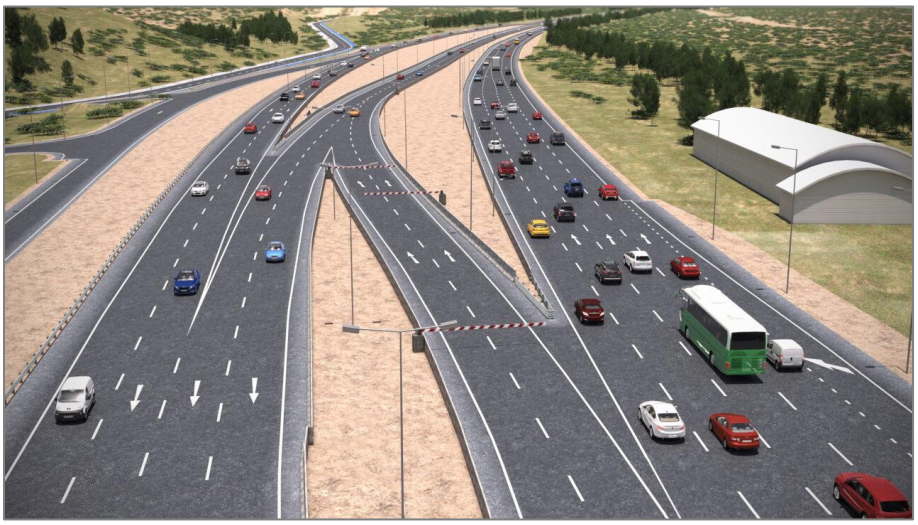
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

MEJORAMIENTO RUTA 68: SANTIAGO – PEAJE LO PRADO



ANEXO 3.6 – Hidrología

FECHA	Octubre 2026	VERSIÓN	0
DOCUMENTO	ANEXO 3.6 – Hidrología		
CODIFICACIÓN	677-TU-MA-IN-EIA03-006		
ELABORACIÓN	GAC		
REVISIÓN	ESPECIALISTA MEDIO AMBIENTE Noelia Barco		
	GERENTE TÉCNICO Eduardo Barrios		
APROBACIÓN	GERENTE GENERAL Jose Ricardo González		

CONTENIDO

3 LÍNEA DE BASE 3
3.6 Medio Físico - Hidrología 3
3.6.1 Introducción 3
3.6.2 Objetivos 4
3.6.3 Determinación y justificación del área de influencia 5
3.6.4 Metodología 9
3.6.5 Resultados 16
3.6.6 Conclusión 45
3.6.7 Referencias Bibliografía 48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 Estaciones meteorológicas consideradas para la Línea de Base hidrológica 10

Tabla 3-2 Estaciones fluviométricas consideradas para la Línea de Base hidrológica 12

Tabla 3-3 Características de los climas presentes según clasificación de Koppen 19

Tabla 3-4 Derechos de agua superficial en el AI del Proyecto. 22

Tabla 3-5. Precipitación máxima en 24 horas considerada en antecedentes hidrológicos.....36

Tabla 3-6. Caudales de diseño de crecidas para T = 100, 200 y 300 años. 37

Tabla 3-7. Casos analizados para luces de puentes. 40

3 LÍNEA DE BASE

3.6.1 Introducción

En el presente acápite se presenta la Línea de Base del componente Hidrología del Proyecto “Mejoramiento Ruta 68: Santiago - Peaje Lo Prado”, en adelante el Proyecto, cuyas principales obras se emplazan en el tramo urbano de la Ruta 68, entre el sector Enlace Pajaritos y el sector Peaje Lo Prado, en la Región Metropolitana, abarcando las comunas de Estación Central, Lo Prado y Pudahuel. El Proyecto ingresa al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental mediante un Estudio de Impacto Ambiental, conforme a lo establecido en la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y en el Reglamento del SEIA, aprobado mediante el D.S. N°40/2012 del Ministerio del Medio Ambiente.

El Proyecto corresponde al mejoramiento y ampliación de un eje vial existente, orientado a aumentar su capacidad, mejorar su nivel de servicio y reforzar las condiciones de operación y seguridad vial del tramo urbano de la Ruta 68. En términos generales, considera intervenciones sobre la infraestructura vial actual, tales como rectificaciones de calzada, incorporación de terceras y cuartas pistas, mejoramiento de enlaces, retornos, atraviesos, puentes y conexiones viales, junto con obras complementarias asociadas a calles de servicio, pasarelas peatonales, veredas, ciclovías, paraderos de buses, saneamiento, drenaje, señalización, iluminación, paisajismo y seguridad vial.

La presente Línea de Base tiene por finalidad caracterizar las condiciones hidrológicas y de escurrimiento superficial existentes en el área de emplazamiento del Proyecto y su entorno, considerando escalas de análisis regional y local. Lo anterior permite establecer las condiciones basales del componente Hidrología y proporcionar los antecedentes necesarios para la posterior identificación, delimitación y justificación del área de influencia, así como para la evaluación de los potenciales efectos asociados a las partes, obras y acciones del Proyecto.

Para ello, el análisis se estructura en dos escalas complementarias. A nivel regional, se aborda la identificación de las cuencas hidrográficas en las que se inserta el Proyecto, la caracterización geomorfológica, hidrológica y climática del territorio, la definición de la red hidrográfica regional y la identificación de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales. A nivel local, se analiza en mayor detalle la red hidrográfica relacionada con las obras del Proyecto, considerando los cauces, canales, obras de drenaje y sectores de interacción con la infraestructura vial existente y proyectada, además de la caracterización de precipitaciones, caudales y antecedentes hidrológicos relevantes para el análisis del componente.

Finalmente, de acuerdo con los lineamientos vigentes del Servicio de Evaluación Ambiental para la incorporación del cambio climático en el SEIA, se incluye un análisis de la susceptibilidad del componente hidrológico frente a

sus efectos, considerando posibles modificaciones en las condiciones climáticas, de precipitación y escurrimiento superficial que puedan incidir sobre el comportamiento hidrológico del área de estudio.

Para mayor detalle de las partes, obras y acciones del Proyecto, referirse al Capítulo 1 del presente EIA.

3.6.2 Objetivos

3.6.2.1 Objetivo general

Caracterizar el componente ambiental Hidrología en el área de estudio del Proyecto “Mejoramiento Ruta 68: Santiago - Peaje Lo Prado”, a nivel regional y local, con el propósito de describir las condiciones hidrológicas naturales existentes y su relación con el emplazamiento de las partes, obras y acciones del Proyecto.

Esta caracterización se desarrolla en función de las partes, obras y acciones del Proyecto, constituyendo un insumo técnico para la identificación, delimitación y justificación del área de influencia del componente Hidrología, así como para la evaluación de los potenciales impactos ambientales sobre el recurso hídrico superficial, en cumplimiento de lo establecido en la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y en el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, aprobado mediante el D.S. N°40/2012 del Ministerio del Medio Ambiente.

3.6.2.2 Objetivos específicos

- Identificar las cuencas, subcuencas y subsubcuencas en las que se inserta el Proyecto, considerando su contexto hidrográfico regional y local.
- Describir las condiciones geomorfológicas, climáticas e hidrológicas del área de estudio, a partir de antecedentes oficiales e información representativa del sector.
- Caracterizar la red hidrográfica regional y local, considerando cauces, canales, obras de drenaje y sistemas de escurrimiento superficial relacionados con el Proyecto.
- Determinar y justificar el área de influencia del componente Hidrología, en función de la interacción entre las obras proyectadas y la red hidrográfica local.
- Identificar los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales existentes en el área de estudio y su entorno.
- Caracterizar el régimen de precipitaciones y caudales del área de estudio, mediante estaciones meteorológicas y fluviométricas representativas.

- Analizar los antecedentes hidrológicos e hidráulicos de ingeniería disponibles para los cauces de interés del Proyecto, considerando caudales de diseño, condiciones de borde, modelaciones hidráulicas y áreas de inundación.
- Evaluar la susceptibilidad del componente Hidrología frente a los potenciales efectos del cambio climático, de acuerdo con los lineamientos vigentes del SEIA.

3.6.3 Determinación y justificación del área de influencia

3.6.3.1 Determinación del área de estudio

De acuerdo con la Guía para la Descripción del Área de Influencia en el SEIA, se distingue entre área de estudio y área de influencia. El área de estudio corresponde al espacio utilizado para caracterizar el contexto ambiental del componente evaluado, mientras que el área de influencia corresponde al espacio donde se predice la ocurrencia de impactos ambientales sobre un objeto de protección del SEIA.

En este contexto, el presente capítulo define el área de estudio considerada para la caracterización hidrológica del Proyecto, a escala regional y local, y posteriormente determina y justifica el área de influencia asociada al recurso hídrico superficial.

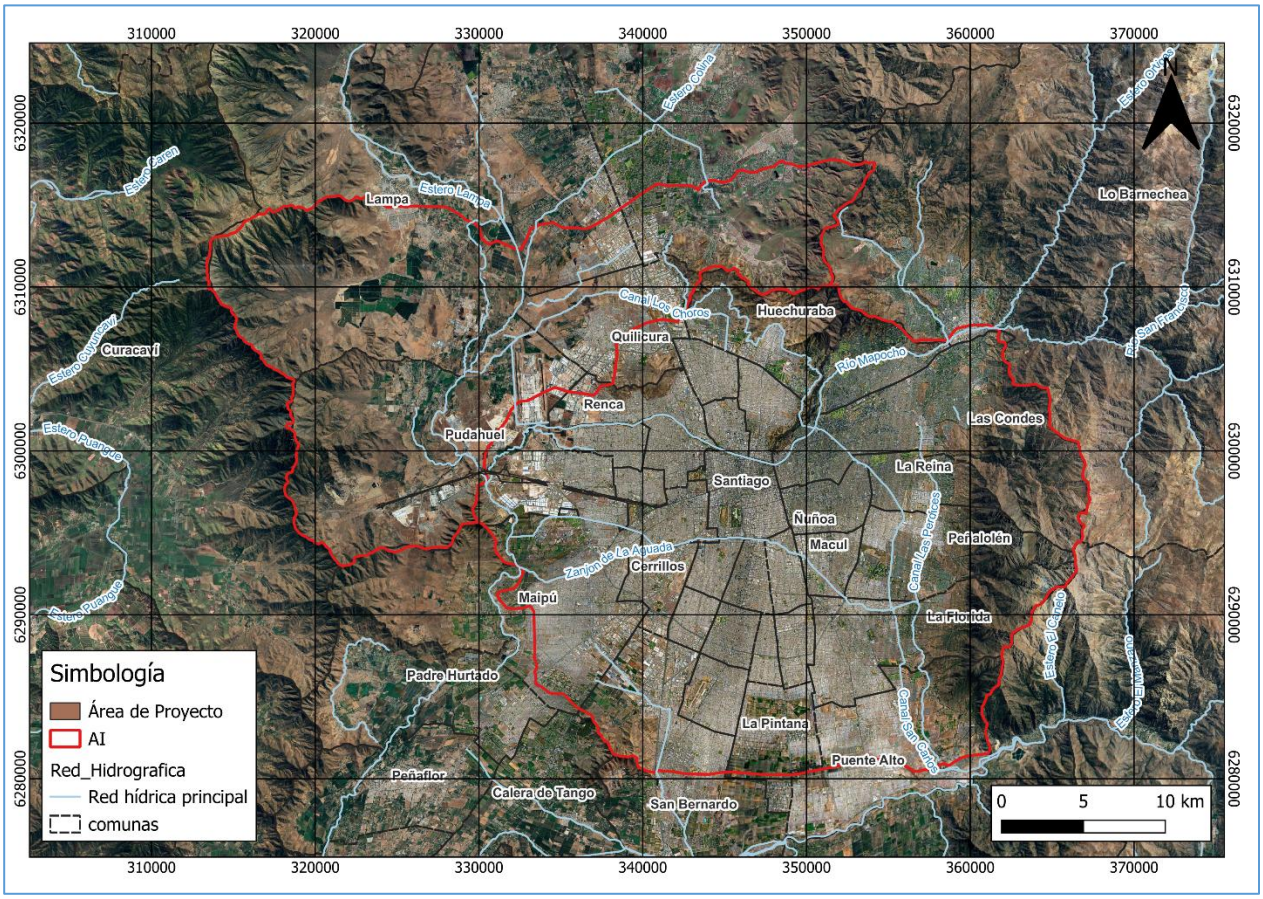
i. Área de estudio Regional

Para la caracterización hidrológica a escala regional, se consideraron como área de estudio las subsubcuencas Río Mapocho Entre Estero de Las Rosas y Estero Lampa y Bajo Zanjón de la Aguada (Código DGA-BNA N°393) y Estero Lampa Entre Estero Colina y Río Mapocho (Código DGA-BNA N°391), unidades hidrográficas oficiales definidas por la Dirección General de Aguas en las cuales se emplazan las principales partes y obras del Proyecto.

La selección de estas unidades permite contextualizar el Proyecto dentro de la red hidrográfica regional, incorporando la relación con el río Mapocho, el estero Colina, el estero Lampa y otros cauces o sistemas de drenaje asociados al sector poniente de la cuenca de Santiago. Asimismo, permite integrar las condiciones geomorfológicas, hidrológicas y climáticas generales del territorio, junto con la identificación de los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales presentes en el entorno regional.

En la Figura 3-1 se presenta el área de estudio regional considerada para la caracterización hidrológica del Proyecto.

Figura 3-1 Área de estudio regional del componente Hidrología



Fuente: GAC

ii. Área de estudio local

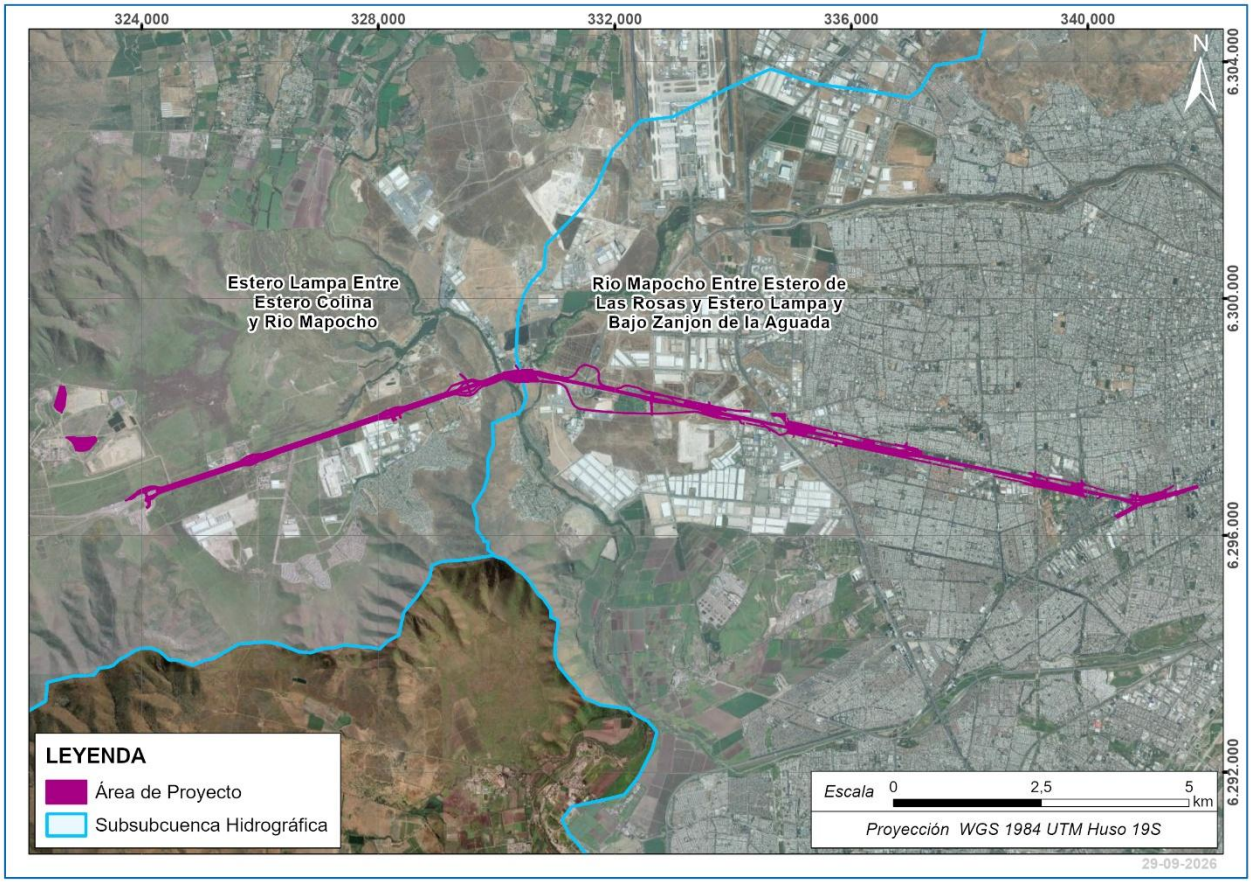
Para la caracterización hidrológica a escala local, se consideró como área de estudio el entorno inmediato de los sectores donde se emplazan las partes, obras y acciones del Proyecto, correspondientes al tramo urbano de la Ruta 68 entre el sector Enlace Pajaritos y el sector Peaje Lo Prado.

