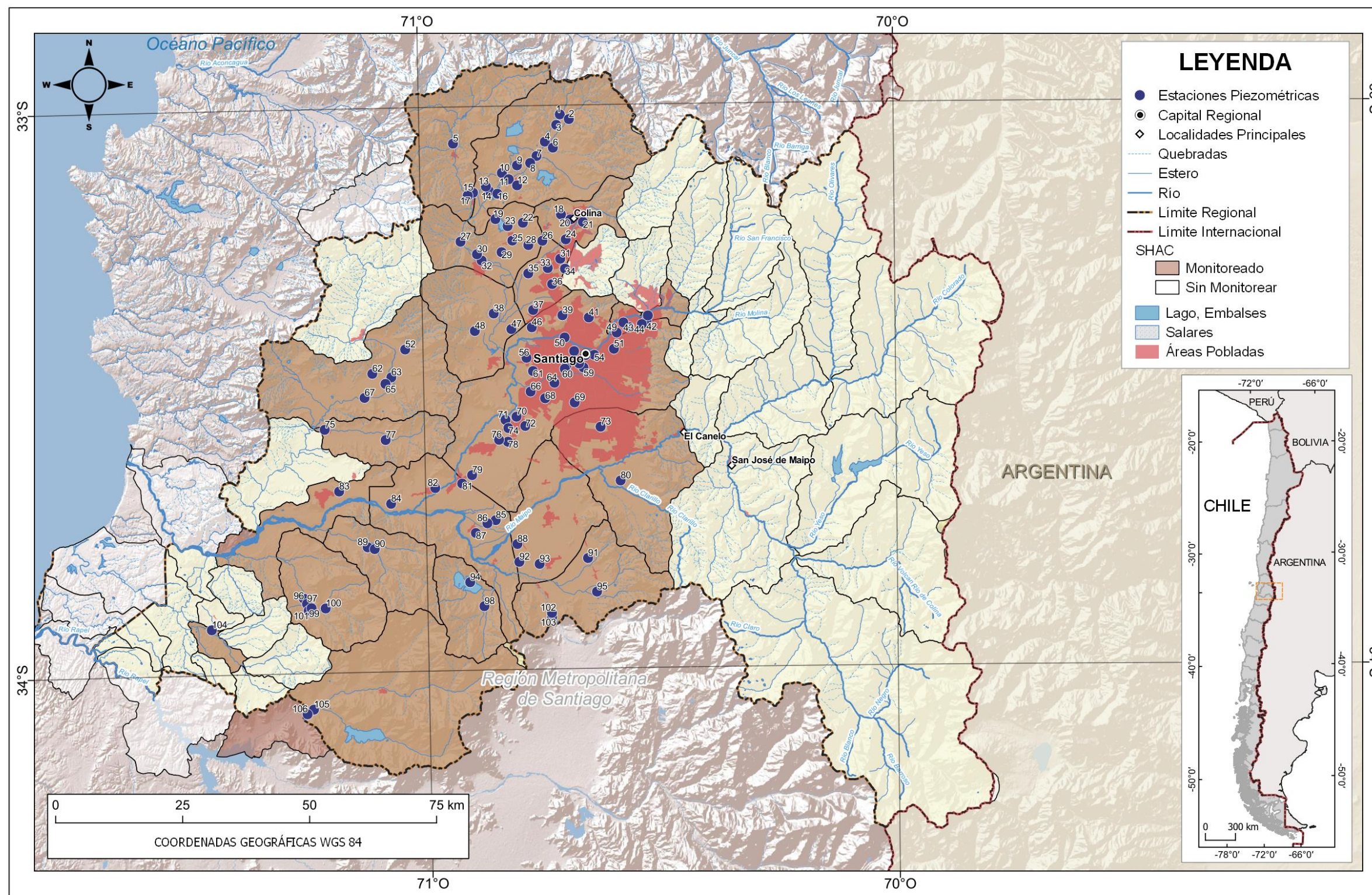


Figura 14.1 Ubicación de pozos DGA, Región Metropolitana

Tabla 14.1 Información básica pozos, Región Metropolitana

ID	Código	Nombre	Coordenadas UTM WGS84 19S		Acuífero	SHAC	Tipo Limitación	Año Inicio	Año Fin	Comportamiento
			Este	Norte						
1	05731001-4	Fundo Los Talaveras	341.010	6.345.630	Maipo	Chacabuco Polpaico	Área de Restricción	1962	2020	Dinámico
2	05731002-2	Hacienda Chacabuco	342.791	6.344.707	Maipo	Chacabuco Polpaico	Área de Restricción	1962	2020	Dinámico
3	05731003-0	Fundo Los Tahures	340.306	6.343.563	Maipo	Chacabuco Polpaico	Área de Restricción	1970	2020	Estático-Dinámico
4	05731004-9	Los Guayacanes	338.064	6.340.262	Maipo	Chacabuco Polpaico	Área de Restricción	1984	2020	Dinámico
5	05733011-2	Rincón de Los Molinos	319.980	6.339.868	Maipo	Tiltil	Área de Restricción	1984	2020	Dinámico
6	05731005-7	Asentamiento Chacabuco	339.646	6.339.071	Maipo	Chacabuco Polpaico	Área de Restricción	1989	2020	Dinámico
7	05731006-5	Cera Unión Huechún	336.424	6.337.447	Maipo	Chacabuco Polpaico	Área de Restricción	1992	2020	Estático-Dinámico
8	05732011-7	Fundo Montecarlo (Ex Venceremos)	335.175	6.336.067	Maipo	Chacabuco Polpaico	Área de Restricción	2001	2020	Estático
9	05732010-9	Asentamiento Los Maitenes	332.582	6.335.582	Maipo	Chacabuco Polpaico	Área de Restricción	1999	2020	Dinámico
10	05732003-6	Chilectra Polpaico	329.604	6.334.094	Maipo	Chacabuco Polpaico	Área de Restricción	1966	2020	Estático-Dinámico
11	05732006-0	Fundo Santa Ana	330.970	6.332.866	Maipo	Chacabuco Polpaico	Área de Restricción	1962	2016	Estático-Dinámico
12	05732007-9	Huertos Fam. Cerro Blanco	332.602	6.331.658	Maipo	Chacabuco Polpaico	Área de Restricción	1966	2020	Dinámico
13	05732005-2	Parcela 5 Polpaico	326.461	6.331.422	Maipo	Chacabuco Polpaico	Área de Restricción	1967	2020	Dinámico
14	05732004-4	Reserva Fundo Polpaico	327.037	6.330.568	Maipo	Chacabuco Polpaico	Área de Restricción	1965	2020	Dinámico
15	05733012-0	Escuela 293 Polpaico	323.929	6.330.207	Maipo	Tiltil	Área de Restricción	1989	2020	Dinámico
16	05732008-7	Fábrica Polpaico	328.728	6.330.014	Maipo	Chacabuco Polpaico	Área de Restricción	1981	2020	Dinámico
17	05733013-9	R. Fundo de San Manuel	322.885	6.329.657	Maipo	Tiltil	Área de Restricción	1989	2020	Dinámico
18	05735015-6	Fundo Reina Sur 3	341.240	6.325.942	Maipo	Colina Inferior	Área de Restricción	2007	2020	Dinámico
19	05734006-1	Fundo de Laguna	328.334	6.325.015	Maipo	Lampa	Área de Restricción	1974	2020	Dinámico
20	05735012-1	Fundo Reina Sur 1	343.108	6.324.973	Maipo	Colina Inferior	Área de Restricción	1989	2015	Dinámico
21	05735014-8	San Luis De Colina	345.571	6.324.455	Maipo	Colina Inferior	Área de Restricción	2001	2020	Estático-Dinámico
22	05734003-7	Fundo la Cadellada	333.736	6.324.291	Maipo	Lampa	Área de Restricción	1974	2020	Dinámico
23	05734007-K	Asentamiento Laguna	330.738	6.323.637	Maipo	Lampa	Área de Restricción	1989	2020	Dinámico
24	05735006-7	Lo Arcaya	342.183	6.321.029	Maipo	Colina Inferior	Área de Restricción	1974	2015	Estático-Dinámico
25	05734005-3	Entel Batuco	331.669	6.320.788	Maipo	Lampa	Área de Restricción	1974	2020	Dinámico
26	05735011-3	Parcela 7 Liray	337.583	6.320.750	Maipo	Lampa	Área de Restricción	1989	2018	Dinámico
27	05734012-6	Parcela 4 El Valle Chicauma	321.466	6.320.560	Maipo	Lampa	Área de Restricción	2007	2020	Dinámico
28	05734004-5	Fundo Santa Rosa de Lampa	334.826	6.319.896	Maipo	Lampa	Área de Restricción	1974	2020	Dinámico
29	05734008-8	Fdo. El Almendral	329.548	6.318.506	Maipo	Lampa	Área de Restricción	1992	2020	Dinámico
30	05734011-8	Fundo Santa Erminia	324.709	6.318.096	Maipo	Lampa	Área de Restricción	2001	2019	Estático-Dinámico
31	05736005-4	Pozo Fundo El Algarrobal	341.097	6.317.222	Maipo	Colina Sur	Área de Restricción	2006	2020	Dinámico
32	05734010-K	Asentamiento lo Vargas	325.617	6.316.870	Maipo	Lampa	Área de Restricción	2001	2020	Dinámico
33	05735013-K	Sanitarios Colinas	338.647	6.315.385	Maipo	Colina Sur	Área de Restricción	1990	2020	Dinámico
34	05736008-9	APR Colina Las Canteras	342.034	6.315.253	Maipo	Colina Sur	Área de Restricción	N/A	N/A	Dinámico
35	05735010-5	Asentamiento El Taqueral	334.807	6.314.326	Maipo	Colina Sur	Área de Restricción	1974	2020	Dinámico
36	05735009-1	Fundo La Montaña	339.505	6.312.232	Maipo	Colina Sur	Área de Restricción	1962	2020	Estático