Esta delimitación permite caracterizar con mayor detalle la organización del drenaje superficial en las cercanías de las obras proyectadas, incluyendo los cauces principales, canales, obras de drenaje, atraviesos hidráulicos existentes, zonas de escurrimiento superficial y demás elementos hidrológicos que podrían presentar interacción con la infraestructura vial existente y proyectada.

La definición del área de estudio local se realizó considerando la topografía del terreno, la cartografía hidrográfica disponible, modelos digitales de elevación, imágenes satelitales recientes, antecedentes de ingeniería del Proyecto y los registros levantados durante la campaña de terreno. Esto permitió revisar la relación espacial entre las obras proyectadas y la red hidrográfica local, con especial atención en los sectores asociados al río Mapocho, estero Colina y sistemas de drenaje menores identificados en el área.

El área de estudio local puede apreciarse en el acercamiento presentado en la Figura 3-2, donde se muestra el emplazamiento de las obras dentro de su contexto hidrológico local.

Figura 3-2. Área de estudio local del componente Hidrología.



Fuente: GAC

3.6.3.2 Determinación y justificación del área de influencia

De acuerdo con la Guía Áreas de Influencia en el SEIA (SEA, 2026), el área de influencia corresponde al espacio geográfico donde se predice la ocurrencia de impactos ambientales generados por las partes, obras o acciones de un proyecto.

Para el componente Hidrología, la delimitación del área de influencia se realizó a partir del cruce espacial entre las partes y obras del Proyecto y la red hidrográfica local identificada mediante cartografía oficial, antecedentes de ingeniería, fotointerpretación y reconocimiento en terreno. A partir de este análisis, se identificaron aquellos cauces, canales y sistemas de drenaje que presentan interacción potencial con las obras proyectadas, diferenciando entre cauces principales y obras de drenaje menores o canales artificiales.

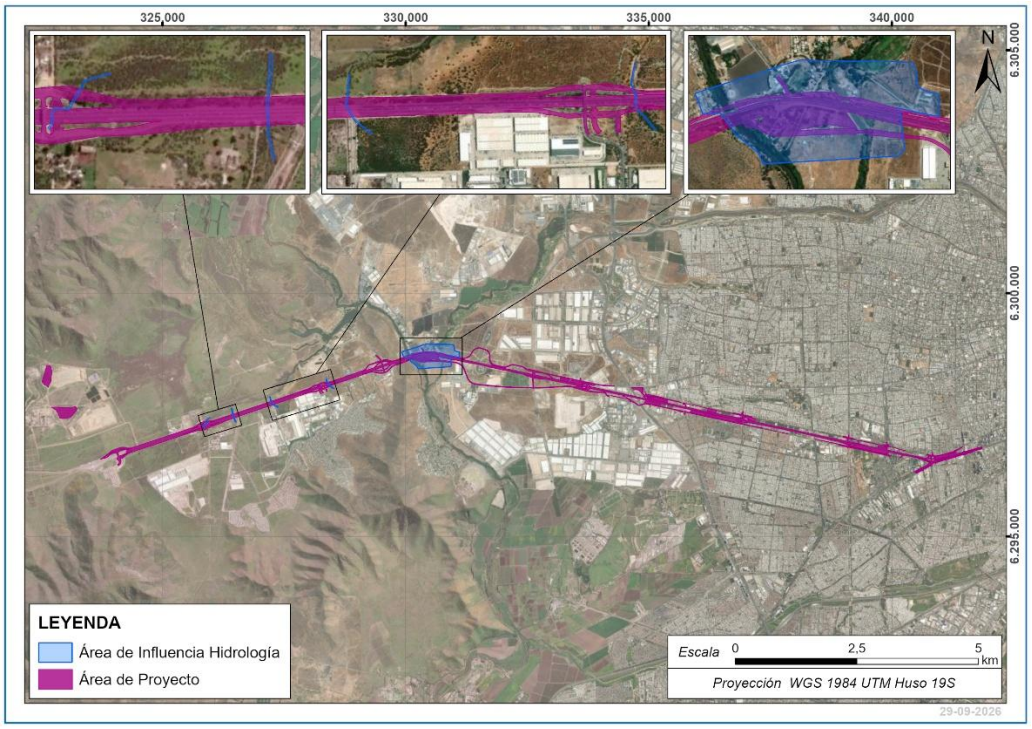
En el caso del río Mapocho y el estero Colina, el área de influencia se definió considerando los sectores de interacción directa con las obras proyectadas y el área de inundación asociada a los resultados de la modelación hidráulica. Para estos cauces, la delimitación se extendió hasta 100 m aguas arriba y aguas abajo del sector de intervención, considerando los antecedentes de modelación hidráulica disponibles y el criterio de incorporar el tramo donde podrían manifestarse modificaciones locales sobre las condiciones de escurrimiento superficial, niveles de agua o conectividad hidráulica.

Para los canales y obras de drenaje menores identificados en el área de estudio local, el área de influencia se delimitó considerando los puntos de intersección con las obras del Proyecto. En estos casos, se incorporó un tramo de 100 m aguas arriba y 100 m aguas abajo respecto del punto de cruce o interacción, junto con un buffer lateral de 5 m medido desde los bordes de los canales. Este criterio permite representar el entorno inmediato donde podrían generarse modificaciones locales sobre el escurrimiento superficial, continuidad hidráulica o funcionamiento de las obras de drenaje existentes.

De esta forma, el área de influencia del componente Hidrología presenta un carácter discontinuo, asociado específicamente a los cauces, canales y obras de drenaje donde se identifica una interacción potencial con las partes y obras del Proyecto. Esta delimitación permite focalizar el análisis en los sectores donde podrían manifestarse efectos sobre el recurso hídrico superficial.

En la Figura 3-3 se presenta la delimitación del área de influencia considerada para el componente Hidrología.

Figura 3-3. Área de influencia del componente Hidrología.



Fuente: GAC

3.6.4 Metodología

3.6.4.1 Recopilación y análisis de información

Para la caracterización de la componente ambiental de hidrología se contempló, en una primera instancia, la revisión de los antecedentes disponibles para el área de influencia del Proyecto. Esto consideró la consulta de la información disponible de:

- Dirección General de Aguas (DGA) a través de su mapoteca.
- Zonas climáticas según Köppen-Geiger escala 1:1.500.000 de IDE Chile (IDE Chile, 2017).
- Red hídrica de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN) esala 1:250.000 (BCN, 2023).
- Red hídrica de la carta del Instituto Geográfico Militar (IGM) escala 1:50.000.
- Infraestructura de Evacuación de Aguas Lluvias de la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP, escala 1:5.000.

3.6.4.2 Trabajo en gabinete

iii. Contexto Regional

a) IDENTIFICACIÓN DE CUENCAS A NIVEL REGIONAL

Con base en los productos vectoriales disponibles en la mapoteca de la Dirección General de Aguas, se establecieron las cuencas, subcuencas y subsubcuencas en las que se encuentra emplazada el área de influencia.

b) Caracterización geomorfológica

La caracterización geomorfológica del área de influencia se realizó a partir de la cartografía de Börgel (1983), identificando la unidad morfoestructural en la cual se emplaza el Proyecto. Esta información fue analizada en conjunto con la red hidrográfica y la ubicación de las obras proyectadas, con el propósito de describir las condiciones generales del relieve y su relación con los procesos de escorrentía superficial.

c) Caracterización hidrológica y climática

Las características climática e hidrológica se determinaron en base a la clasificación de Köppen-Geiger en Chile, escala 1:1.500.000 (IDE Chile, 2017).

d) Definición de la red hidrográfica regional

La red hidrográfica regional fue definida con base en la red hídrica nacional de la Biblioteca Nacional de Chile, escala 1:250.000 (BCN, 2023).

e) Identificación de derechos de aprovechamiento de aguas superficial

La identificación de los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales en el área de influencia se realizó basándose el catastro oficial de la DGA. Los datos fueron procesados en software SIG. Para asegurar la compatibilidad de los análisis y datos, se procedió a reproyectar los datos de derechos de agua en datum PSAD56 y SAD59 al datum WGS84 huso 19S.

f) Caracterización de la precipitación anual

Para la caracterización de la precipitación en el área de estudio se considerarán las estaciones meteorológicas cercanas al emplazamiento del Proyecto, priorizando aquellas administradas por la Dirección General de Aguas (DGA) y/o la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), que dispongan de registros continuos, consistentes y de buena calidad de precipitación diaria.

De acuerdo con lo señalado, y a la proximidad con las obras del Proyecto, se tomaron en consideración 3 estaciones meteorológicas con una escala temporal de 30 años, las que se identifican a continuación:

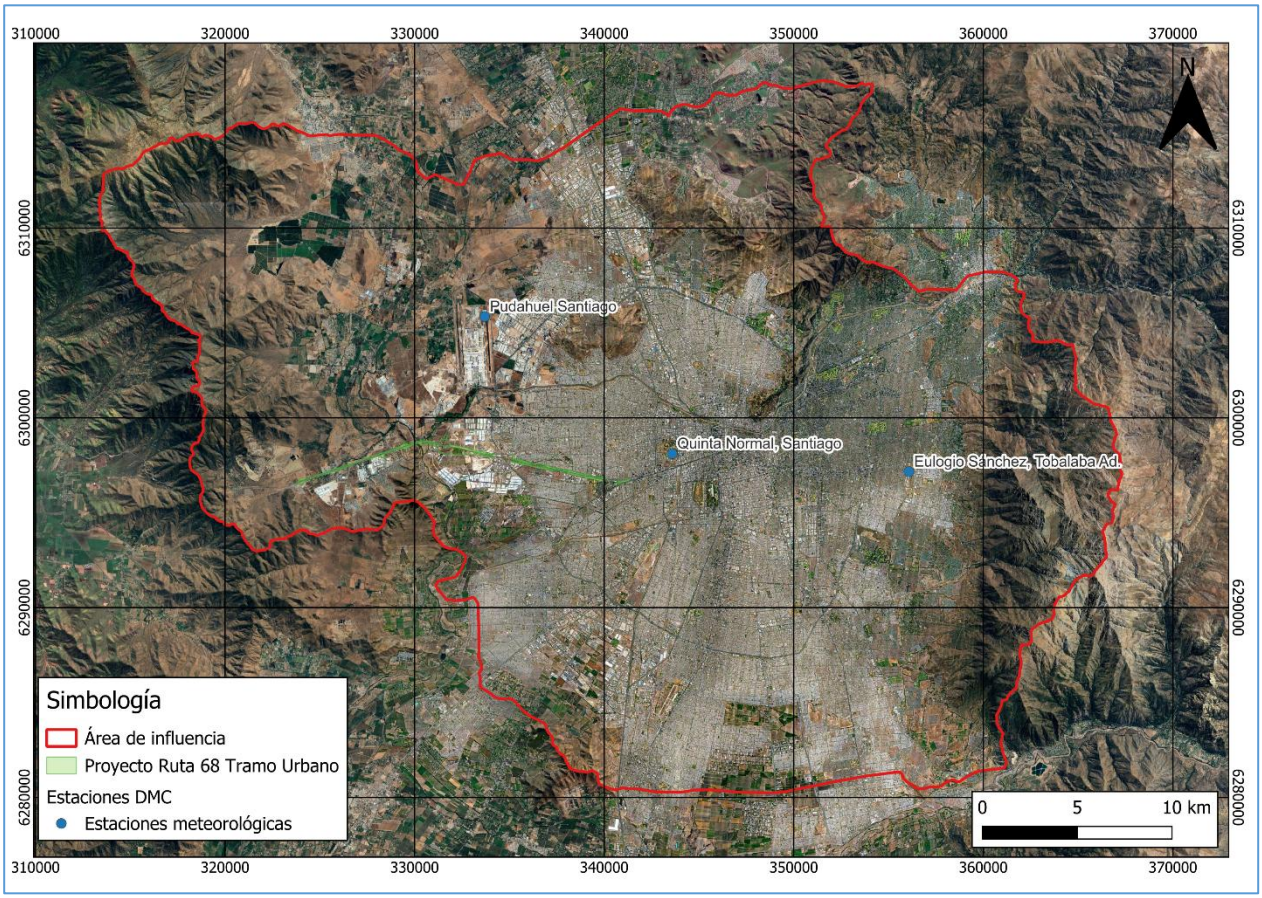
Tabla 3-1 Estaciones meteorológicas consideradas para la Línea de Base hidrológica

Estación	Centro	Altitud (msnm)	Años de registro	Distancia al proyecto (km)	Coordenadas UTM WGS84 huso 19S	
					Este	Norte
Estación Quinta Normal, Santiago (330020)	DMC	520	1990 – 2020	2,6	343.586,68	6.298.112,41
Estación Pudahuel Santiago (330021)	DMC	474	1990 – 2020	7,0	333.698,71	6.305.342,39
Eulogio Sánchez, Tobalaba Ad. (330019)	DMC	650	1990 – 2020	14,8	356.075,93	6.297.166,41

Fuente: elaboración propia en base a la Dirección Meteorológica de Chile.

En la Figura 3-4 se presenta la ubicación de las estaciones meteorológicas:

Figura 3-4 Ubicación de las estaciones meteorológicas escogidas para la para la Línea de Base hidrológica



Fuente: elaboración propia en base a la Dirección Meteorológica de Chile.

A partir de los datos obtenidos desde las plataformas de la DMC, se generaron series temporales de precipitación diaria, sobre las cuales se desarrolló un análisis mensual y anual, con el propósito de describir el comportamiento promedio de las precipitaciones, identificar los meses de mayor y menor pluviosidad y reconocer las tendencias generales del régimen climático en el área de influencia.

g) CARACTERIZACIÓN FLUVIOMÉTRICAS

Para la caracterización de la fluviometría en el área de influencia se considerarán las estaciones fluviométricas cercanas al emplazamiento del Proyecto, priorizando aquellas administradas por la Dirección General de Aguas (DGA) que dispongan de registros continuos, consistentes y de buena calidad de precipitación diaria.

De acuerdo con lo señalado, y a la proximidad con las obras del Proyecto, se tomaron en consideración 4 estaciones meteorológicas con una escala temporal de 30 años, las que se identifican a continuación:

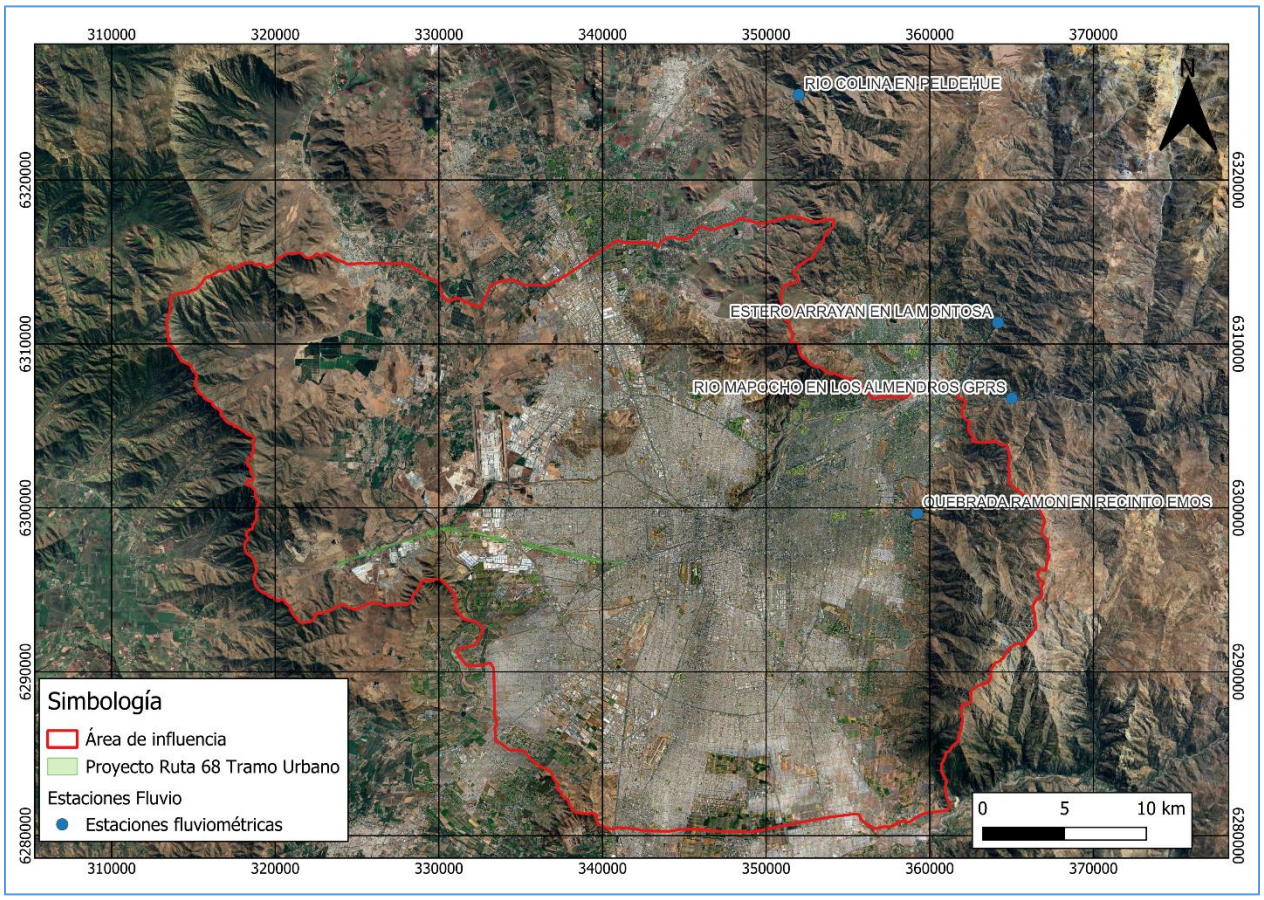
Tabla 3-2 Estaciones fluviométricas consideradas para la Línea de Base hidrológica

Estación	Años de registro	Distancia al proyecto (km)	Coordenadas UTM WGS84 huso 19S	
			Este	Norte
Estero Arrayán en la montosa	1990 – 2020	27,1	364.171	6.311.298
Quebrada Ramón en recinto emos	1990 – 2020	18,5	359.226	6.299.663
Rio colina en Peldehue	1990 – 2020	30,5	351.984	6.325.196
Rio Mapocho en los almendros	1990 – 2020	25,7	365.020	6.306.679

Fuente: elaboración propia en base a la Dirección General de Aguas.

En la Figura 3-5 presentada a continuación señala la ubicación de las estaciones fluviométricas:

Figura 3-5 Ubicación de las estaciones fluviométricas escogidas para la para la Línea de Base hidrológica



Fuente: elaboración propia en base a la Dirección General de Aguas.

A partir de los datos obtenidos desde las plataformas de la DGA, se generaron series temporales de caudales diarios, sobre las cuales se desarrolló un análisis mensual y anual, con el propósito de describir el comportamiento promedio de los caudales dentro del AI, identificar los meses de mayor y menor flujo de agua y reconocer las tendencias generales del régimen fluviométrico en el área de influencia.

iv. Contexto Local

a) Definición de la red hidrográfica local

La red hidrográfica local fue definida a partir de la cartografía del Instituto Geográfico Militar (IGM) a escala 1:50.000, específicamente las cartas E057-Pudahuel y E058-Santiago. Esta información fue complementada con la cartografía oficial disponible en la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), a escala 1:25.000, junto con fotointerpretación de imágenes satelitales y análisis espacial en entorno SIG mediante el software QGIS, con el propósito de verificar la continuidad, trazado y relación de la red hidrográfica con las obras del Proyecto.

b) Antecedentes hidrológicos e hidráulicos de ingeniería

Como parte de la caracterización hidrológica local, se revisaron los antecedentes técnicos contenidos en el documento “Proyecto de Ingeniería de Detalles, Sector 1 - Subsector B, Puente Mapocho – Puente Pudahuel, Volumen 2: Ingeniería Básica, Tomo 3: Hidrología e Hidráulica”, elaborado para el Proyecto Ruta 68. Este informe tiene por finalidad consolidar los antecedentes hidrológicos e hidráulicos disponibles para los cruces asociados al río Mapocho y al estero Lampa, con el objeto de respaldar los criterios de diseño de las estructuras proyectadas y las condiciones de borde utilizadas en las modelaciones hidráulicas.

La revisión consideró los antecedentes de precipitación máxima en 24 horas, caudales de crecida para distintos períodos de retorno, hidrogramas de diseño, condiciones de borde y resultados de modelaciones hidráulicas desarrolladas para el entorno de los puentes Mapocho y Pudahuel. En particular, el informe de ingeniería presenta antecedentes de pluviometría centenaria, caudales de diseño para períodos de retorno de 100, 200 y 300 años, y modelaciones hidráulicas bidimensionales utilizadas para evaluar las condiciones de escurrimiento e inundación en el entorno de los cauces principales asociados al Proyecto.

Adicionalmente, se consideró que el informe de ingeniería hidráulica incorpora como antecedente base el estudio “Hidrología e Hidráulica. Estudio Hidrológico de Crecidas del Río Mapocho y del Zanjón de La Aguada”, correspondiente al Anexo 1 de hidrología, junto con estudios hidráulicos asociados al río Mapocho y Zanjón de La Aguada.

Cabe señalar que se identifican diferencias en la nomenclatura utilizada para el cauce analizado, según la fuente de información consultada. En la cartografía base utilizada para el presente estudio, el curso de agua que presenta interacción con las obras del Proyecto es identificado como estero Colina, denominación que se mantiene en el presente documento para efectos de consistencia con la caracterización ambiental desarrollada. No obstante, los antecedentes hidrológicos e hidráulicos de ingeniería revisados para el Proyecto identifican el sector asociado al Puente Pudahuel y su tramo hacia la confluencia con el río Mapocho como estero Lampa. En particular, el informe de ingeniería del Proyecto señala que las obras de reemplazo corresponden a los puentes Mapocho y Pudahuel, que atraviesan el río Mapocho y el estero Lampa, respectivamente.

Asimismo, los antecedentes hidrológicos recopilados en dicho informe diferencian entre el estero Colina antes de su confluencia con el estero Lampa y el estero Lampa antes de su confluencia con el río Mapocho, lo que permite interpretar que ambos nombres forman parte de un mismo sistema de drenaje, pero corresponden a tramos o puntos de control distintos dentro del análisis hidrológico.

Por lo anterior, para efectos del presente capítulo se mantiene la denominación estero Colina cuando se haga referencia a la cartografía base, reconocimiento local y caracterización ambiental del Proyecto. En cambio, cuando se presenten antecedentes provenientes de los estudios de ingeniería hidráulica, se conservará la nomenclatura original de dichos documentos, correspondiente a estero Lampa, estero Colina o sistema Lampa-Colina-Mapocho, según el punto de control informado.

De esta forma, la metodología considera la incorporación de antecedentes de ingeniería ya desarrollados para el Proyecto, con el fin de utilizar información consistente con los criterios de diseño hidráulico, especialmente en lo referido a precipitaciones de diseño, caudales de crecida, condiciones de borde y áreas de inundación modeladas.

v. Susceptibilidad del cambio climático

Con el objeto de incorporar consideraciones de cambio climático en la zona, se ha considerado lo establecido en la Guía Metodológica para la Consideración del Cambio Climático en el SEIA (SEA, 2023), donde se definen tanto criterios, conceptos y consideraciones para desarrollar dicho análisis. Adicionalmente, se han considerado los criterios establecidos en el documento Criterio de Evaluación en el SEIA: Cambio Climático en la Evaluación Ambiental del Recurso Hídrico (SEA, 2023).

Mayores detalles metodológicos se encuentran en el Anexo 3.4 del EIA.

3.6.5 Resultados

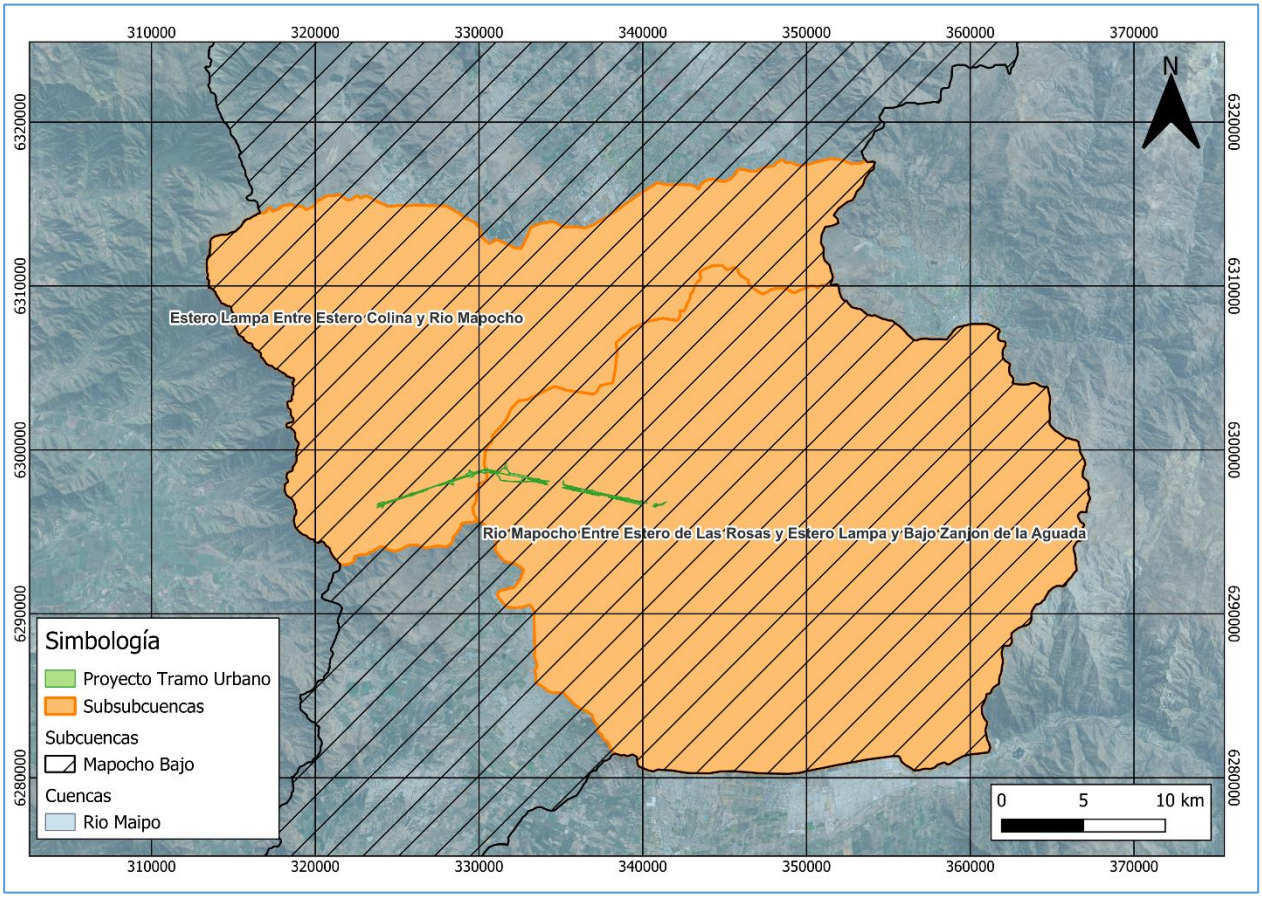
3.6.5.1 Contexto regional

i. Identificación de cuencas a nivel regional

De acuerdo con la delimitación de cuencas de la Dirección General de Aguas, el Proyecto se emplaza dentro de la cuenca del Río Maipo (Código DGA-BNA N°51), subcuenca Mapocho Bajo (Código DGA-BNA N°176), subsubcuencas de Rio Mapocho Entre Estero de Las Rosas y Estero Lampa y Bajo Zanjón de la Aguada (Código DGA-BNA N°393) y Estero Lampa Entre Estero Colina y Rio Mapocho (Código DGA-BNA N°391).

En la Figura 3-6 se presenta la ubicación del Proyecto dentro del contexto regional, mostrando los límites de cuenca, subcuenca y subsubcuenca definidos por la DGA-BNA (2024).

Figura 3-6 Identificación georreferenciada de las cuencas y subcuencas en que se emplaza el Proyecto.



Fuente: elaboración propia desde catalogo DGA, 2026

La cuenca del rio Maipo, se emplaza en el centro de Chile, cubriendo un 91% de la región Metropolitana, un 4% de la región de Valparaíso y un 5% de la región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Tiene un área de 15.304 km2 y alberga a la capital del país (DGA, 2021).

Su régimen es de carácter pluvio-nival, caracterizado por altos caudales en periodo invernal por lluvias y deshielos en verano. Su régimen está determinado por el clima mediterráneo con estaciones marcadas, donde las precipitaciones se concentran en los meses entre mayo a agosto, mientras que los veranos se extienden desde diciembre a abril caracterizados por ser secos y de altas temperaturas.

A nivel de Proyecto, se destaca la presencia del río Mapocho y el estero Colina, principales cauces del área de influencia. Ambos cauces presentan escorrentía permanente.