ID	Código	Nombre	Coordenadas UTM WGS84 19S		Acuífero	SHAC	Tipo Limitación	Año Inicio	Año Fin	Comportamiento
			Este	Norte						
37	05730048-5	Pozo Casas de Colo Colo	335.768	6.307.127	Maipo	Colina Sur	Área de Restricción	2006	2020	Estático-Dinámico
38	05736007-0	Pozo Crucero Peralillo	327.999	6.306.435	Maipo	Santiago Norte	Área de Restricción	2006	2019	Dinámico
39	05730041-8	Pozo Vertedero Cerros de Renca	341.531	6.306.092	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	2006	2010	Dinámico
40	05730034-5	Estadio Corfo	358.354	6.306.061	Maipo	Lo Barnechea	Área de Restricción	1995	2020	Dinámico
41	05730038-8	Agua Potable Santa Victoria	346.721	6.305.659	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	2001	2020	Estático
42	05730019-1	Curamávida 729	358.073	6.304.942	Maipo	Lo Barnechea	Área de Restricción	1971	2020	Estático-Dinámico
43	05730018-3	Manizales 1980	353.532	6.304.678	Maipo	Vitacura	Área de Restricción	1984	2020	Dinámico
44	05730020-5	Estadio San Jorge	357.166	6.304.356	Maipo	Lo Barnechea	Área de Restricción	1974	2020	Estático
45	05730017-5	Av. Kennedy 6774	354.623	6.303.785	Maipo	Vitacura	Área de Restricción	1984	2020	Dinámico
46	05736002-K	Aeropuerto Pudahuel	335.499	6.303.717	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	1974	2009	Dinámico
47	05736004-6	Fundo El Peral	331.479	6.303.365	Maipo	Santiago Norte	Área de Restricción	1984	2020	Dinámico
48	05736003-8	Parcela 62 Noviciado	324.286	6.302.991	Maipo	Santiago Norte	Área de Restricción	1984	2020	Dinámico
49	05730040-K	Pozo Club de Golf	352.223	6.302.697	Maipo	Vitacura	Área de Restricción	2006	2010	Dinámico
50	05730025-6	Lazo De La Vega 4859	341.970	6.301.726	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	1972	1996	Dinámico
51	05730035-3	Colegio San Ignacio	351.673	6.299.491	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	1999	2013	Dinámico
52	05744006-6	Fundo Lolenco	310.574	6.299.346	Maipo	Puangue Medio	Área de Restricción	1984	2020	Dinámico
53	05730050-7	Matucana 741	343.826	6.299.039	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	1987	2020	Dinámico
54	05730054-K	Portugal 125	347.793	6.298.307	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	1966	2020	Dinámico
55	05730055-8	Amunategui 42	346.044	6.298.256	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	1969	2011	Dinámico
56	05730026-4	Consejo Nacional de Menores	334.455	6.297.716	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	1969	2020	Estático-Dinámico
57	05730049-3	Molina 704	344.812	6.296.612	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	1975	2015	Dinámico
58	05730028-0	5 De Abril 4534 Dinamic Oil	342.332	6.296.246	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	1984	2020	Dinámico
59	05730044-2	Pozo Parque O'Higgins	345.670	6.295.817	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	2008	2019	Dinámico
60	05730036-1	Liquidadora Carbones	342.000	6.295.576	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	1998	2020	Dinámico
61	05730027-2	Hijuela El Olivo	335.737	6.295.108	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	1984	2020	Dinámico
62	05744004-K	Asentamiento Santa Emilia	304.097	6.294.558	Maipo	Puangue Medio	Área de Restricción	1981	2020	Dinámico
63	05744005-8	Fundo Santa Rita	307.842	6.293.856	Maipo	Puangue Medio	Área de Restricción	1984	2020	Dinámico
64	05730037-K	Ap. Cerrillos	339.964	6.292.811	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	1999	2020	Dinámico
65	05744007-4	Fundo El Parrón	306.685	6.292.573	Maipo	Puangue Medio	Área de Restricción	1998	2020	Dinámico
66	05730056-6	Planta A.P. El Almendral	335.266	6.291.065	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	2004	2016	Estático-Dinámico
67	05744008-2	Fundo Baracaldo	302.570	6.289.815	Maipo	Puangue Medio	Área de Restricción	1998	2020	Dinámico
68	05730053-1	Camino a Melipilla 10803	338.124	6.289.750	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	2004	2020	Estático
69	05730043-4	Pozo Cementerio Metropolitano	343.942	6.288.934	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	2004	2010	Dinámico
70	05737009-2	Fundo San Alberto Marruecos	332.491	6.286.125	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	1962	2010	Dinámico
71	05737014-9	Fundo Santa Lucia	330.322	6.285.500	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	1998	2019	Dinámico
72	05737015-7	A.P. Santa Rosa	334.218	6.284.304	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	1989	2020	Dinámico
73	05730045-0	Pozo INIA	349.039	6.284.157	Maipo	Pirque	Área de Restricción	2006	2017	Dinámico

ID	Código	Nombre	Coordenadas UTM WGS84 19S		Acuífero	SHAC	Tipo Limitación	Año Inicio	Año Fin	Comportamiento
			Este	Norte						
74	05737017-3	Pozo Agrícola Hermanos Poblete	330.891	6.283.889	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	2006	2019	Estático-Dinámico
75	05745003-7	A.P. Bollenal	294.723	6.283.534	Maipo	La Higuera	Área de Restricción	1989	2020	Dinámico
76	05737011-4	Asentamiento Malloco	329.053	6.281.575	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	1969	2020	Estático-Dinámico
77	05745002-9	Fundo San Patricio	306.726	6.281.529	Maipo	La Higuera	Área de Restricción	1992	2020	Dinámico
78	05737010-6	Chacra Andalucía	330.809	6.281.204	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	1969	2020	Estático-Dinámico
79	05737012-2	Casas de San Luis	323.747	6.274.624	Maipo	Santiago Central	Área de Restricción	1962	2020	Dinámico
80	05711004-K	Pozo fundo La Católica	352.988	6.273.575	Maipo	Pirque	Área de Restricción	2006	2020	Dinámico
81	05737016-5	Pozo Misión Corazón de María	321.799	6.272.967	Maipo	El Monte Nuevo	Área de Restricción	1989	2020	Dinámico
82	05737013-0	A.P. El Monte	316.494	6.272.077	Maipo	El Monte Nuevo	Área de Restricción	1960	2020	Dinámico
83	05740008-0	Pozo industria Bata	297.570	6.271.385	Maipo	Melipilla	Alzamiento	1989	2020	Dinámico
84	05740006-4	Parcela 7 Chiñihue	307.799	6.268.974	Maipo	El Monte Nuevo	Área de Restricción	1967	2020	Dinámico
85	05712008-8	La Caperana Sector Los Naranjos	328.399	6.265.761	Maipo	El Monte Nuevo	Área de Restricción	2007	2016	Dinámico
86	05717010-7	Vigna Santa Inés	326.764	6.265.141	Maipo	El Monte Nuevo	Área de Restricción	1962	2020	Dinámico
87	05717009-3	A.P. Isla de Maipo	324.487	6.263.235	Maipo	El Monte Nuevo	Área de Restricción	1965	2020	Dinámico
88	05712005-3	Escuela 22 Viluco	332.674	6.261.070	Maipo	Buin	Área de Restricción	1966	2016	Dinámico
89	05740007-2	Pozo AS. San Carlos Cholqui (1)	303.191	6.260.418	Maipo	Cholqui	Área de Restricción	1989	2020	Dinámico
90	05740009-9	AS. San Carlos Cholqui (2)	304.575	6.260.064	Maipo	Cholqui	Área de Restricción	1981	2020	Dinámico
91	05712004-5	Fundo Cachantún	346.573	6.258.307	Maipo	Paine	Zona de Prohibición	1974	2020	Dinámico
92	05715002-5	Asentamiento las Vertientes	333.052	6.257.554	Maipo	Buin	Área de Restricción	1975	2020	Estático
93	05715003-3	Colonia de Paine	337.045	6.257.152	Maipo	Buin	Área de Restricción	1970	2020	Estático
94	05716014-4	Pozo Laguna Aculeo	323.374	6.253.548	Maipo	Laguna de Aculeo	Área de Restricción	2018	2020	Dinámico
95	05714001-1	Fundo de Marta Culitri	348.349	6.251.700	Maipo	Paine	Zona de Prohibición	1975	2020	Dinámico
96	05747002-K	Asentamiento Popeta las Mariposas	290.608	6.250.322	Maipo	Popeta	Área de Restricción	1989	2020	Dinámico
97	05747003-8	AS: San Miguel Popeta (1)	291.250	6.249.279	Maipo	Popeta	Área de Restricción	1989	2018	Dinámico
98	05716006-3	San Fco. Aculeo	326.174	6.248.825	Maipo	Laguna de Aculeo	Área de Restricción	1999	2020	Dinámico
99	05747006-2	AS. Ignacio Serrano	292.148	6.248.418	Maipo	Popeta	Área de Restricción	1989	2020	Dinámico
100	05747005-4	Asentamiento Tantehue	294.918	6.248.372	Maipo	Popeta	Área de Restricción	1989	2020	Dinámico
101	05747004-6	AS. San Miguel Popeta (2)	291.584	6.247.940	Maipo	Popeta	Área de Restricción	1989	2020	Dinámico
102	05715005-K	Pozo Complejo Angostura	339.476	6.247.511	Maipo	Paine	Zona de Prohibición	2016	2020	Dinámico
103	05715004-1	Pozo Asentamiento Águila Sur	339.501	6.246.702	Maipo	Paine	Zona de Prohibición	1975	2018	Dinámico
104	05800003-5	Pozo Escuela El Yali	272.503	6.244.075	Yali	Yali Medio	Área de Restricción	2014	2020	Dinámico
105	06041004-6	Fundo San Alfonso	292.611	6.228.459	Alhué	Estero Alhué	Área de Restricción	1985	2020	Dinámico
106	06042006-8	San Vicente De Quilamuta	291.360	6.227.545	Alhué	Estero Alhué	Área de Restricción	N/A	N/A	N/A

N/A.: Sin registros

14.2 Análisis Estadístico

A partir de la información descargada desde la plataforma del SNIA de la DGA, se realizó un análisis de la estadística de los datos, así como de la distribución espacial de las estaciones en estudio.

14.2.1 Disponibilidad de Datos

En la Tabla 14.1 se indican los años en que se comenzaron a medir los niveles de pozo y el último año en el que se registró un valor, donde "N/A" indica que la estación no cuenta con registros. Cabe mencionar que varios de los datos de niveles entregados por la plataforma de la DGA corresponden al valor cero, por lo que dichos valores se entienden como errores de la plataforma y no fueron considerados en el análisis.

14.2.2 Niveles estáticos y dinámicos

Basado en la información de niveles de pozo disponible, estos se han clasificado como estático, dinámico y estático-dinámico.

Se entiende por nivel estático al valor medido en profundidad (en metros) respecto a la cota de terreno, que representa el nivel natural del agua subterránea en el acuífero. En este tipo de medición el equipo de bombeo no se encuentra en funcionamiento y no existen pozos en etapa de bombeo que afecten el comportamiento natural de este.

El nivel dinámico, corresponde al valor medido durante el bombeo del pozo, por lo que el valor obtenido en profundidad respecto de la cota de terreno dependerá del caudal extraído y de la etapa del bombeo en la que se encuentre el pozo (tiempo temprano o tardío).

El comportamiento estático-dinámico se observa, generalmente, en pozos donde inicialmente se registraron valores correspondientes a un nivel estático, pero en los años posteriores se miden niveles dinámicos. En algunos casos, los catalogados como pozos que miden niveles estáticos, presentan niveles dinámicos, pero existe un predominio de los niveles estáticos.

En la Tabla 14.1 se detalla la clasificación del comportamiento de los pozos seleccionados para la región. Es importante recalcar que el análisis es de tipo cualitativo y pueden

existir errores en la determinación del comportamiento del pozo, la única manera efectiva de clasificar si el nivel medido es dinámico o estático, es cerciorándose en terreno al momento del registro.

14.2.3 Distribución Espacial

En la Figura 14.2 se muestra la ubicación de los pozos y se clasifican respecto a su comportamiento (estático y/o dinámico). La concentración en cuanto a la ubicación de estos se presenta como mapa de calor, donde el color rojo indica la zona con mayor cantidad de pozos y el color verde la zona con menor cantidad. Por lo que las zonas marcadas en el mapa cuentan con una densidad de pozos suficientes para un correcto monitoreo desde el punto de vista de la ubicación geoespacial (en el plano XY, sin considerar la profundidad del pozo, ni la ubicación de las cribas), ya que para hablar de un monitoreo completo se requiere considerar también la calidad del valor monitoreado.

Se observa que la mayor concentración de pozos se encuentra en la zona centro, en el acuífero Río Maipo. Este acuífero se constituye como el principal de la región, abarcando en extensión casi la totalidad de esta. En menor medida se encuentra el acuífero "Estero Yali". En cuanto a la clasificación del tipo de comportamiento de los pozos, de igual manera la zona centro y la zona sur presentan la mayor cantidad de pozos identificados como estáticos o estático-dinámico. Por lo que dicha zona presenta una calidad de la información alta, en lo que respecta a la utilidad de los registros para la realización de estudios hidrogeológicos.

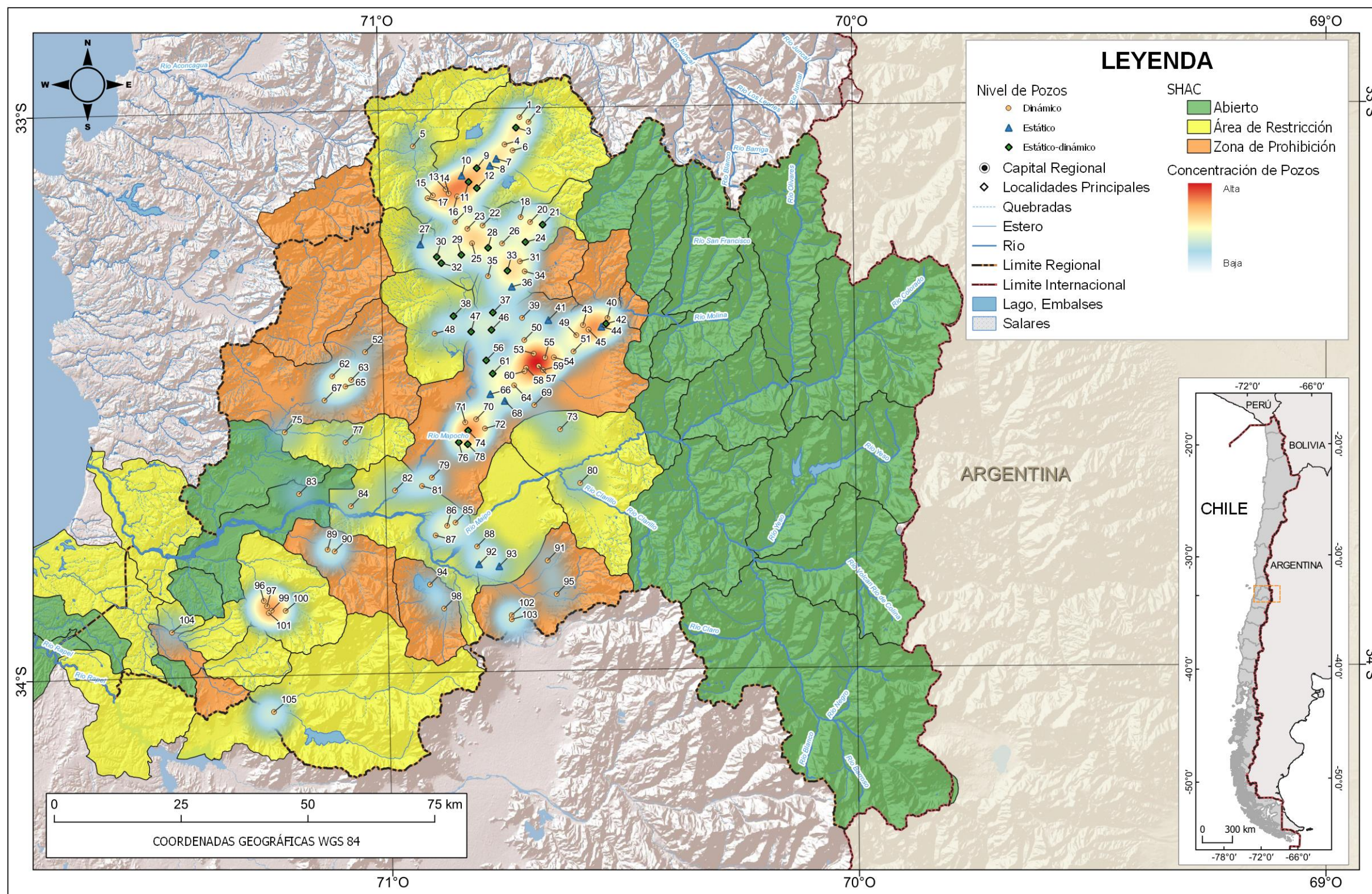


Figura 14.2 Densidad y Clasificación de pozos, Región Metropolitana

14.3 Análisis de Calidad

En la Figura 14.3 se observa que gran parte de la superficie de la región cuenta con SHAC, donde la mayoría son abiertos. Además, se observa que gran parte de las estaciones piezométricas se encuentran en SHAC con algún tipo de restricción y/o prohibición. Entre los SHAC que presentan la mayor concentración de estaciones piezométricas destaca Santiago Central y Chacabuco Polpaico.

En la Tabla 14.2 se detalla la cantidad de SHAC que cuentan con estaciones piezométricas y los que no (monitoreados y sin monitorear, respectivamente). En la región Metropolitana existen cuatro SHAC compartidos, tanto con la región de Valparaíso como con la región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Las cuales corresponden a Maitenlahue (perteneciente a la RM, SHAC abierto), Yali Bajo El Prado (perteneciente a la RM, en Área de Restricción), Codegua (perteneciente a la VI región, en Zona de Prohibición) y Rio Rapel antes junta estero Rosario (perteneciente a la VI región, en Área de Restricción), respectivamente.