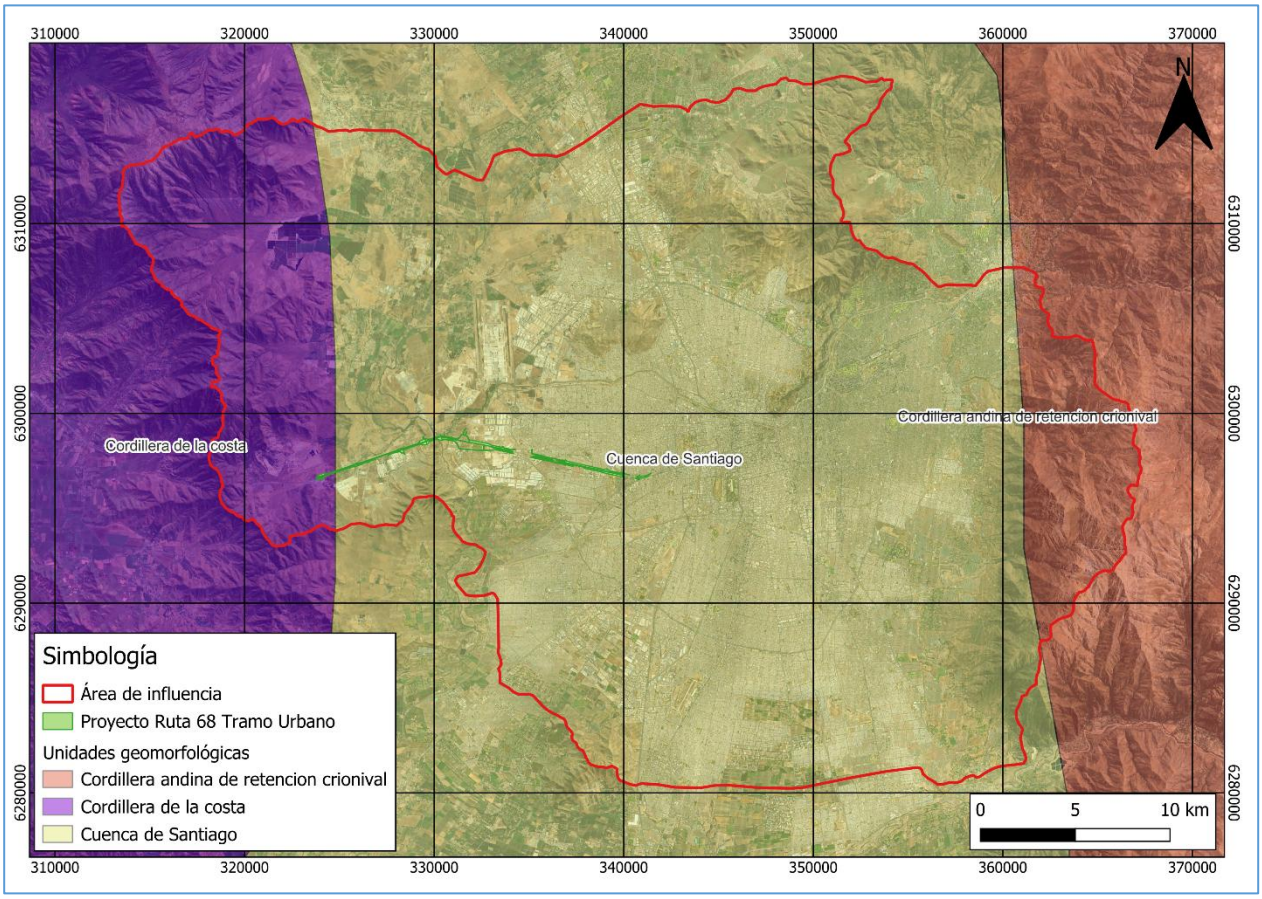
ii. Características geomorfológicas

EL área de influencia del Proyecto se localiza en 3 unidades geomorfológicas, definidas por Börgel (1983): (1) Cuenca de Santiago; (2) Cordillera de la costa y (3) Cordillera andina de retención crionival.

La unidad Cuenca de Santiago corresponde a una depresión intermontana emplazada entre la Cordillera de los Andes y la Cordillera de la Costa. Presenta una orientación predominante norte-sur y se encuentra delimitada por sistemas montañosos que condicionan la dirección del drenaje superficial y la acumulación de sedimentos en su interior. Hacia el poniente, la conexión con sectores de menor elevación se produce a través de aperturas naturales de la Cordillera de la Costa, asociadas a los principales cursos fluviales que drenan la cuenca.

Desde el punto de vista geomorfológico, esta unidad se caracteriza por procesos de relleno sedimentario asociados principalmente a los ríos Mapocho y Maipo. Estos procesos han contribuido a la conformación de superficies relativamente planas y de baja pendiente, sobre las cuales se desarrolla gran parte del área urbana de Santiago. Asimismo, la evolución geomorfológica de la cuenca ha estado influenciada por episodios de sedimentación vinculados a procesos fluviales, glaciales y volcánicos, de acuerdo con lo descrito por Börgel (1983).

Figura 3-7 Geomorfología del Área de influencia

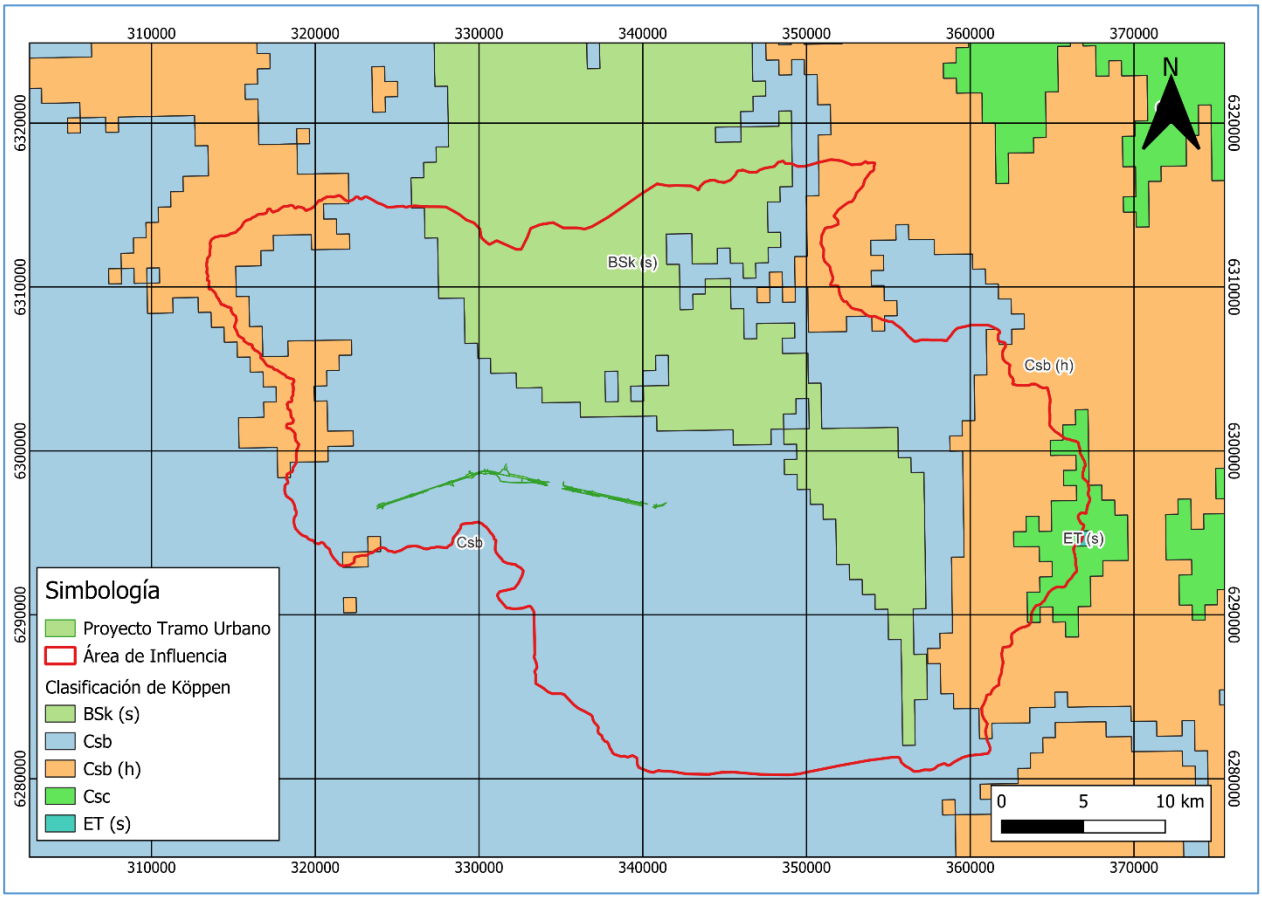


Fuente: elaboración propia en base a Börgel (1983)

iii. Caracterización hidrológica y climática

El área de influencia del proyecto está representada por 5 tipos de climas diferentes, basados en la clasificación de Köppen. La siguiente tabla señala los climas presentes y su representación dentro del área de influencia:

Figura 3-8 Climas presentes en el AI según la clasificación de Köppen



Fuente: elaboración propia en base a Zonas climáticas de Chile según Köppen-Geiger

Tabla 3-3 Características de los climas presentes según clasificación de Koppen

Sigla	Nombre	Precipitación media (mm)	Temperatura media (°C)	Altura mínima (msnm)	Altura máxima (msnm)	Superficie dentro del AI (Ha)	Porcentaje del AI (%)
ET (s)	Clima de tundra de lluvia invernal	700	3	1800	4750	21	0,02
Csc	Clima mediterráneo frío de lluvia invernal	900	6	650	2500	1.771	1,36
Csb (h)	Clima mediterráneo de lluvia	900	9	1000	3000	17.209	13,21

Sigla	Nombre	Precipitación media (mm)	Temperatura media (°C)	Altura mínima (msnm)	Altura máxima (msnm)	Superficie dentro del AI (Ha)	Porcentaje del AI (%)
	invernal de altura						
BSk (s)	Clima semiárido de lluvia invernal	130	12,5	50	3100	31.019	23,81
Csb	Clima mediterráneo de lluvia invernal	700	11	100	1000	80.272	61,61
					TOTAL	**130.292**	**100,00**

Fuente: elaboración propia en base a Zonas climáticas de Chile según Köppen-Geiger

De acuerdo con la Tabla 3-3, la mayor representatividad climática dentro del AI la posee el Clima mediterráneo de lluvia invernal (Csb), seguido del Clima semiárido de lluvia invernal (BSk (s)) y el Clima mediterráneo de lluvia invernal de altura (Csc). Estos 3 tipos de climas representan más del 98% del clima del AI.

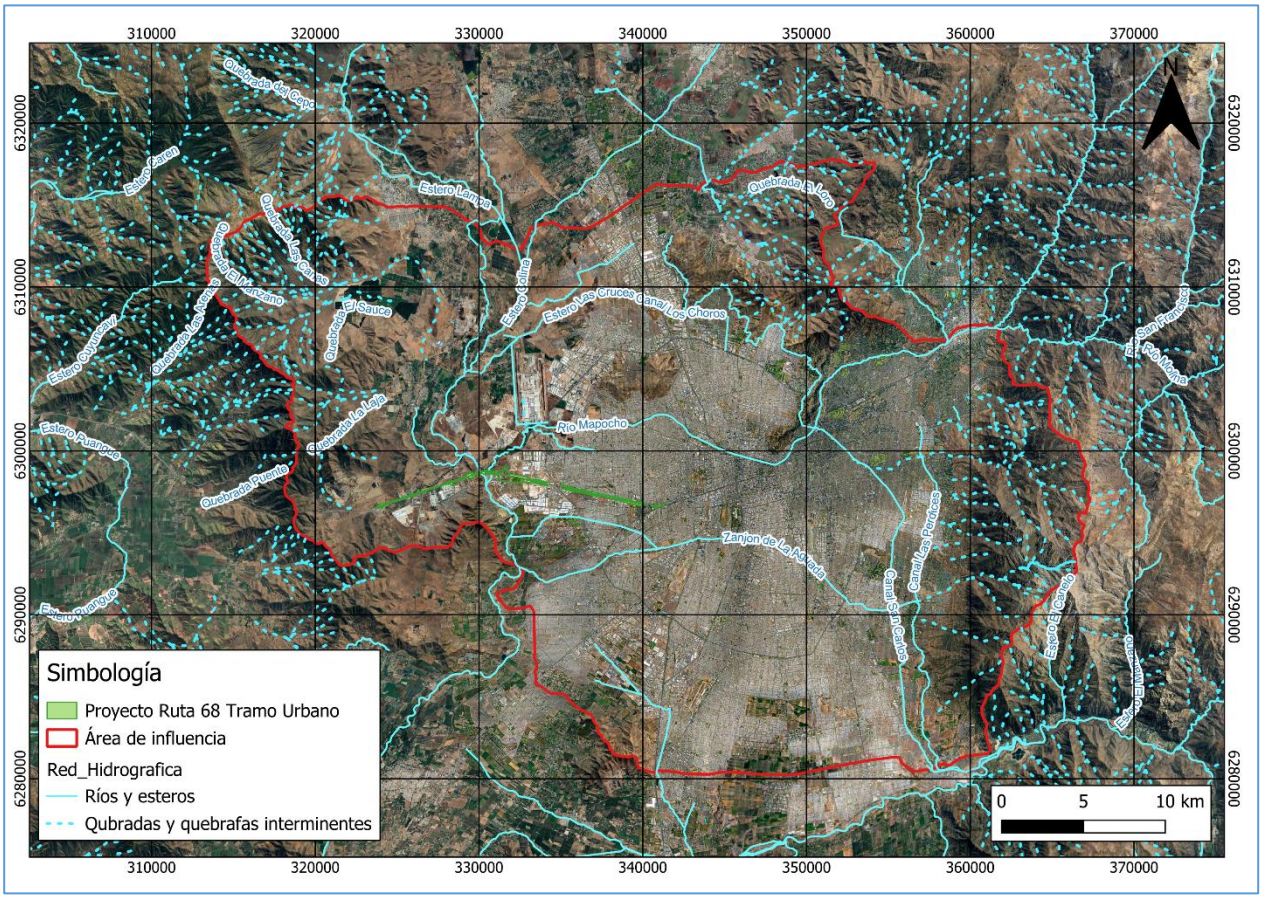
Los climas Csb y BSk (s) se caracterizan por precipitaciones invernales y temperaturas promedio bajo los 12,5 °C. Las precipitaciones no superan los 100 mm ocurren principalmente por el paso de sistemas frontales provenientes del Pacífico suroriental. La distribución temporal de las lluvias presenta una marcada estacionalidad, con períodos prolongados de sequedad durante primavera y verano.

Marginalmente, se identifican los climas de tundra de lluvia invernal (ET (s)) y Clima mediterráneo frío de lluvia invernal (Csc) que, en conjunto, no superan la representatividad del 1,5%. Estos se climas se localizan principalmente en la zona cordillerana y precordillerana, específicamente entre los 1800 a 4750 msnm para ET (s) y 650 a 2500 msnm para Csc.

iv. Definición de la red hidrográfica regional

La figura a continuación señala los principales cauces y quebradas presentes en las subsubcuencas Rio Mapocho Entre Estero de Las Rosas y Estero Lampa y Bajo Zanjón de la Aguada (Código DGA-BNA N°393) y Estero Lampa Entre Estero Colina y Rio Mapocho (Código DGA-BNA N°391), correspondientes al AI del Proyecto.

Figura 3-9 Red hidrográfica regional



Fuente: elaboración propia en base a BCN, escala 1:250.0000.

La cuenca del Río Maipo, y las subsubcuencas presentes en el AI tienen un régimen exorreico, donde su principal cauce, el Río Maipo recibe los caudales del río Mapocho, donde a su vez confluyen esteros como el Colina y Lampa. Las subsubcuencas además son alimentadas por diversas quebradas de carácter intermitente, tanto en la cordillera de la costa como Los Andes, las que se activan en periodos de lluvias principalmente durante el invierno.

La subsubcuenca Estero Lampa y Bajo Zanjón de la Aguada tiene como principales afluentes los esteros Colina, Las Cruces, y Lampa, siendo el Colina el de mayor jerarquía. Estos se alimentan de quebradas intermitentes de la cordillera de la costa.