Tabla 14.2 SHAC separados por tipo de limitación

SHAC	Monitoreado	Sin Monitorear	Total SHAC	Total pozos
Abierto	1	15	16	1
Área de restricción	12	4	17	60
Zona de prohibición	7	2	12	45

Los SHAC ubicados en área de restricción sin monitorear son:

- Las Diucas
- Yali Alto

Y los SHAC ubicados en zona de prohibición sin monitorear son:

- Puangue Alto
- Las Gualtatas
- Yali Medio
- San Vicente

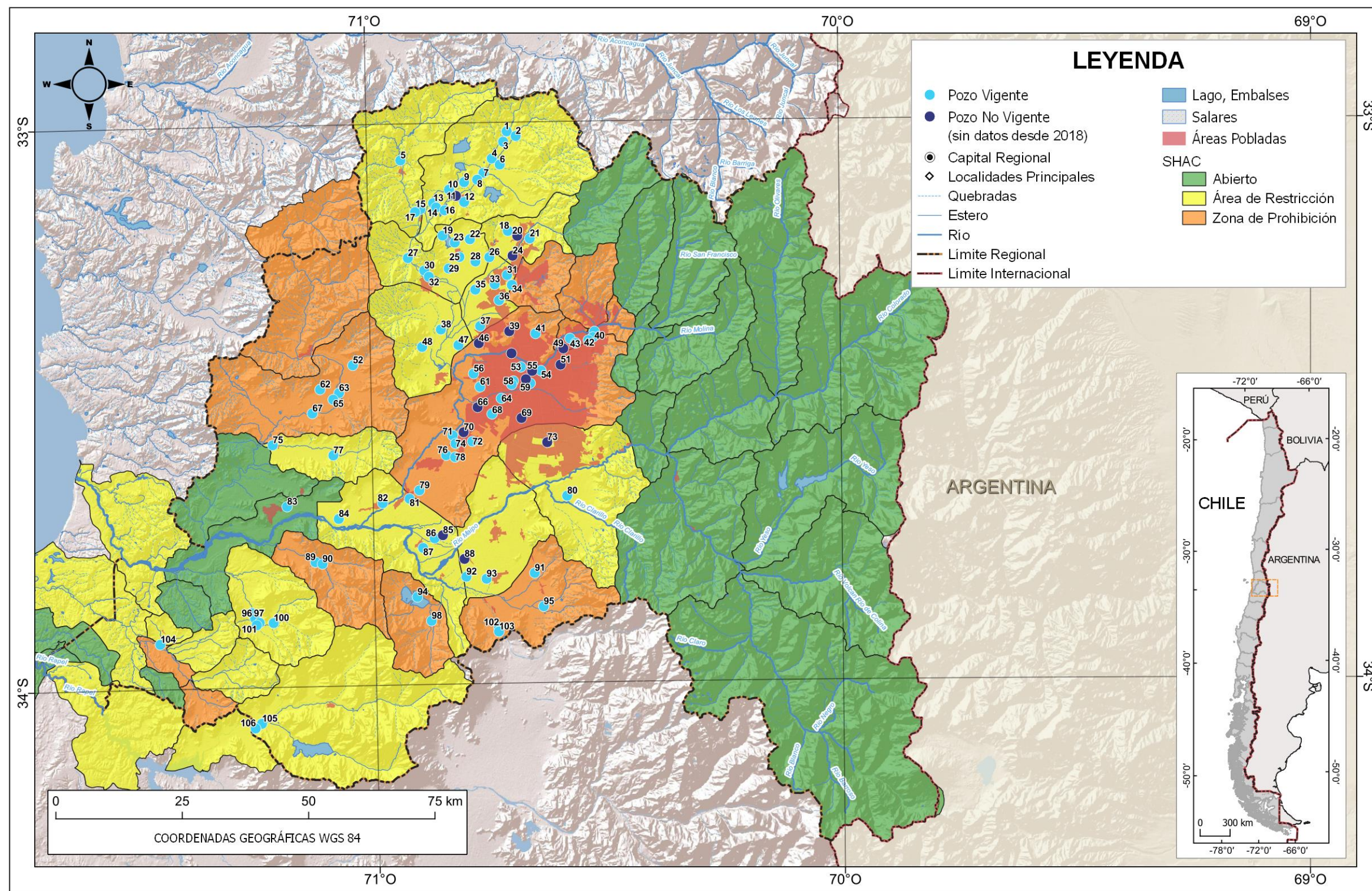


Figura 14.3 Limitación de acuíferos, Región Metropolitana

Gran parte de los pozos medidos corresponden a niveles dinámicos, lo cuales no ayudan a determinar de manera fiable el comportamiento natural del acuífero. A continuación, en el gráfico de la Figura 14.4 se presenta, a modo de ejemplo, la precipitación diaria de la estación DGA Cerro Calán y los niveles medidos del pozo Fundo de Laguna (ID 19) clasificado como dinámico, en base a la gran dispersión de valores medidos. Lo que apunta al uso prácticamente continuo del derecho de explotación de aguas subterráneas en dicho pozo.

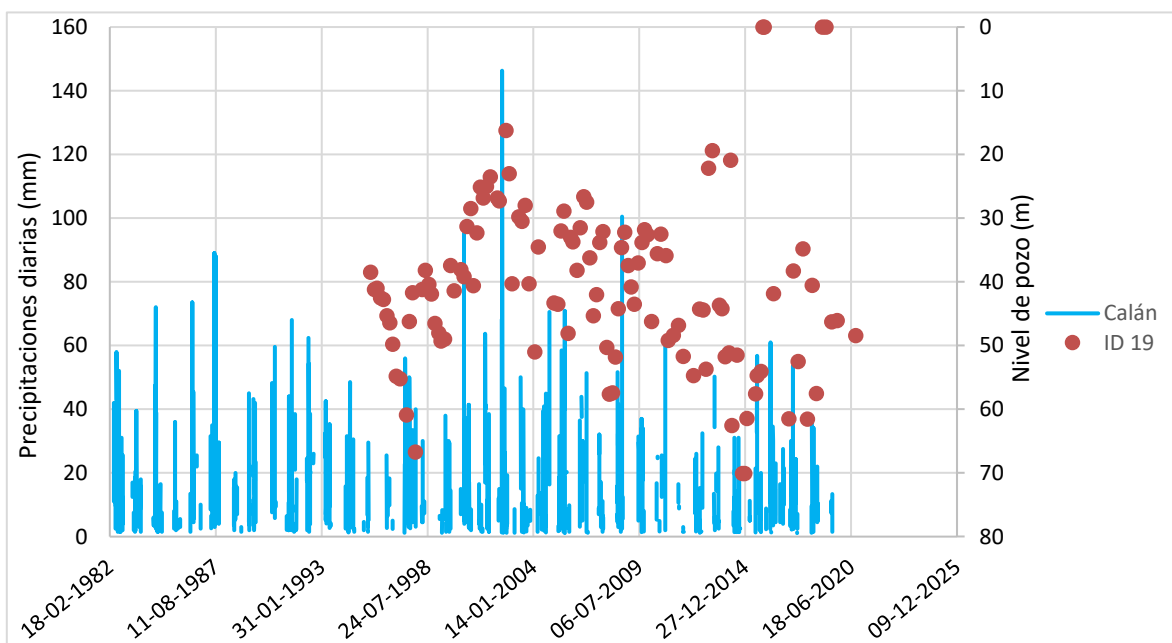


Figura 14.4 Comportamiento dinámico, pozo Fundo La Laguna (ID 19)

En el gráfico de la Figura 14.5 y Figura 14.6 se muestran la precipitación diaria de la estación DGA Cerro Calán y los niveles de algunos pozos clasificados como estáticos. Dicha caracterización está definida por los que tengan una cantidad de valores estáticos considerables, entendiendo que en algunas ocasiones algunos pozos muestren niveles dinámicos debido a bombeos del mismo pozo de medición o bombeo de pozos cercanos que alteren la dinámica de este.

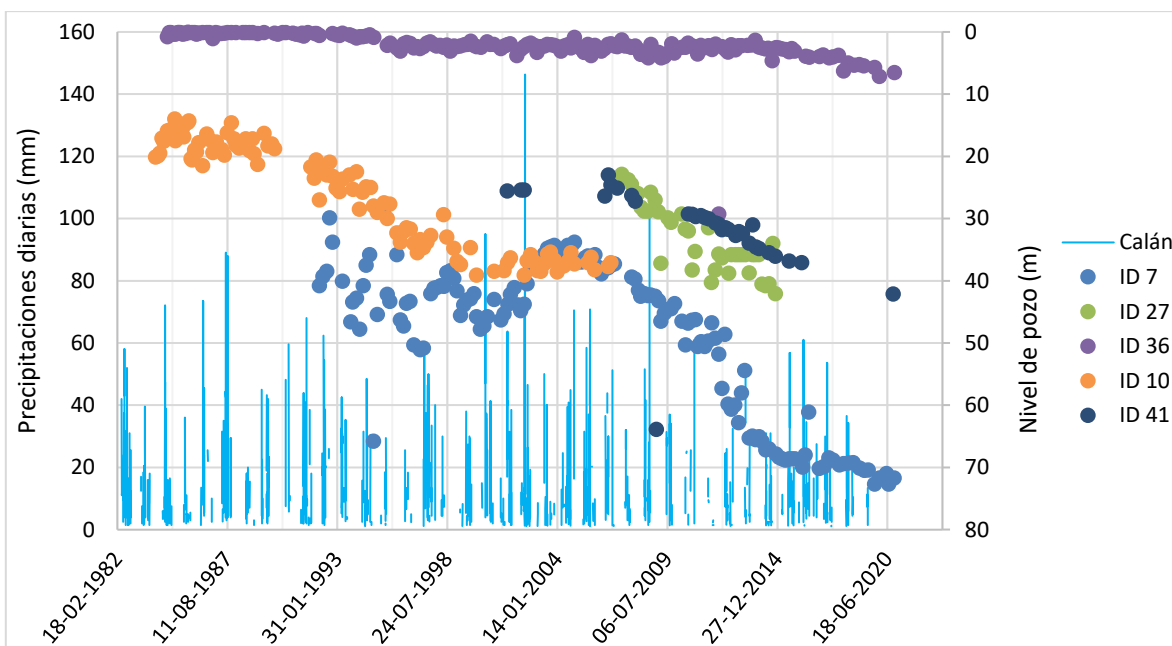


Figura 14.5 Pozos estáticos (1)

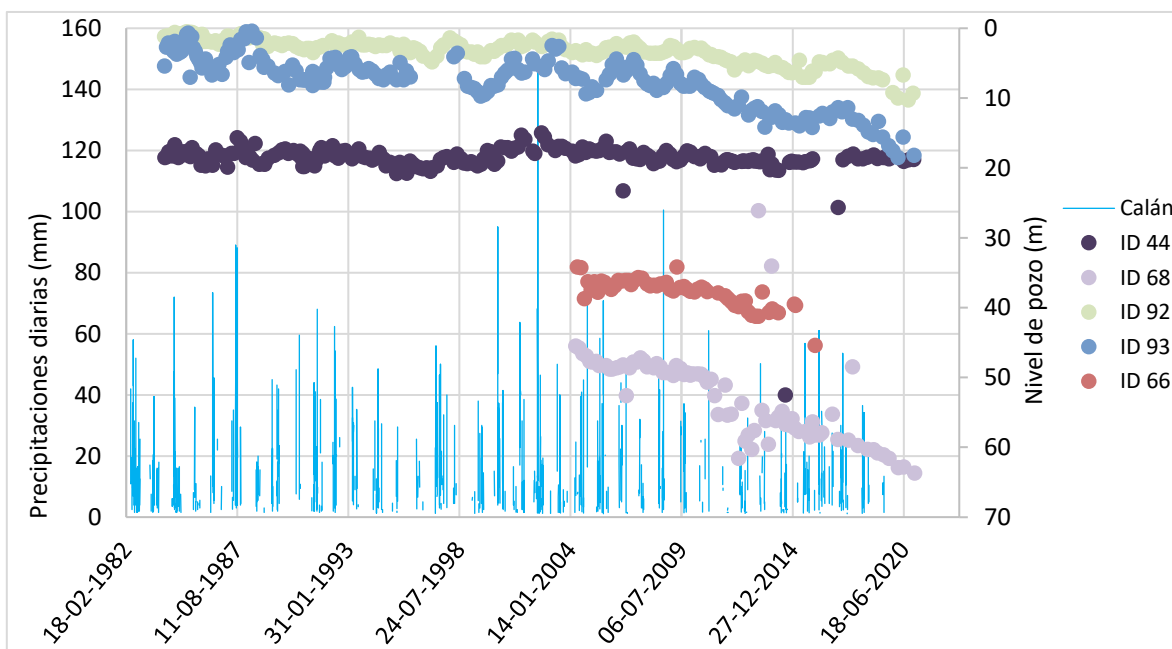


Figura 14.6 Pozos estáticos (2)

Se observa un comportamiento predominante, en el que los niveles se han ido profundizando a lo largo del tiempo, especialmente a partir del año 2000 y resaltándose aún más desde el año 2010 a la fecha. Previo a dichas fechas, de los pozos se puede inferir un comportamiento estacional, dependiente de las precipitaciones invernales. El

comportamiento actual de los pozos apunta a una menor cantidad de recurso hídrico subterráneo disponible y a un aumento de la explotación de este. Existen pozos que no han variado su comportamiento a lo largo de los años como el pozo ID 44, lo anterior se podría entender de mejor manera si se conocieran las características constructivas de dicho pozo, junto lo que sumado a su ubicación (dato conocido), permitirían un análisis correcto del acuífero en ese sector.

Es importante conservar y/o resguardar la medición de niveles en dichos pozos, por sobre otros que muestren valores netamente dinámicos, como el pozo Fundo de Laguna (ID 19) mostrado en la Figura 14.4. Evitando, a modo ejemplo, que se produzca el fenómeno del pozo Parcela 4 El Valle Chicauma (ID 27), en el que la medición de niveles estáticos no se ha realizado hace más de 10 años.

En cuanto a los pozos que miden niveles dinámicos, sería relevante considerar el caudal de explotación, por lo que dicho pozo podría entrar en la estadística de la DGA de "Extracciones Efectivas".

14.4 Plan de Acción Red Piezométrica

14.4.1 Identificación lugar de pozos

La red piezométrica propuesta para la región de Metropolitana consiste en mantener los pozos estáticos que se mantienen vigentes (pozos con mediciones hasta el año 2018 y posterior), y agregar nuevos pozos en SHAC que no se encuentran monitoreados, y en puntos estratégicos donde no existe medición de niveles estáticos.

Se considera como pozo vigente a aquellos con mediciones hasta el año 2018 y posterior, basado en que durante los años 2018 y 2021 han ocurridos eventos a nivel nacional que podrían haber impedido realizar las mediciones correspondientes (COVID-19, entre otros).

Basado en los criterios indicados anteriormente (monitoreo de acuíferos y SHAC), en la Figura 14.7 se muestran las estaciones piezométricas propuestas y las con mediciones estáticas que se mantienen vigentes.

En la Tabla 14.3 se indica la cantidad de pozos propuestos en cada SHAC, las coordenadas referenciales en las que se ubican, y el tipo de limitación en el que se encuentra.

Tabla 14.3 Cantidad de pozos propuestos

ID	SHAC	Tipo de Restricción	Cantidad de Pozos Propuestos	Coordenadas Referenciales UTM WGS84 19S	
				Este [m]	Norte [m]
1	Colina Inferior	Zona de Restricción	1	342.945	6.322.489
2	Puangue Medio	Zona de Restricción	1	308.116	6.295.367
3	Tiltil	Zona de Restricción	1	318.679	6.338.905
4	Puangue Alto	Zona de Prohibición	1	300.693	6.309.356
5	La Higuera	Zona de Restricción	1	309.329	6.282.377
6	Pirque	Zona de Restricción	1	353.366	6.279.237
7	El Monte Nuevo	Zona de Restricción	1	320.320	6.266.390
8	Paine	Zona de Prohibición	1	343.945	6.252.258
9	Las Diucas	Zona de Restricción	1	281.726	6.244.871
10	Yali Alto	Zona de Restricción	1	286.829	6.258.858
11	Estero Alhué	Zona de Restricción	1	301.763	6.233.558
12	San Vicente	Zona de Prohibición	1	278.371	6.235.343
13	San Pedro	Zona de Prohibición	1	273.732	6.247.226
14	Chicureo	Zona de Prohibición	1	347.942	6.316.493
15	Vitacura	Zona de Prohibición	1	353.152	6.304.289
16	Las Gualtatas	Zona de Prohibición	1	358.576	6.309.927
17	Yali Bajo El Prado	Zona de Restricción	1	274.579	6.240.937
18	Yali Medio	Zona de Prohibición	1	274.339	6.241.445
19	Popeta	Zona de Restricción	1	289.809	6.259.719
20	Cholqui	Zona de Prohibición	1	304.476	6.259.681
21	Laguna del Aculeo	Zona de Prohibición	1	323.889	6.250.688
22	Santiago Norte	Zona de Restricción	1	328.671	6.305.788
Total Pozos Propuestos			22		

La ubicación referencial de la red de pozos propuestos está basada en la importancia de la medición de los niveles estáticos, su utilidad a la hora de desarrollar modelos conceptuales y en modelos numéricos de aguas subterráneas.

Los principales criterios utilizados para la propuesta son:

1. Mantener los pozos que miden niveles estáticos, ya que cuentan con un registro importante de niveles que es prioridad conservar
2. Los acuíferos que cuentan con algún tipo de limitación en cuanto a nuevos derechos de agua, ya sea restricción o prohibición deben tener al menos un pozo midiendo niveles estáticos.
3. La utilización del monitoreo de extracciones efectivas de pozos que no extraen caudales pero que de todas maneras reportan niveles a la DGA. Esto se propone de manera provisoria en los SHAC que se encuentran abiertos.