La subsubcuenca Rio Mapocho Entre Estero de Las Rosas posee los afluentes principales del área de influencia, destacando el Río Mapocho y los canales San Carlos, Las Perdices y el zanjón de la aguada. Estos se alimentan de quebradas intermitentes de la cordillera de los Andes.

La ocupación de la cuenca de Santiago ha propiciado la construcción de sistemas de colectores de aguas lluvia, determinados por el Plan Maestro de Aguas Lluvia. Este detalle se expone en el punto vi Definición de la red hidrográfica a nivel local.

v. Identificación de derechos de aprovechamiento de aguas superficial

El catastro de derechos de aprovechamiento de aguas de la DGA[1] señala un total de 13 derechos de carácter superficial, todos de uso consuntivo.

Las fuentes son variadas, 4 corresponden vertientes; 4 a quebradas y 5 a río/estero. Geográficamente, 9 se concentran en la cordillera de los Andes obteniendo recursos desde la Quebrada del Medio, Vertiente sin Nombre, Vertiente Nido de Aguila, Vertiente Colonial 2, Vertiente El Colonial y la Vertiente Quebrada El Litre; 2 se ubican al norte del área de influencia, extrayendo recursos desde la quebrada Las Cañas, mientras que los 2 restantes corresponden a extracciones desde los esteros Colina y Lpa, en la zona poniente del AI.

En cuanto a caudales otorgados (promedio anual), la media es menor a los 1,5 l/s con 2 extracciones de 2,3 l/s y 2,4 l/s. Sin embargo, se destacan 2 derechos de mayor caudal, correspondientes a 475 l/s y 100 l/s extraídos desde el estero Lampa y Colina, respectivamente.

La ubicación de los derechos de aguas y sus características se señalan en la tabla y figura a continuación:

Tabla 3-4 Derechos de agua superficial en el AI del Proyecto.

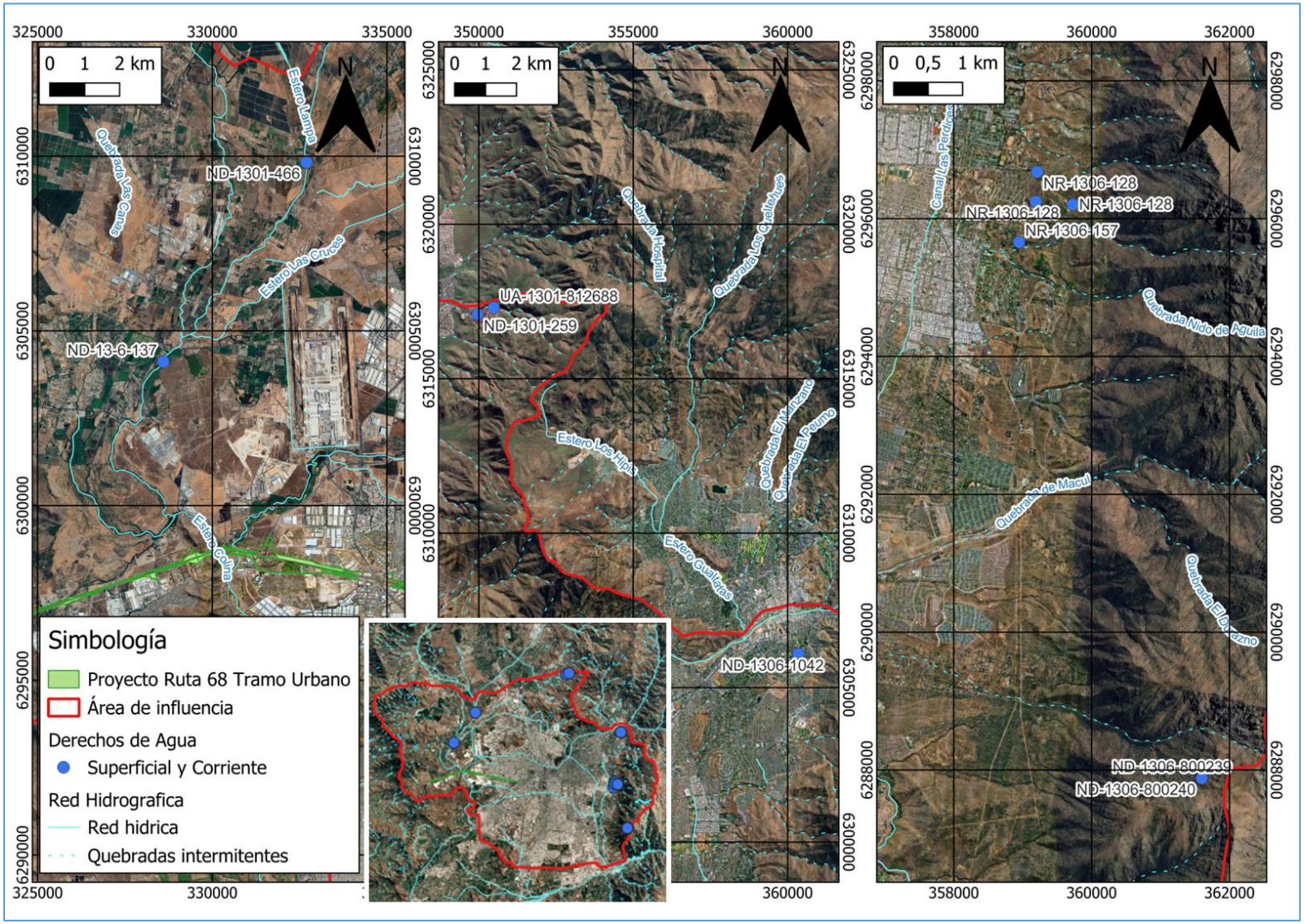
Código de Expediente	Nombre Solicitante	Tipo Derecho	Clasificación Fuente	Fuente	Caudal Anual Prom (l/s)	UTM Norte (m)*	UTM Este (m)*
ND-1301-259	AGUAS MANQUEHUE S.A.	Consuntivo	Rio/Estero	Quebrada Las Cañas	2	349958	6317082
ND-1301-466	AGRICOLA LOMBARDA LIMITADA.	Consuntivo	Rio/Estero	Estero Colina	100	332698	6309830
UA-1301-812688	SOCIEDAD AGRICOLA SEPULVEDA LIMITADA	Consuntivo	Rio/Estero	Quebrada Las Cañas	2,3000	350479	6317300

[1] Consultado el 09-04-2026.

Código de Expediente	Nombre Solicitante	Tipo Derecho	Clasificación Fuente	Fuente	Caudal Anual Prom (l/s)	UTM Norte (m)*	UTM Este (m)*
ND-1306-800239	PABLO ALEJANDRO QUILODRAN VENEGAS	Consuntivo	Quebrada	Quebrada del Medio	0,1920	361598	6287881
ND-1306-800240	PABLO ALEJANDRO QUILODRAN VENEGAS	Consuntivo	Quebrada	Vertiente sin Nombre	0,0480	361598	6287881
NR-1306-157	GLORIA DEL CARMEN NUÑEZ CONTRERAS	Consuntivo	Vertiente	Vertiente Nido de Aguila	0,1000	358947	6295660
NR-1306-128	DIVISION DE BIENESTAR	Consuntivo	Vertiente	VERTIENTE COLONIAL 2	1,4000	359211	6296678
NR-1306-128	DIVISION DE BIENESTAR	Consuntivo	Vertiente	VERTIENTE EL COLONIAL	2,8000	359191	6296245
NR-1306-128	DIVISION DE BIENESTAR	Consuntivo	Vertiente	VERTIENTE QUEBRADA EL LITRE	0,3000	359728	6296204
ND-1306-403	ANDRES SOMLAI DULA Y OTROS	Consuntivo	Rio/Estero	Quebrada del Medio	0,2400	361598	6287881
ND-1306-1042	MARIA AMPARO LEON VELILLA	Consuntivo	Quebrada	Quebrada Sin Nombre	10	360344	6306085
ND-1306-1042	MARIA AMPARO LEON VELILLA	Consuntivo	Quebrada	Quebrada Sin Nombre	0,8000	360344	6306085
ND-13-6-137	JAIME VALDERRAMA CORREA	Consuntivo	Rio/Estero	Estero Lampa	475	328600	6304120

* Las coordenadas fueron transformadas al sistema UTM WGS84 huso 19S

Fuente: elaboración propia en base a catastro DGA.



Fuente: elaboración propia en base a catastro DGA.

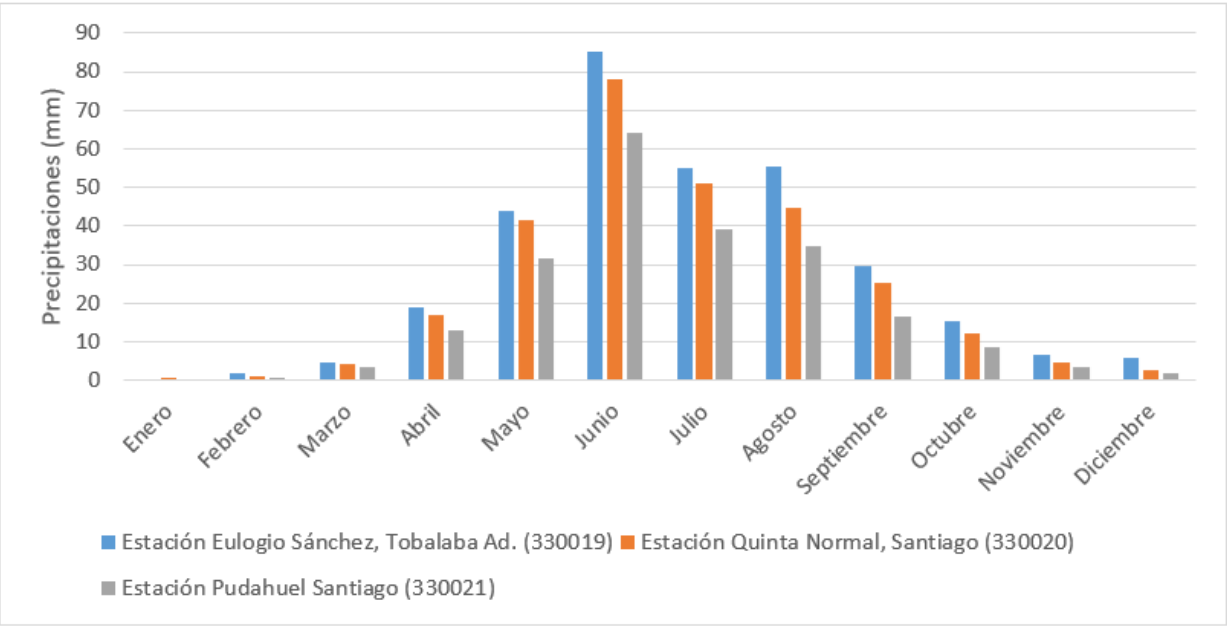
vi. Caracterización de la precipitación anual

En base a los datos provistos por la DMC para las estaciones Estación Eulogio Sánchez, Tobalaba Ad. (330019), Estación Quinta Normal, Santiago (330020) y Estación Pudahuel Santiago (330021), se evidencia que la mayor precipitación tiene ocurrencia en el periodo invernal. Se verifica una mayor pluviometría acumulada en los meses de mayo, junio, julio y agosto (ver Figura 3-10), lo que es congruente con la clasificación climática analizada en el punto iii.

El mayor registro pluviométrico lo posee la Estación Eulogio Sanchez, en consideración a que esta se encuentra en el sector oriente de la cuenca, siendo la más próxima al piedemonte de la cordillera de Los Andes.

Las estaciones Quinta Normal y Pudahuel registran, en promedio, sus mayores precipitaciones en el mes de junio con 77,9 mm y 64,4 mm, respectivamente. Por su parte, el mes de menor precipitación corresponde a enero con 0,6 y 0,3 para las estaciones Quinta Normal y Pudahuel, respectivamente.

Figura 3-10 Precipitación mensual (1990 – 2020)



Fuente: elaboración propia en base a la Dirección Meteorológica de Chile.

vii. Estaciones fluviométricas

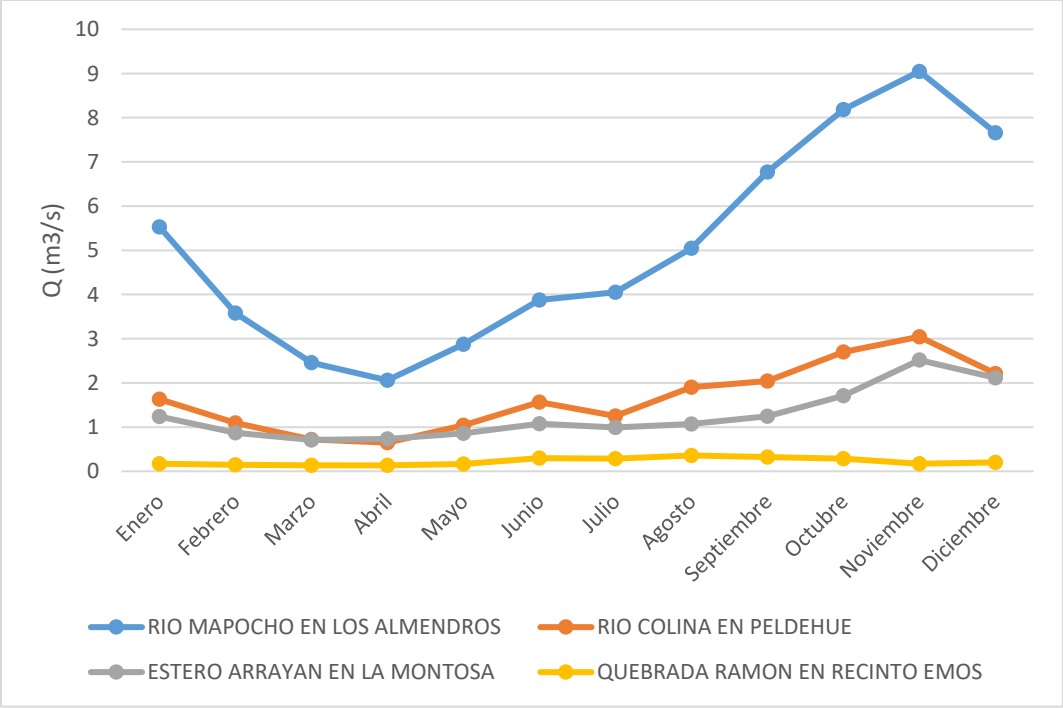
Se analizaron los caudales de 4 estaciones fluviométricas, correspondientes a (1) Estero Arrayán en la montosa; (2) Quebrada Ramón en recinto EMOS; (3) Rio colina en Peldehue y (4) Rio Mapocho en los almendros.

Las cuatro estaciones registran sus mayores caudales en los meses de mayo a noviembre. Lo anterior, se encuentra en concordancia a lo revisado en el punto iii, vale decir, las 4 estaciones fluviométricas registran un

régimen de carácter pluvio-nival, donde el aumento de precipitaciones comienza en los meses de mayo a agosto para luego dar paso a un aumento en los caudales producto del deshielo en los meses de septiembre hasta diciembre (ver Figura 3-11).

Los datos de estas estaciones muestran que el Río Mapocho en Los Almendros es el que carga el mayor caudal. En efecto, su mayor caudal es a causa de su jerarquía, teniendo una mayor cantidad de quebradas y cauces aportantes en este punto, a diferencia de las 3 estaciones restantes. Sin perjuicio de lo anterior, a pesar de la diferencia de caudales entre la estación Río Mapocho en los Almendros y las 3 estaciones restantes, existe correlación con las estaciones Río Colina en Peldehue y Estero Arrayán en La Montosa. Lo anterior, puede tener relación a que estas 3 se encuentran en altitudes similares, en el piedemonte de la Cordillera de Los Andes.