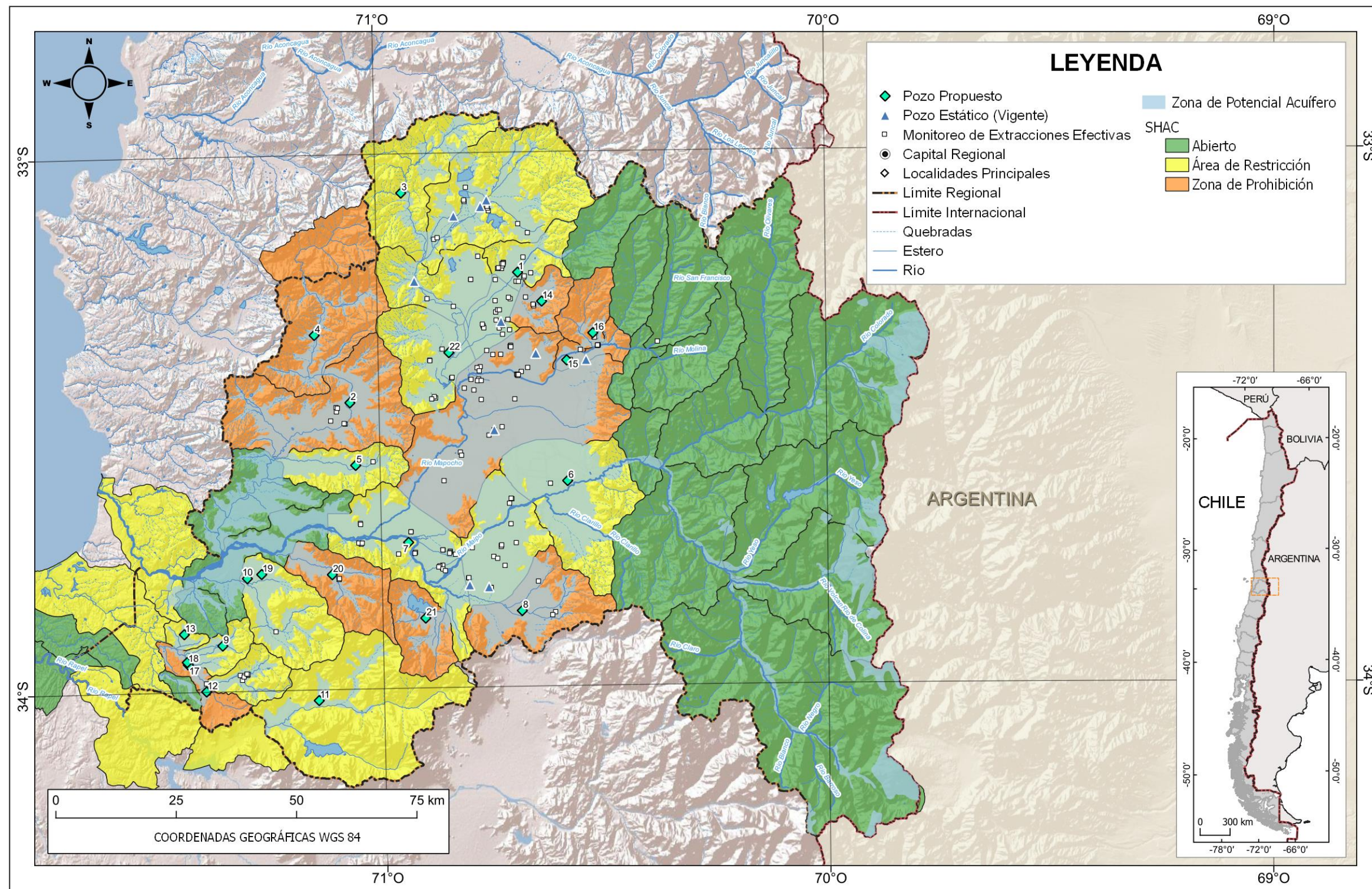


Figura 14.7 Ubicación pozos propuestos, Región Metropolitana

14.4.2 Pozo estándar

Para la construcción de pozos se propone considerar el siguiente equipamiento como mínimo:

- Cierre de 3 x 3 m con malla ACMA (o tipo gallinero con refuerzo, soldadas a un perfil L como en las fotos)
- Puerta de entrada con candado
- Tapa Pozo de fierro con candado
- Letrero de identificación del pozo
- Letrero de Peligro
- Caseta tipo DGA
- Sensor de nivel
- Datalogger que permita la transmisión GPRS y Satelital
- Antena Satelital

Basado en un modelo estándar de estación piezométrica, en cada una se construirá un pozo en método aire reverso con diámetro mínimo de 10". La habilitación del pozo se materializará mediante la colocación de tubería de Acero Inoxidable en diámetro 8" como mínimo.

Además, para la habilitación de pozos se deberán verificar los siguientes aspectos:

- El filtro de gravilla en el espacio anular pozo-tubería deberá tener un espesor de 2" como mínimo.
- La postura de la gravilla deberá realizarse con barras tipo BX o equivalente, y de llenado ascendente.
- Si se utilizan lodos de perforación, se deberá sanitizar el pozo antes de entregarlo al mandante.
- Sello sanitario en superficie.
- Monumentación mediante placa de aluminio, la cual debe incluir:
 - Título
 - Nombre del Pozo
 - Coordenadas UTM (Datum WGS84)
 - Diámetro y profundidad final del sondaje

- Instalación de brocal en superficie de hormigón y tapa metálica con pestillo que permita insertar un candado, según el Anteproyecto Tipo (Figura 14.8), definido por la DGA para las nuevas estaciones piezométricas y de calidad de aguas de la red hidrométrica regional.

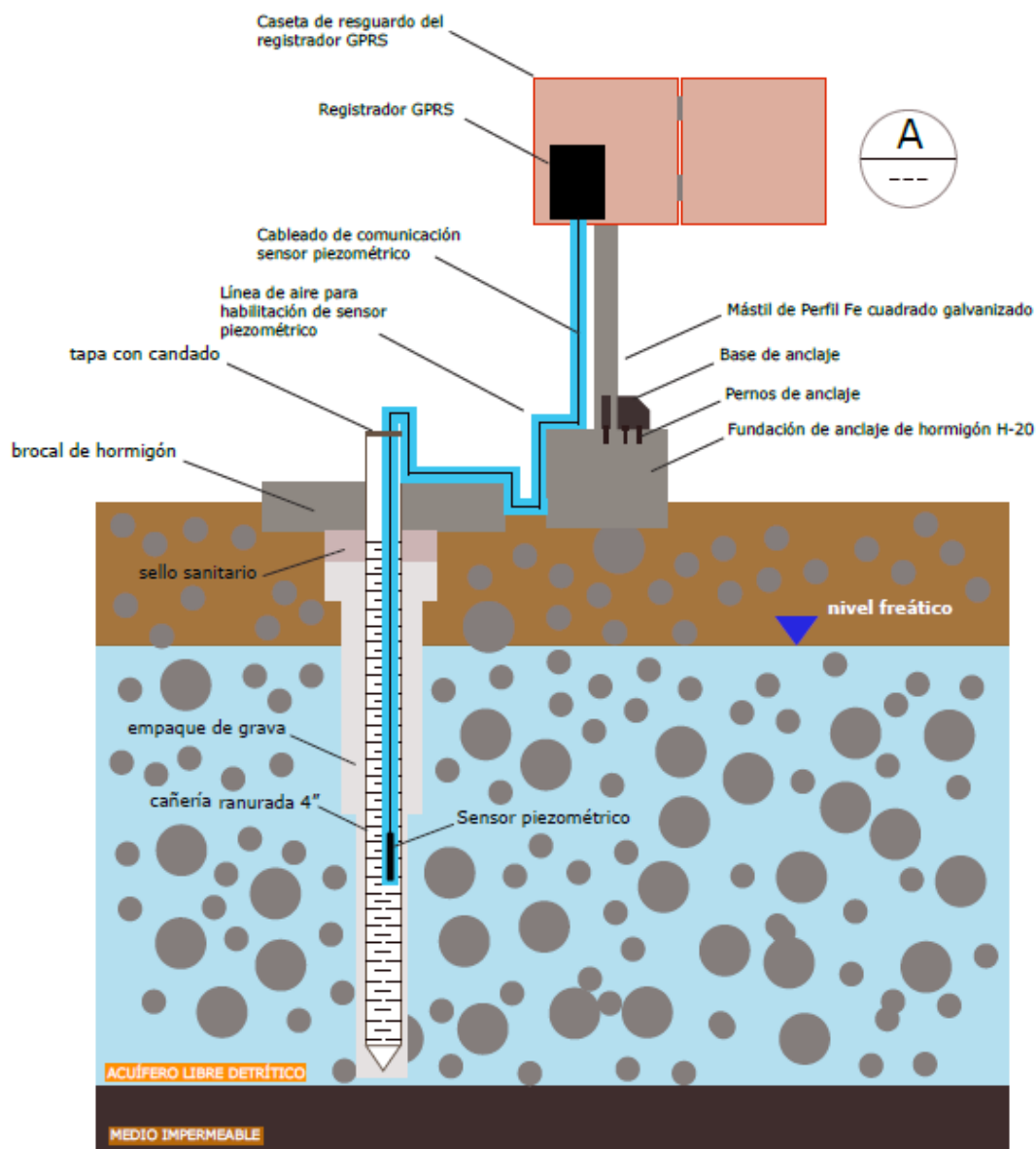


Figura 14.8 Anteproyecto tipo estación piezométrica DGA

14.4.3 Evaluación de costos

Respecto al costo monetario de un pozo de la red piezométrica estándar, este queda determinado por costos estructurales asociados a la instalación de la estación, costos de transmisión y un costo variable que queda establecido por la profundidad del sondaje.

Un pozo estándar de la red de una profundidad de 50 metros y habilitado para la transmisión satelital de niveles tiene un costo aproximado de \$30 millones de pesos.

En una primera etapa, donde se tiene como prioridad los SHAC con algún tipo de limitación, se propone la construcción de 22 pozos de monitoreo. Para lo anterior se requiere 1.100 metros lineales de sondaje, los cuales serán repartidos entre las 22 estaciones, procurando llegar al nivel freático actual y que permita medir el nivel freático a futuro (se ha experimentado un descenso en la región).

El costo de perforación alcanza los \$319 millones de pesos, y el costo de la red completa habilitada para la transmisión tiene un costo aproximado de \$664 millones de pesos para la Región Metropolitana, sumando un total estimado de **\$983 millones de pesos**.

15. GUÍA COMPONENTE SIG

El presente capítulo corresponde a la guía de la componente SIG (Sistema de Información Geográfica) asociada al "Diagnóstico para La Implementación de Red Nacional de Alerta de Eventos Hidrometeorológicos Extremos". En este capítulo se busca orientar a los usuarios o revisores del SIG, de manera tal que con los datos digitales disponibles se permita asociar la información de manera óptima y sencilla.

Esta componente, es una herramienta sistemática para referir geográficamente una serie de información que permite realizar una serie de operaciones entre ellas; la fácil superposición, cuantificación y síntesis de los datos. Los cuales sirven para capturar, almacenar, analizar y desplegar la información que ha sido recopilada en la elaboración de este informe para las diferentes regiones y sus cuencas.

Cabe destacar que los datos son esenciales para generar las capas vectoriales, ya que son el punto de partida para empezar a trabajar con los SIG, lo que nos permitirá analizar y extraer la información para la visualización y el análisis del contenido.

El objetivo principal de este informe es presentar el ordenamiento de la información, contenido y estructura principal de la componente SIG.

15.1 Sistema de Información Geográfica

En conformidad a lo planteado en las Bases Administrativas y Técnicas del Proyecto, la información espacial fue trabajada íntegramente en un Sistema de Información Geográfica (SIG) de software libre, en este caso se utilizó específicamente el software QGIS.

Adicionalmente, se debe mencionar que tanto los archivos y proyectos, como la cartografía generada, están construidos bajo el sistema de coordenadas UTM Huso 19 Sur y el Datum de referencia WGS 1984.

15.2 Sistematización de la Información

La carpeta Anexo SIG (**Anexo 12**) entregada en esta etapa, se compone de toda la información espacial digital que ha sido representada en los productos cartográficos de

las Etapas I a IV. Gran parte de los archivos que contiene la carpeta, han sido obtenidos a través de bases de datos públicas, como son las mapotecas de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile y de la DGA. Sin embargo, estos archivos no corresponden a las versiones originales, ya que han sido modificados y/o adaptados para su correcta representación según las necesidades del estudio.

Por otro lado, a partir de los análisis realizados durante el proceso de diagnóstico de la red hidrométrica, se han generado nuevas capas vectoriales que también están incorporadas en la carpeta Anexo SIG.

Esta carpeta está subdividida en 3 carpetas principales, que corresponden a 01_Proyectos, 02_Layers y 03_Figuras. La estructura general del anexo se muestra a continuación en la Tabla 15.1 y se detalla más adelante.

Tabla 15.1 Resumen de la estructura del Anexo

	Subcarpeta	Directorio
Anexo SIG	01_Proyectos	
	02_Layers	CARTA_BASE
		DGA
		ESTUDIO
03_Figuras		

Fuente: Elaboración propia.

- **01_Proyectos:** corresponde a los proyectos en formato *.qgz de cada una de las figuras elaboradas para el estudio. Cada figura posee su propio proyecto, en el cual están cargadas únicamente las capas vectoriales representadas en la cartografía. Si bien el proyecto considera todas las regiones que están involucradas en este estudio, tiene cargadas las composiciones de cada región por separado, con todos los elementos cartográficos de cada figura.
- **02_Layers:** esta carpeta contiene todos los archivos vectoriales en formato shapefile utilizados en este estudio, los cuales se subdividen según su origen y función en 3 carpetas, las que corresponden a CARTA_BASE, DGA y ESTUDIO.
- **03_Figuras:** en esta ubicación existen carpetas para cada una de las figuras generadas en este estudio. Cada subcarpeta contiene las figuras en formato *.jpg de cada una de las regiones analizadas.

Para la correcta visualización de los archivos, se debe descargar la carpeta del Anexo SIG y copiarla directamente en el disco C, ya que los proyectos si bien tienen ruta relativa con los archivos vectoriales, tienen como directorio raíz el disco C.

15.3 Contenido

Como una forma de interiorizarse con la información espacial entregada en este anexo, a continuación se resume en la Tabla 15.2 cada uno de los directorios presentes en la carpeta 02_Layers y el detalle de cada uno de los archivos en formato shapefile que componen cada directorio.

Tabla 15.2 Estructura y contenido de cada directorio de la carpeta 02_Layers

Directorio	Nombre del Shapefile
CARTA_BASE	Capitales Regionales
	Poblacion Region
	Localidades Principales
	Areas Pobladas BCN
	Sudamérica
	Regiones Estudio
	Regiones BCN
	Límite Internacional
	Límite Interrregional
	Oceano Pacífico
	Masas Lacustres BCN
	Red Hidrografica BCN
DGA	Cuencas DGA
	Acuiferos Estudio
	acuiferos protegidos I II XV
	Niveles Pozos DGA Correlativo
	Estaciones Meteorologicas DGA Correlativo
	Estaciones Fluviométricas DGA Correlativo
	BH87 Isotermas
BH87 Isoyetas	
ESTUDIO	Estaciones Fluviométricas ONEMI
	Estaciones Meteorologicas Criticas
	Estaciones Fluviométricas Criticas
	Nuevas Estaciones Fluviométricas
	Nuevas Estaciones Meteorologicas
	Puntos Control TC
	Cuencas Aportantes TC
	Estaciones PPMED
	Estaciones TMED
	Isotermas Actualizadas 2021
	Isoyetas Actualizadas 2021
	Thiessen Meteorologicas
	Estaciones Fluviométricas Críticas Finales
	Estaciones Meteorológicas Críticas Finales
	Estaciones Apoyo
	Potencial Acuífero
	Pozos Propuestos
	Estaciones Piezométricas
	Pozo Vigentes
	Pozos No Vigentes
Pozos Estáticos Vigentes	

Fuente: Elaboración propia.

El directorio CARTA_BASE contiene los archivos que conforman el lienzo de la cartografía. Cabe mencionar que estos shapefile están proyectados sobre un raster público de ESRI, llamado ESRI Shaded Relief. Los archivos de este directorio que no se han modificado, sino que corresponden a los originales descargados desde la mapoteca de la Biblioteca del Congreso Nacional, tienen el sufijo BCN.

Por otro lado, en el directorio DGA se encuentran todas aquellas capas que se han descargado desde la mapoteca de la DGA, pero que han sido modificadas para adaptarse a la dimensión del área de estudio y a las necesidades de visualización de cada región.

Finalmente, en el directorio ESTUDIO, están aquellas capas que se obtuvieron como producto a partir del proceso de análisis y diagnóstico de la red hidrométrica. A continuación, se entrega una breve descripción de cada uno de ellos.

- Estaciones_Fluviometricas_ONEMI: shapefile que individualiza la ubicación de todas aquellas estaciones fluviométricas que pertenecen al protocolo DGA-ONEMI.
- Estaciones_Meteorologicas_Criticas: presenta la ubicación de todas aquellas estaciones meteorológicas que han sido categorizadas como Estación Crítica, es decir, que son fundamentales en la generación de información para la alerta de eventos hidroclicmáticos extremos.
- Estaciones_Fluviometricas_Criticas: contiene la ubicación de todas aquellas estaciones fluviométricas que han sido categorizadas como Estación Crítica, es decir, que son fundamentales en la generación de información para la alerta de eventos hidroclicmáticos extremos.
- Nuevas_Estaciones_Fluviometricas: localización de las nuevas estaciones fluviométricas propuestas por este estudio con el fin de reforzar la red de alerta ante eventos hidroclicmáticos extremos.
- Nuevas_Estaciones_Meteorologicas: emplazamiento de las nuevas estaciones meteorológicas propuestas por este estudio con el fin de reforzar la red de alerta ante eventos hidroclicmáticos extremos.

- Puntos_Control_TC: ubicación de los puntos de control asignados en estaciones fluviométricas, meteorológicas y localidades vulnerables, que se utilizaron para obtener los tiempos de concentración de las cuencas aportantes a dichos puntos.
- Cuencas_Aportantes_TC: marca la morfología, dimensión y ubicación de las cuencas aportantes definidas para cada uno de los puntos de control.
- Estaciones_PPMED: localización de las estaciones meteorológicas con datos de precipitación de 10 años válidos o más y a través de las cuales se obtuvo la precipitación media.
- Estaciones_TMED: ubicación de las estaciones meteorológicas con datos de temperatura de 10 años válidos o más y a través de las cuales se obtuvo la temperatura media.
- Isotermas_Actualizadas_2021: líneas de isothermas actualizadas en el presente estudio, interpoladas a través de los datos de temperatura media de las estaciones meteorológicas.
- Isoyetas_Actualizadas_2021: distribución de las líneas de isoyetas actualizadas en el presente estudio, interpoladas a partir de los datos de precipitación media de las estaciones meteorológicas.
- Thiessen_Meteorologicas: distribución espacial de las estaciones meteorológicas, considerando la metodología de polígonos de Thiessen, donde se determina el área de influencia de cada estación analizada.
- Estaciones_Fluviometricas_Criticas_Finales: localización de las estaciones fluviométricas críticas finales definidas por este estudio, se consideran indispensables para la protección civil.
- Estaciones_Meteorologicas_Criticas_Finales: localización de las estaciones meteorológicas críticas finales definidas por este estudio, se consideran indispensables para la protección civil.