Figura 3-11 Caudales mensuales (1990-2020)



Fuente: elaboración propia en base a la Dirección General de Aguas.

La estación Quebrada de Ramón en recinto EMOS es la de menores caudales registrados. En general, esta se mantiene invariable con caudales registrados entre los 0,13 m^3/s (meses de febrero y marzo) hasta los 0,33 m^3/s (en agosto) en promedio.

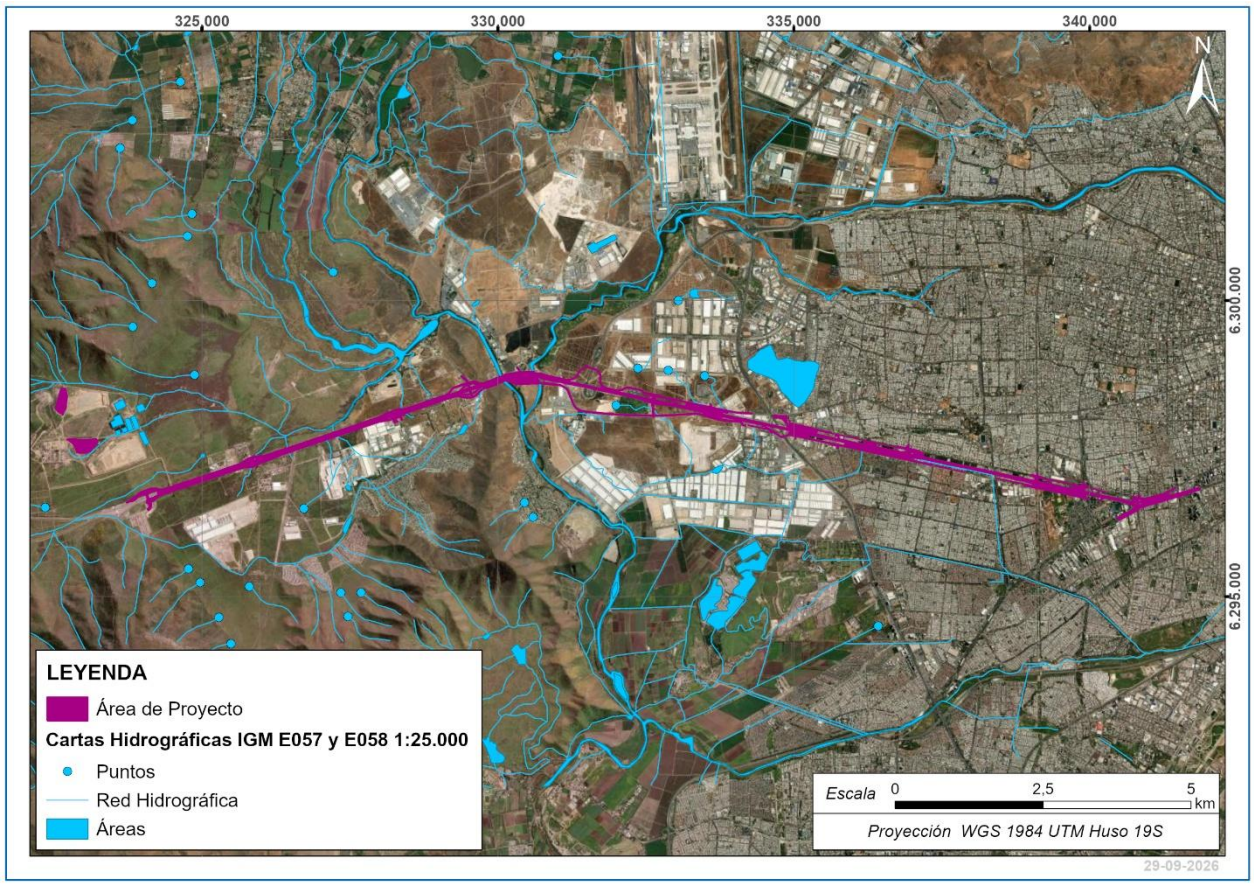
Finalmente, los registros mensuales de las 4 estaciones permiten caracterizar un régimen pluvial de marcada estacionalidad, con 2 momento es de crecidas, la primera a causa de episodios de precipitación en los meses de mayo hasta agosto y la segunda de mayor envergadura en los meses primaverales entre septiembre hasta diciembre, coherente con los deshielos.

3.6.5.2 Contexto Local

i. Definición de la red hidrográfica local

Tal y como se señaló en el punto iv, el área de influencia del Proyecto se caracteriza por la presencia del río Mapocho como principal cauce, seguido de los canales San Carlos y Las Perdices hacia la cordillera y una serie de canales hacia el sector poniente principalmente generados por la urbanización de la cuenca, tal y como lo señala en la Figura 3-12:

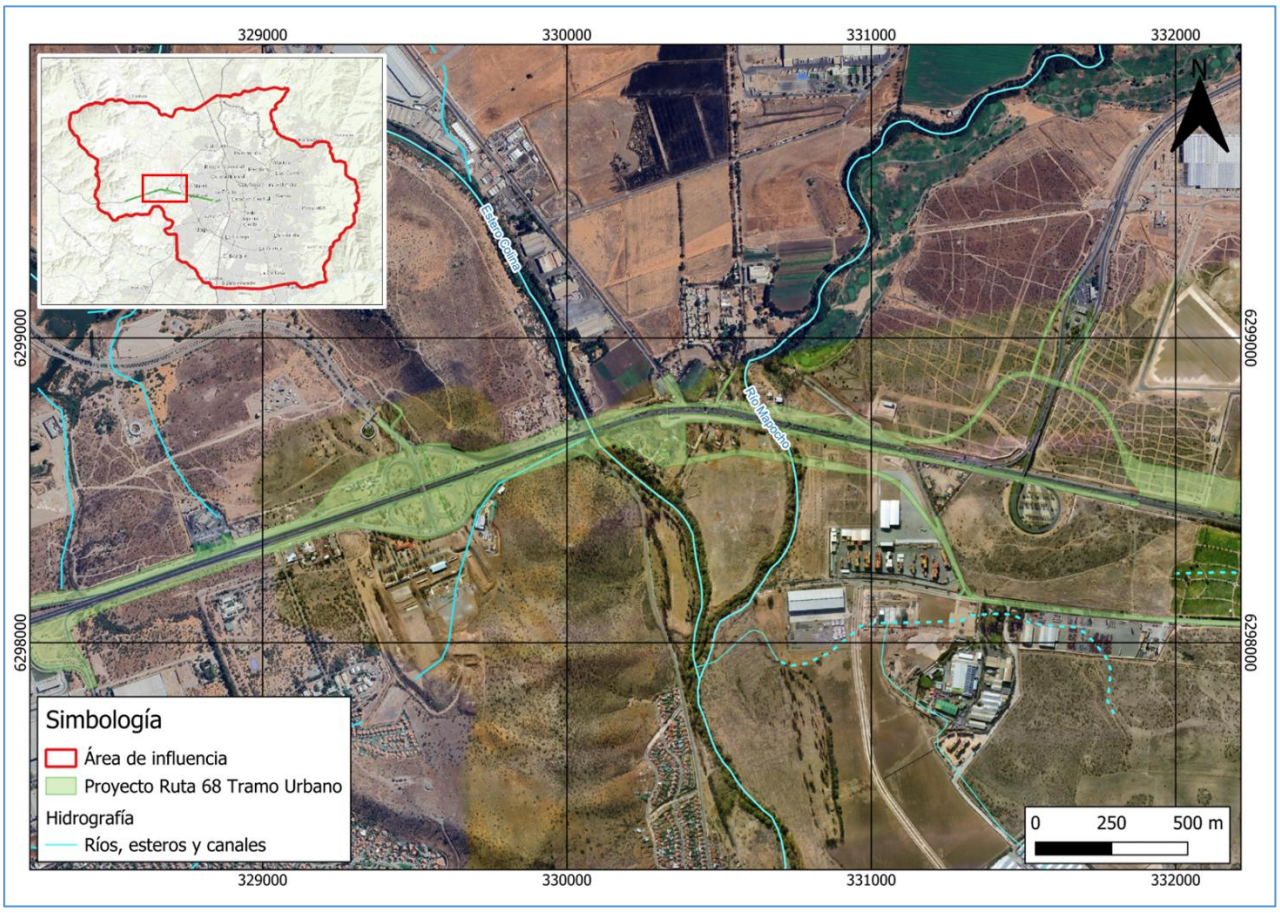
Figura 3-12 Red hidrográfica local



Fuente: elaboración propia en base a Carta hidrográfica IGM 1:25.000

En el tramo medio del área de Proyecto ocurre la confluencia del estero Colina con el río Mapocho. Ambos cursos de agua son de carácter permanente y de régimen pluvio-nival.

Figura 3-13 Confluencia del estero Colina y río Mapocho



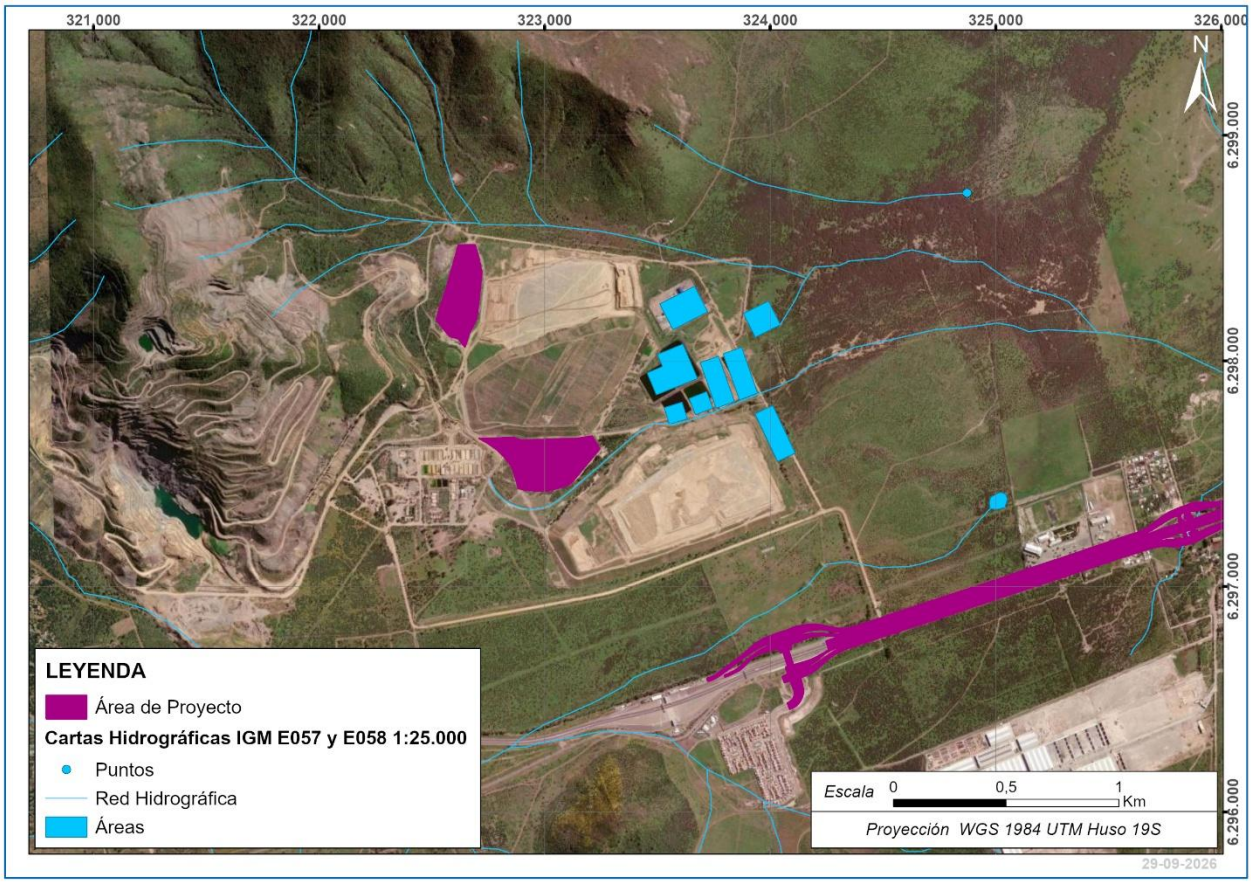
Fuente: elaboración propia en base a Carta hidrográfica IGM 1:25.000.

Por otra parte, en el sector asociado a las Instalaciones de Faena y al área de Servicios de Apoyo, se identifican dos elementos de la red de drenaje local cercanos al emplazamiento de las obras temporales. Hacia el norte del área de Servicios de Apoyo se reconoce una quebrada de carácter intermitente, ubicada a aproximadamente 100 m del sector proyectado, la cual no presenta intersección directa con las instalaciones consideradas. Dada su morfología y continuidad espacial, este cauce correspondería a un drenaje natural activado principalmente durante eventos de precipitación o crecidas.

Asimismo, hacia el sur del sector de Instalaciones de Faena se identifica un canal artificial en desuso, asociado a intervenciones antrópicas preexistentes vinculadas a la actividad minera desarrollada anteriormente en el área. Este canal no presenta evidencia de escurrimiento permanente y se reconoce como parte de la red de drenaje artificial local, sin interacción directa con las obras proyectadas.

Los elementos de drenaje local identificados en el entorno de las Instalaciones de Faena y Servicios de Apoyo se presentan en la Figura 3-14.

Figura 3-14. Red de drenaje local en el entorno de Instalaciones de Faena y Servicios de Apoyo.



Fuente: GAC, en base a fotointerpretación de imágenes satelitales y cartografía del Proyecto.

De acuerdo con la visita a terreno realizada con fecha 17 de abril de 2026, se efectuó un reconocimiento de la red hidrográfica local en las cercanías del emplazamiento de las obras proyectadas. Durante la campaña se realizó un registro fotográfico en sectores representativos, considerando vistas aguas arriba, aguas abajo y en los puntos de interacción con la infraestructura vial existente.

El levantamiento permitió verificar en terreno la morfología actual de los cauces y sistemas de drenaje identificados, sus condiciones de escurrimiento, continuidad, características de ribera, presencia de vegetación, obras de atravieso existentes y grado de intervención antrópica. En la Figura 3-15 se presentan los puntos de registro fotográfico levantados durante la campaña de terreno.

Figura 3-15. Ubicación registro fotográfico



Fuente: elaboración propia en base a visita a terreno.

A partir del reconocimiento realizado, se identificaron distintos tipos de interacción entre la red hidrográfica local y las obras proyectadas. Los principales hallazgos corresponden al reconocimiento de dos cauces de mayor relevancia, asociados al Estero Colina y al río Mapocho, los cuales presentan una morfología más definida y escurrimiento superficial al momento de la visita. Adicionalmente, se identificaron canales, obras de drenaje existentes y sectores con baja actividad hidráulica, los cuales permiten complementar la caracterización del drenaje superficial del área de estudio.

a) Rio Mapocho

En los puntos inspeccionados asociados al río Mapocho, correspondientes a los registros P15 y P17, se observa un cauce bien definido, con una sección amplia y continuidad morfológica tanto aguas arriba como aguas abajo del cruce con la Ruta 68. En terreno fue posible reconocer claramente el sector activo del cauce, así como una planicie de inundación asociada, lo que evidencia una morfología fluvial marcada y una sección hidráulica desarrollada.

Durante la visita se identificó escurrimiento superficial permanente, aunque con un caudal acotado al momento de la campaña. El lecho presenta sectores con material arenoso, depósitos finos y evidencias de arrastre, mientras que las riberas se observan definidas, con presencia de vegetación en algunos tramos.

En el sector de intersección con la Ruta 68 se reconoce una estructura tipo puente, la cual presenta una altura libre considerable y permite la continuidad del flujo bajo la infraestructura vial. No se observaron obstrucciones relevantes en la sección de paso, manteniéndose la conectividad hidráulica del cauce en el punto inspeccionado.

A continuación, se presentan fotografías representativas del río Mapocho obtenidas durante la campaña de terreno.

Figura 3-16. Registro Puntos 15 y 17



Fuente: visita a terreno.

b) Estero Colina

En el punto inspeccionado asociado al Estero Colina, correspondiente al registro P1, se observa un cauce bien definido, con presencia de escurrimiento superficial permanente al momento de la campaña. Este cauce presenta una importante cobertura de vegetación ribereña, tanto en sus márgenes como en sectores próximos al eje de escurrimiento, lo que permite reconocer una condición fluvial activa.

Morfológicamente, el Estero Colina presenta una sección hidráulica amplia y claramente identificable, con riberas definidas y continuidad del cauce tanto aguas arriba como aguas abajo del cruce con la Ruta 68. El lecho se observa con presencia de agua superficial, depósitos de sedimentos y vegetación asociada, elementos que permiten diferenciar el cauce activo respecto de su entorno inmediato.

En el sector de intersección con la Ruta 68 se identifica una estructura tipo puente, la cual permite la continuidad del escurrimiento bajo la infraestructura vial. La estructura presenta una altura libre suficiente para el paso del flujo observado durante la visita, sin identificarse obstrucciones relevantes en la sección de cruce.

A continuación, se presentan fotografías representativas del Estero Colina en el punto P1, obtenidas durante la campaña de terreno.

Figura 3-17. Registro fotográfico punto 1



Fuente: visita a terreno.

c) CANALES

En el sector inspeccionado se identificó un canal principal asociado a los registros P3 y P13, el cual presentaba escurrimiento superficial permanente al momento de la campaña. Este canal posee una sección trapezoidal en tierra, bien definida, con presencia de vegetación en sus márgenes y continuidad del flujo a lo largo del tramo observado.

En la interacción con la Ruta 68, el canal atraviesa la infraestructura vial mediante una alcantarilla de cajón, la cual cuenta con muros de ala amplios y permite el escurrimiento sin evidenciar obstrucciones relevantes. A partir de lo observado en terreno, este curso corresponde a un sistema de conducción artificial más que a un cauce natural, asociado probablemente al transporte de aguas provenientes del drenaje del sector Ciudad del Valle y/o de una planta de tratamiento, las cuales serían conducidas hacia el sector de la Laguna Carén.

A continuación, se presentan fotografías representativas del canal registrado en los puntos P3 y P13.

Figura 3-18. Registro fotográfico P3 y P13



Fuente: visita a terreno.

Por otra parte, se reconocieron dos canales u obras de drenaje menores asociados a los registros P8 y P11, los cuales se encontraban secos al momento de la inspección. En ambos casos se observa una baja actividad hidráulica actual, con presencia de vegetación seca, acumulación de material y sectores parcialmente obstruidos, lo que sugiere una condición de desuso o funcionamiento limitado.

Adicionalmente, se observa una desconexión entre estos trazados y la red hidrográfica identificada en la cartografía IDE, dado que la geometría actual de la carretera y de las obras existentes no presenta una continuidad clara con el curso representado en dicha red. No obstante, ambos puntos cuentan con obras tipo alcantarilla, las cuales permitirían el paso de escurrimientos eventuales asociados a crecidas o aportes locales.

A continuación, se presentan fotografías representativas de los canales secos y obras de drenaje identificadas en los puntos P8 y P11.

Figura 3-19. Registro Fotográfico P8 y P11



Fuente: visita a terreno.

ii. Antecedentes hidrológicos e hidráulicos de ingeniería

Para complementar la caracterización hidrológica local del Proyecto, se revisaron los antecedentes técnicos contenidos en el documento “Proyecto de Ingeniería de Detalles, Sector 1 - Subsector B, Puente Mapocho – Puente Pudahuel, Volumen 2: Ingeniería Básica, Tomo 3: Hidrología e Hidráulica”, elaborado en el marco del Proyecto Ruta 68. Dicho informe tiene por finalidad consolidar los antecedentes hidrológicos e hidráulicos disponibles para los cruces asociados al río Mapocho y al estero Lampa, respaldando los criterios de diseño de las estructuras proyectadas y las condiciones de borde utilizadas en las modelaciones hidráulicas.

El informe considera la revisión de antecedentes bibliográficos, estudios hidrológicos previos, registros pluviométricos y fluviométricos, análisis de caudales de diseño, antecedentes de pluviometría centenaria y resultados de modelaciones hidráulicas desarrolladas para el entorno de los puentes Mapocho y Pudahuel. Entre los antecedentes revisados se incluyen estudios del MOP, DOH, INH, EIC, AC Ingenieros Consultores, CADE-IDEPE, datos pluviométricos de estaciones DGA y DMC, y datos fluviométricos de la DGA.

Adicionalmente, se consideró que el informe de ingeniería hidráulica incorpora como antecedente base el estudio “Hidrología e Hidráulica. Estudio Hidrológico de Crecidas del Río Mapocho y del Zanjón de La Aguada”, correspondiente al Anexo 1 de hidrología, junto con estudios hidráulicos asociados al río Mapocho y Zanjón de La Aguada.

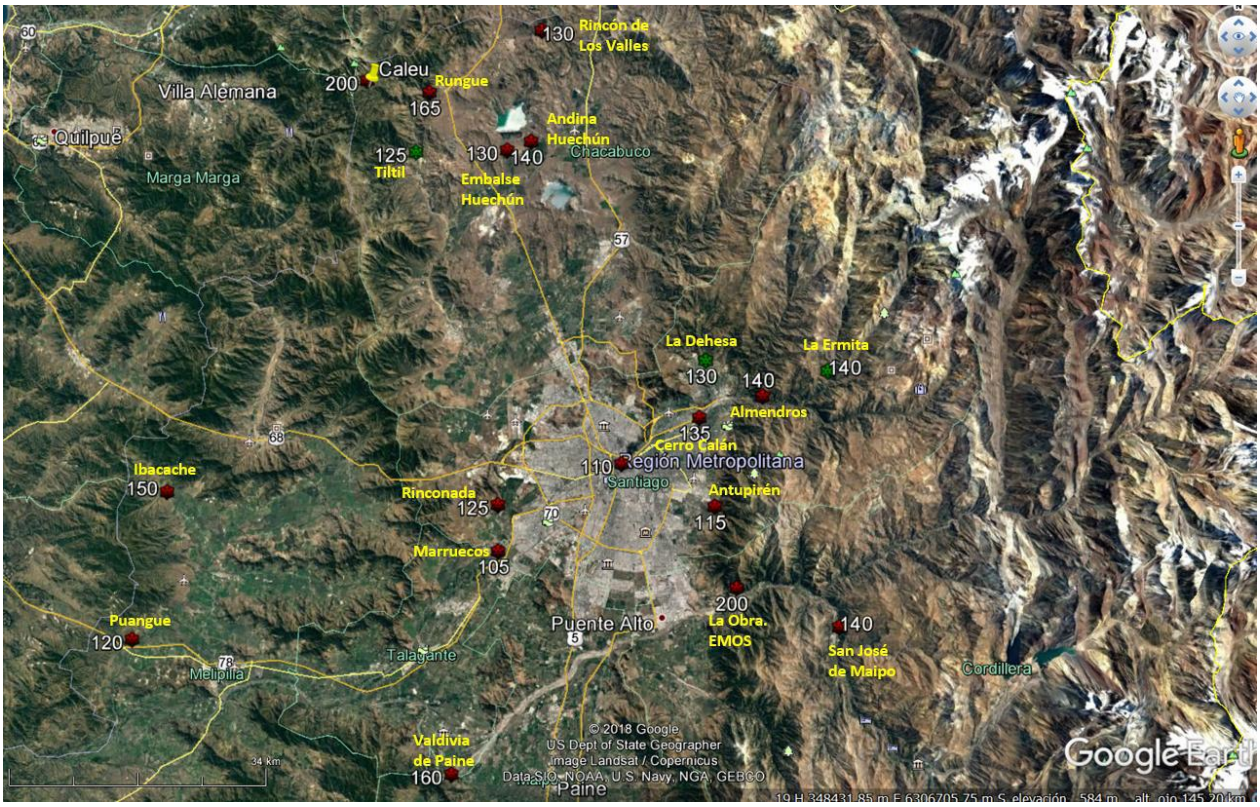
Cabe señalar que se identifican diferencias en la nomenclatura utilizada para el cauce analizado, según la fuente de información consultada. En la cartografía base utilizada para el presente estudio, el curso de agua que presenta interacción con las obras del Proyecto es identificado como estero Colina, denominación que se mantiene en el presente documento para efectos de consistencia con la caracterización ambiental desarrollada. No obstante, los antecedentes hidrológicos e hidráulicos de ingeniería revisados para el Proyecto identifican el sector asociado al Puente Pudahuel y su tramo hacia la confluencia con el río Mapocho como estero Lampa. Por lo anterior, cuando se presenten antecedentes provenientes de los estudios de ingeniería hidráulica, se conservará la nomenclatura original de dichos documentos, correspondiente a estero Lampa, estero Colina o sistema Lampa-Colina-Mapocho, según el punto de control informado.

a) Precipitación máxima en 24 horas

Como parte de los antecedentes hidrológicos considerados en el informe de ingeniería hidráulica, se revisó la precipitación máxima en 24 horas asociada a eventos de diseño. El informe presenta un análisis de pluviometría centenaria, correspondiente a la precipitación máxima en 24 horas para un período de retorno de T = 100 años, elaborado a partir del análisis de frecuencia desarrollado por EIC para el estudio hidrológico del proyecto Conexión Vial Ruta 78 con Ruta 68. Para su elaboración, se utilizaron registros estadísticos de estaciones pluviométricas provenientes de antecedentes del INH 2004, los cuales fueron actualizados hasta el año 2018.

El análisis considera estaciones ubicadas en la cuenca del río Mapocho y sectores aledaños, tales como Rungue, Rincón de Los Valles, Caleu, Tiltil, Embalse Huechún, Huechún Andina, La Dehesa, La Ermita, Los Almendros, Cerro Calán, Antupirén, La Obra, San José de Maipo, Santiago, Rinconada, Marruecos, Valdivia de Paine, Pangue e Ibacache. La distribución espacial de estos valores se presenta en la Figura 3-20, correspondiente a la precipitación máxima en 24 horas para un período de retorno de 100 años en la cuenca del río Mapocho y áreas aledañas.

Figura 3-20. Precipitación 24 horas para T = 100 años. Cuenca Mapocho y aledañas.



Fuente: Proyecto de Ingeniería de Detalles, Sector 1 - Subsector B, Puente Mapocho – Puente Pudahuel, Volumen 2: Ingeniería Básica, Tomo 3: Hidrología e Hidráulica, en base a EIC 2020.

De forma complementaria, el estudio hidrológico base presenta valores de precipitación máxima en 24 horas obtenidos mediante el método de isoyetas para las cuencas del estero Lampa y río Mapocho. Para un período de retorno de T = 10 años, se estimaron precipitaciones de 79,9 mm para el estero Lampa en descarga al río Mapocho y 83,8 mm para el río Mapocho antes de su junta con el estero Lampa. Para el período de retorno T = 100 años, los valores corresponden a 129,9 mm para la cuenca del estero Lampa y 131,2 mm para la cuenca del río Mapocho. Lo mencionado anteriormente se presenta en la Tabla 3-5.

Tabla 3-5. Precipitación máxima en 24 horas considerada en antecedentes hidrológicos.

Cuenca / punto de análisis	P (24,10) mm	P (24,100) mm	Fuente
Estero Lampa en descarga al río Mapocho	79,9	129,9	INH 2004, citado en EIC 2020
Río Mapocho antes de junta con estero Lampa	83,8	131,2	INH 2004, citado en EIC 2020

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes hidrológicos revisados en el informe de ingeniería hidráulica del Proyecto.

Estos antecedentes pluviométricos permiten contextualizar las condiciones de lluvia extrema consideradas para el análisis hidrológico del sistema Mapocho–Lampa. No obstante, cabe señalar que las modelaciones hidráulicas del Proyecto no utilizan directamente la precipitación como condición de entrada, sino los caudales e hidrogramas de diseño definidos a partir de dichos antecedentes hidrológicos, los cuales se presentan en el acápite siguiente para los períodos de retorno de T = 100, 200 y 300 años.

b) CAUDALES DE DISEÑO DE CRECIDAS

A partir de los antecedentes pluviométricos, fluviométricos e hidrológicos revisados, el informe de ingeniería hidráulica consolida los caudales de diseño considerados para el análisis de crecidas en el sistema Mapocho–Lampa–Colina. Estos caudales corresponden a los valores utilizados como base para las modelaciones hidráulicas y para la definición de las condiciones de borde asociadas a los cauces principales del sector.

El informe hidráulico considera caudales de diseño para los períodos de retorno T = 100, 200 y 300 años, asociados a distintos puntos de control del sistema hidrográfico, incluyendo el río Mapocho, estero Lampa, estero Colina, estero Las Cruces y Zanjón de La Aguada. En el caso de las modelaciones hidráulicas, las condiciones de entrada se definen mediante los hidrogramas asociados a dichos períodos de retorno.

En la Tabla 3-6 se presentan los caudales de diseño adoptados en el informe de ingeniería hidráulica.

Tabla 3-6. Caudales de diseño de crecidas para T = 100, 200 y 300 años.

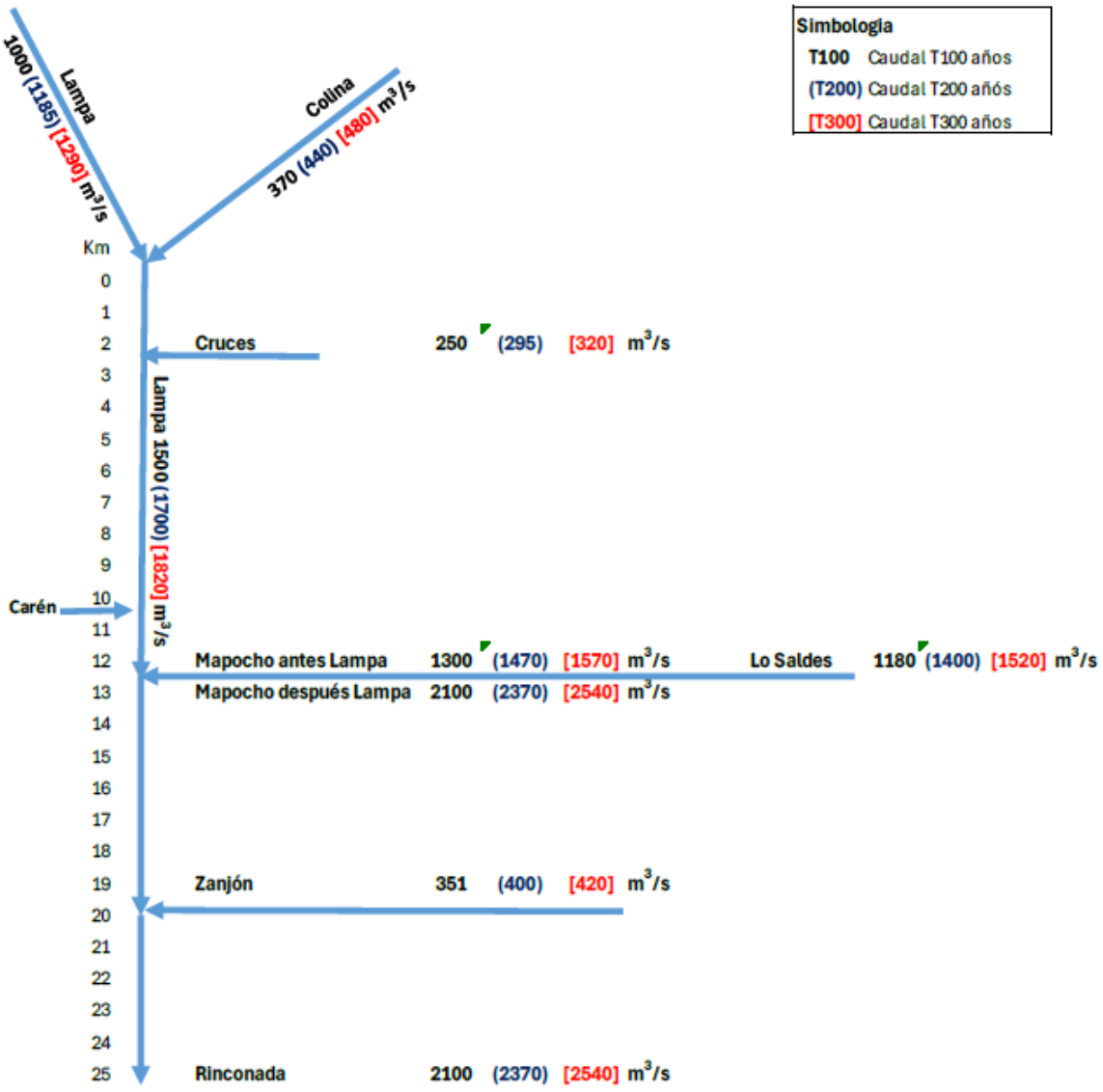
Río / cauce	Ubicación	Q T100 (m^3/s)	Q T200 (m^3/s)	Q T300 (m^3/s)
Mapocho	Lo Saldes	1180	1400	1520
Lampa	Antes de confluencia estero Colina	1000	1185	1290
Colina	Antes de confluencia estero Lampa	370	440	480
Las Cruces	Antes de confluencia estero Lampa	250	295	320
Lampa	Antes de confluencia río Mapocho	1500	1700	1820
Mapocho	Antes de junta Lampa	1300	1470	1570
Mapocho	Bajo junta Lampa	2100	2370	2540
Zanjón	En junta Mapocho	351	400	420
Mapocho	Rinconada	2100	2370	2540