- Estaciones_Apoyo: corresponden a aquellas estaciones fluviométricas que si bien no son parte de la red crítica, se consideran un complemento importante para caracterizar los eventos de crecidas.
- Potencial_Acuifero: considera aquellos depósitos que gracias a su características litológicas y texturales, además de su lugar de emplazamiento, podrían desarrollar acuíferos.
- Pozos_Propuestos: localización de las estaciones piezométricas finales definidas por este estudio, se consideran para el refuerzo de la red.
- Estaciones_Piezometricas: localización de las estaciones piezométricas que pertenecen a la red piezométrica nacional.
- Pozos_Vigentes: estaciones piezométricas que poseen datos hasta el año 2018 y posterior.
- Pozos_No_Vigente: estaciones piezométricas que no poseen datos hasta el año 2018 y posterior.
- Pozos_Estaticos_Vigentes: estaciones piezométricas de nivel estático que poseen datos desde el año 2018 y posterior.

15.4 Diccionario SIG

El diccionario SIG contenido en el documento antes mencionado (Diccionario_Anexo_SIG.xlsx) pretende dar mayor detalle de los shapefiles incorporados en los distintos directorios y el detalle de los archivos que estos contienen.

La primera hoja en el documento "Diccionario 03_Figuras" contiene el listado de todas las Figuras utilizadas en la Etapa 2, en la segunda hoja "Diccionario 02_Layers" se encuentran todos los shapefiles que se encuentran al interior de cada directorio, la carpeta donde se encuentran ubicados, tipo de shapefile, una breve descripción de cada uno de ellos, su fuente de origen y estado (original o modificado).

La Tabla 15.3, corresponde a la estructura empleada para describir cada directorio:

Tabla 15.3 Estructura de los directorios

Directorio	Carpeta	Shapefile	Tipo	Descripción	Fuente	Estado
------------	---------	-----------	------	-------------	--------	--------

Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes pestañas del documento "Diccionario_Anexo_SIG.xlsx" se visualizan las capas nuevas creadas para el estudio, donde se encuentran los campos de los shapefiles, la descripción y la unidad de medida (si corresponde). A continuación, se presenta en la Tabla 15.4 las hojas correspondientes a los shapefiles elaborados para el presente Estudio:

Tabla 15.4 Shapefiles creados para el Estudio

ESTUDIO	Estaciones_Fluviometricas_ONEMI
	Estaciones_Meteorológicas_Críticas_Preliminares
	Estaciones_Fluviométricas_Críticas_Preliminares
	Estaciones_Meteorológicas_Nuevas
	Puntos_Control_TC
	Cuencas_Aportantes_TC
	Estaciones_PPMED
	Estaciones_TMED
	Isotermas_Actualizadas_2021
	Isoyetas_Actualizadas_2021
	Thiessen_Meteorologicas
	Estaciones_Fluviometricas_Criticas_Finales
	Estaciones_Meteorologicas_Criticas_Finales
	Estaciones_Apoyo
	Potencial_Acuifero
	Pozos_Propuestos
	Estaciones_Piezometricas
	Pozo_Vigentes
	Pozos_No_Vigentes
Pozos_Estaticos_Vigentes	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 15.5, se muestra la estructura que tienen los shapefiles mencionados en la Tabla 15.4:

Tabla 15.5 Estructura de los shapefiles creados

Shapefile:	
------------	--

Campo	Descripción	Unidades
-------	-------------	----------

16. CONCLUSIONES

16.1 Disponibilidad de datos

Las estaciones críticas seleccionadas poseen estadística validada por sobre 39 años, lo cual se considera bueno. De las estaciones, 3 están vigentes y sólo río Maipo en San Alfonso se encuentra fuera de operación. Las 3 estaciones vigentes son de vital importancia ya que están inmediatamente aguas arriba del grueso de la población, ubicada en el Gran Santiago, cubriendo los sectores norte, oriente y suroriente. La estación río Maipo en San Alfonso, se consideraría menos crítica que las demás, pero alertaría a la población de San José de Maipo (18.189 habitantes) ante eventuales crecidas.

Existe una estación meteorológica seleccionada, correspondiente a la quebrada Ramón en recinto EMOS, la cual está ubicada a los pies del cordón montañoso San Ramón. Esta estación daría información sobre activaciones de las quebradas del cordón. Dado el tamaño de las cuencas, las crecidas se originarían en poco tiempo, y por su cercanía tomaría poco tiempo en afectar al Gran Santiago. Por este motivo se escogió una estación meteorológica para estimar la magnitud de la crecida y alertar con un tiempo de anticipación suficiente a la población vulnerable. La estación quebrada Ramón en recinto EMOS está vigente y cuenta con 10 años válidos de estadística.

16.2 Eventos extremos

Las estaciones fluviométricas críticas seleccionadas han registrado gran cantidad de estadística y dentro de ella varios eventos extremos. En los gráficos de caudales y alturas máximas es posible observar la magnitud de las crecidas. Por el lado del río Maipo, en la estación río Maipo en El Manzano desde el año 1990 existen 3 crecidas que sobresalen respecto del resto y han superado el límite rojo de alerta. La última siendo la crecida del año 2016. Por el lado del río Mapocho, desde el año 1990 también se registran 3 crecidas muy superiores a las normales siendo la última en el año 2009. En el año 2016 se registró una crecida importante, pero esta no alcanza a superar el límite amarillo de alerta.

En cuanto a las estaciones meteorológicas no se observa una buena correlación entre la precipitación registrada y los caudales de las estaciones fluviométricas. La zona del

cordón montañoso San Ramón tiene control fluviométrico y meteorológico, pero dado su corto tiempo de concentración se sugiere tomar en cuenta la estación meteorológica quebrada Ramón en recinto EMOS. Esta estación ha registrado eventos de precipitación desde 2008 siendo ese mismo año el que tuvo una intensidad máxima de 71 mm en 24 horas, que no alcanzó a generar grandes estragos.

16.3 Distribución espacial

La región Metropolitana posee una buena densidad de estaciones en la parte cordillerana, que es donde más se genera escorrentía. La estación a la que le corresponde una mayor superficie es estero Puangue en ruta 78 con 1.900 km². Sobre las estaciones meteorológicas la zona con menor densidad de estaciones corresponde a la alta montaña, que es donde más varía la precipitación, por lo que se recomienda aumentar las estaciones. Las estaciones ubicadas en el cordón montañoso San Ramón están a una cota de hasta 1.000 m s.n.m. y la hoya hidrográfica en la zona llega a alturas sobre los 2.000 m s.n.m. por lo que se recomienda reubicar la estación quebrada Ramón en recinto EMOS a una cota más elevada, para registrar las precipitaciones que podrían estar generando potenciales crecidas.

16.4 Red Hidrométrica Final

A partir de los análisis expuestos, la red hidrométrica crítica final consta de 4 estaciones fluviométricas, 1 estación meteorológica y 2 estaciones fluviométricas de apoyo. La red lograría alertar a la comuna de Colina por el norte, la franja cordillerana desde Lo Barnechea hasta Puente Alto y localidades en la comuna de San José de Maipo, con un total de 2.024.590 habitantes en zonas vulnerables a eventos hidrológicos extremos. A pesar de que la red ha funcionado históricamente sobrellevando grandes caudales, es necesario mejorar aspectos estructurales, en pos de seguir resistiendo caudales importantes y también que el dato registrado sea verídico. Las mejoras estructurales y de equipos están estimadas en \$229 millones de pesos para la red hidrométrica crítica (5 estaciones). La red hidrométrica crítica final se compone de las siguientes estaciones.

- Estaciones fluviométricas
 - Río Colina en Peldehue
 - Río Molina antes junta San Francisco
 - Río Maipo en El Manzano

- Río Maipo en San Alfonso
- Estaciones meteorológicas nuevas
 - Quebrada Ramón en recinto EMOS (reubicada)
- Estaciones de apoyo
 - Río Mapocho en Los Almendros
 - Estero Yerba Loca antes junta San Francisco

16.5 Red Piezométrica

La red piezométrica en la región de Metropolitana presenta un total de 106 estaciones piezométricas, de las cuales la mayoría están en el acuífero principal de la región, Río Maipo y en menor cantidad en el acuífero Estero Yali. La calidad de la información presentada en dichos acuíferos por las estaciones se considera media, debido a que un porcentaje importante corresponde a pozos dinámicos.

Respecto a los SHAC, algunos están en condición crítica, es decir, están clasificados como *área de restricción* o *zona de prohibición*, y además no cuentan con el monitoreo de estaciones piezométricas DGA, los que corresponden a:

SHAC en área de restricción:

- Las Diucas
- Yali Alto

SHAC ubicados en zona de prohibición:

- Puangue Alto
- Las Gualtatas
- Yali Medio
- San Vicente

Estos SHAC tienen problemas de disponibilidad del recurso hídrico, ya sea por falta de oferta o por sobredemanda, por lo que para tener una idea más acabada de la situación particular se recomienda la instalación de estaciones piezométricas. En base a lo mismo se sugiere la construcción de pozos que pudiesen reemplazar a los pozos estáticos que ya no cuentan con medición (considerar que constructivamente sean lo más similar posible a dichos pozos ya no monitoreados), con el fin de rescatar y continuar con la estadística ya medida.