Fuente: Elaboración propia en base a Proyecto de Ingeniería de Detalles, Sector 1 - Subsector B, Puente Mapocho – Puente Pudahuel, Volumen 2: Ingeniería Básica, Tomo 3: Hidrología e Hidráulica.

Cabe precisar que los caudales presentados corresponden a puntos de control definidos en los antecedentes de ingeniería hidráulica, manteniéndose la nomenclatura original utilizada en dichos estudios. En este sentido, los valores asociados al estero Lampa deben interpretarse considerando la aclaración metodológica señalada previamente respecto de la diferencia de nomenclatura con la cartografía base del presente estudio, en la cual el cauce local se identifica como estero Colina.

En la Figura 3-21 se presenta el esquema de caudales de diseño considerado en los antecedentes de ingeniería hidráulica, en el cual se identifican los principales puntos de control del sistema Lampa–Colina–Cruces–Zanjón–Mapocho, junto con los caudales asociados a los períodos de retorno T=100, T=200 y T=300 años. Esta figura permite visualizar la distribución espacial de los caudales de diseño utilizados como antecedente para las modelaciones hidráulicas del Proyecto.

Figura 3-21. Caudales ríos Lampa, Colina, Cruces, Zanjón y Mapocho.



Fuente: Proyecto de Ingeniería de Detalles, Sector 1 - Subsector B, Puente Mapocho – Puente Pudahuel, Volumen 2: Ingeniería Básica, Tomo 3: Hidrología e Hidráulica.

Asimismo, el informe hidráulico señala que los caudales previos a las confluencias no se suman directamente como valores máximos independientes, sino que se integran mediante hidrogramas. Por esta razón, el caudal peak aguas abajo de una junta puede ser menor que la suma aritmética de los caudales máximos individuales, debido al desfase temporal entre las ondas de crecida.

Para efectos del análisis hidráulico asociado al Proyecto, los caudales más relevantes corresponden al río Mapocho antes y después de la junta con el sistema Lampa-Colina, y al cauce asociado al Puente Pudahuel, identificado en los antecedentes de ingeniería como estero Lampa. Estos valores constituyen la base para la

definición de las condiciones de borde y para la posterior modelación hidráulica de profundidades, velocidades y áreas de inundación en el entorno de las obras proyectadas.

c) MODELACIÓN HIDRÁULICA Y ÁREAS DE INUNDACIÓN

Para complementar la caracterización hidrológica e hidráulica del área local del Proyecto, se revisaron los antecedentes contenidos en la sección “Hidráulica de Puentes Mapocho y Pudahuel – Estudio 2021” del informe de ingeniería hidráulica. Esta sección resulta pertinente para el presente análisis, dado que aborda específicamente el comportamiento hidráulico en el entorno de los puentes Mapocho y Pudahuel, obras que forman parte del Subsector B del Proyecto y que se asocian a los cruces de la Ruta 68 sobre los principales cauces del área de estudio. El Capítulo 1 del EIA identifica en dicho subsector los puentes Mapocho y Pudahuel, tanto en la vía expresa como en calles de servicio.

La modelación hidráulica fue desarrollada mediante un modelo bidimensional, utilizando como geometría un modelo de terreno generado a partir de levantamiento LIDAR, complementado con superficies de fondo de cauce del río Mapocho, estero Lampa y Zanjón de La Aguada, obtenidas mediante perfiles topo-batimétricos. La malla del modelo corresponde a una malla triangular no estructurada, con refinamientos diferenciados para el fondo de cauce, zonas de inundación recurrente, zonas fuera de cauce y edificaciones.

Para representar los puentes, el modelo no incorpora directamente la superestructura, sino que considera el efecto hidráulico del vano libre disponible para el paso del escurrimiento. Para ello, se eliminaron elementos de la malla en la zona de terraplenes ubicada antes y después de los puentes, de manera que el agua escurra únicamente a través del vano definido para cada estructura.

Respecto de las condiciones hidráulicas, el informe señala que el régimen de escurrimiento en torno a los puentes es subcrítico. Como condición de salida se consideró altura crítica hacia aguas abajo, mientras que como condición de entrada se utilizaron hidrogramas asociados a las crecidas de diseño. Si bien el informe considera hidrogramas para los períodos de retorno T=100, T=200 y T=300 años, el análisis específico de luces de puentes fue desarrollado para T=200 y T=300 años.

En particular, se evaluaron tres configuraciones de luces para los puentes Pudahuel y Mapocho, denominadas Caso Base, Caso 1 y Caso 2. Estos casos permiten analizar la respuesta hidráulica del sector frente a distintas condiciones de vano libre en los cruces principales del Proyecto. En la Tabla 3-7 se presentan las luces de puente y vanos libres considerados para cada caso analizado.

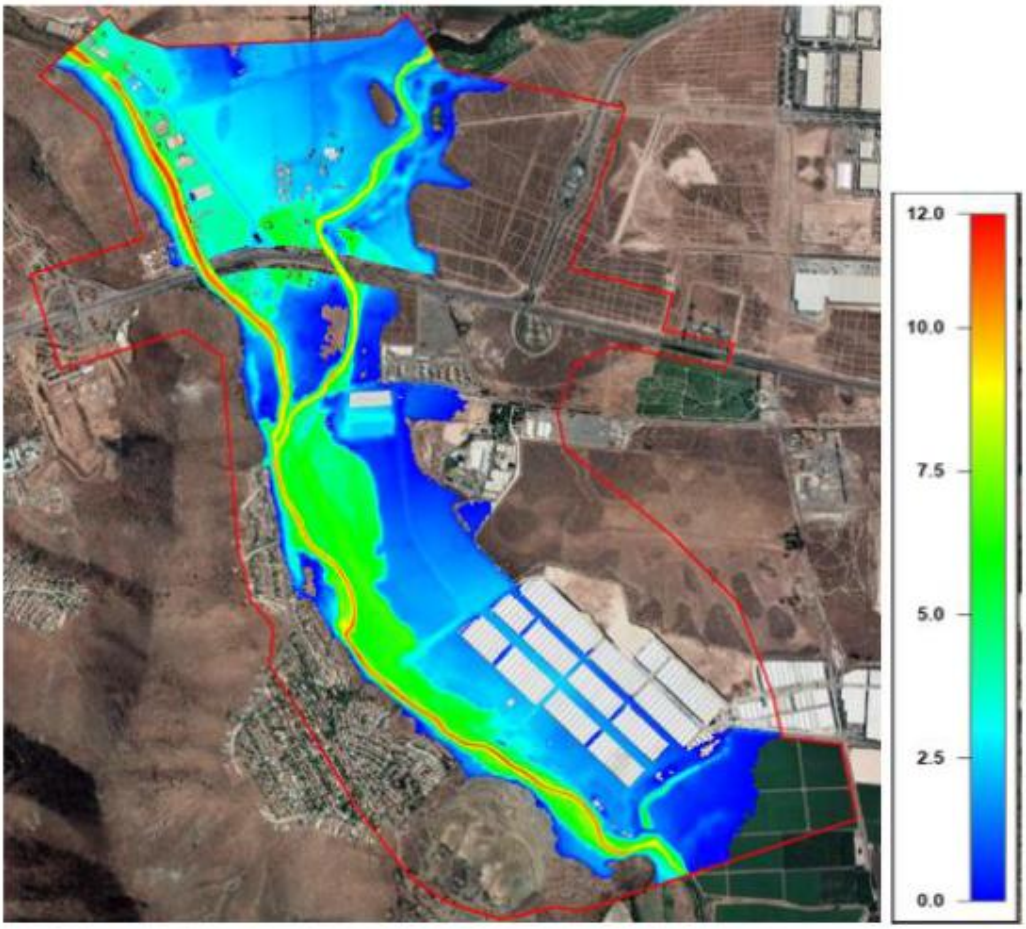
Tabla 3-7. Casos analizados para luces de puentes.

Caso	Luz Puente Pudahuel / Lampa (m)	Vano libre Estero Lampa (m)	Luz Puente Mapocho (m)	Vano libre Río Mapocho (m)
Base	80	75	60	33
Caso 1	92	90	70	40
Caso 2	64	62	50	25

Fuente: Proyecto de Ingeniería de Detalles, Sector 1 - Subsector B, Puente Mapocho – Puente Pudahuel, Volumen 2: Ingeniería Básica, Tomo 3: Hidrología e Hidráulica.

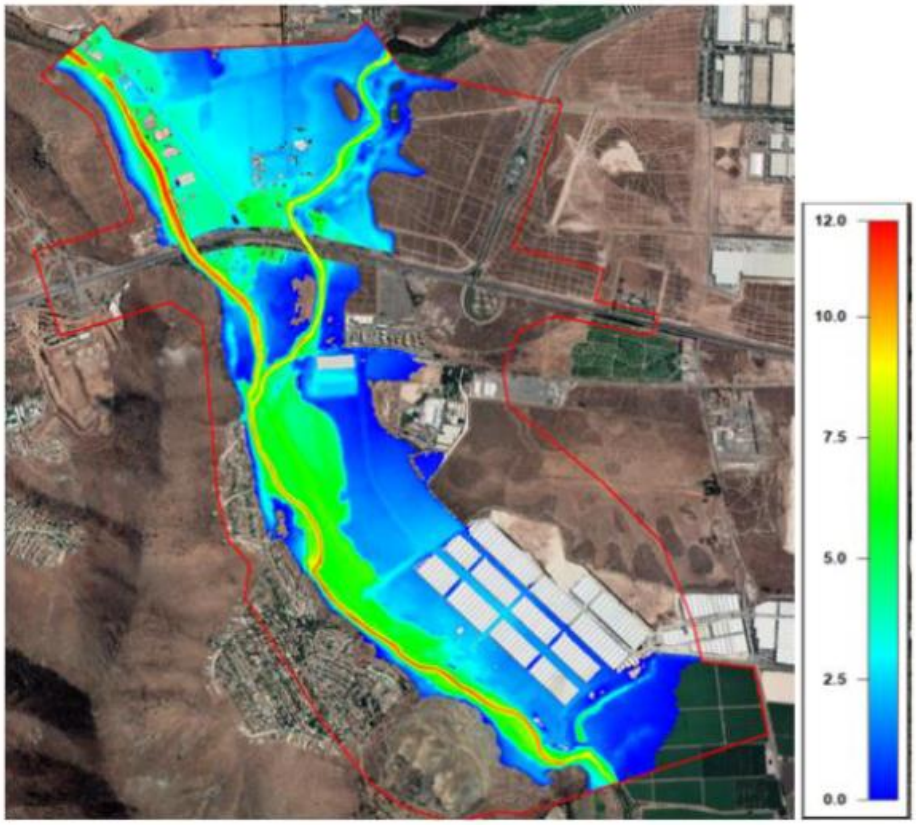
En la Figura 3-22 y Figura 3-23 se presentan, a modo representativo, las profundidades de agua modeladas para el Caso Base y el Caso 2, ambos para un período de retorno de T=200 años, en el sector de los puentes. Estas figuras permiten visualizar las áreas con presencia de inundación en el entorno del río Mapocho y del cauce identificado en los antecedentes de ingeniería como estero Lampa, así como comparar el comportamiento hidráulico bajo una condición de referencia y una condición más restrictiva en términos de vano libre.

Figura 3-22. Profundidades de agua en sector de puentes – Caso Base – T=200 años.



Fuente: Proyecto de Ingeniería de Detalles, Sector 1 - Subsector B, Puente Mapocho – Puente Pudahuel, Volumen 2: Ingeniería Básica, Tomo 3: Hidrología e Hidráulica.

Figura 3-23. Profundidades de agua en sector de puentes – Caso 2 – T=200 años.



Fuente: Proyecto de Ingeniería de Detalles, Sector 1 - Subsector B, Puente Mapocho – Puente Pudahuel, Volumen 2: Ingeniería Básica, Tomo 3: Hidrología e Hidráulica.

A partir de los resultados, el informe hidráulico señala que se presentan inundaciones relevantes en los sectores aguas arriba y aguas abajo de los puentes, asociadas tanto a las condiciones hidráulicas del sistema como a la intervención existente de algunos tramos del cauce. Asimismo, se indica que los niveles aguas arriba de los puentes presentan relación directa con los niveles impuestos desde aguas abajo, por lo que, para las luces de puente evaluadas, las diferencias de niveles aguas arriba y aguas abajo tienden a presentar un comportamiento similar.

Adicionalmente, el informe presenta cotas de agua en puntos de control para los períodos de retorno T=200 y T=300 años, diferenciando entre sectores aguas arriba y aguas abajo del estero Lampa y del río Mapocho. Estos antecedentes permiten complementar la comprensión del comportamiento hidráulico local y del efecto de las distintas configuraciones de luces de puente sobre los niveles de agua modelados.

Cabe señalar que, para efectos del presente capítulo, se incorporan como referencia gráfica el Caso Base y el Caso 2, por corresponder a una condición de análisis representativa y a una condición más restrictiva de vano libre, respectivamente. No obstante, estos antecedentes se consideran como información técnica secundaria para caracterizar el comportamiento hidráulico de los cauces principales asociados al Proyecto. El propio informe indica que estas modelaciones corresponden a ejercicios de análisis y que, para efectos del Proyecto, se deberá simular nuevamente el eje hidráulico con las dimensiones definitivas de los puentes y con topografía actualizada.

Por lo anterior, las modelaciones hidráulicas revisadas permiten describir las condiciones generales de escurrimiento, profundidades y áreas de inundación en el entorno de los puentes Mapocho y Pudahuel, sirviendo como antecedente técnico para la caracterización del componente Hidrología y para la comprensión de los sectores de interacción entre las obras del Proyecto y la red hidrográfica local.

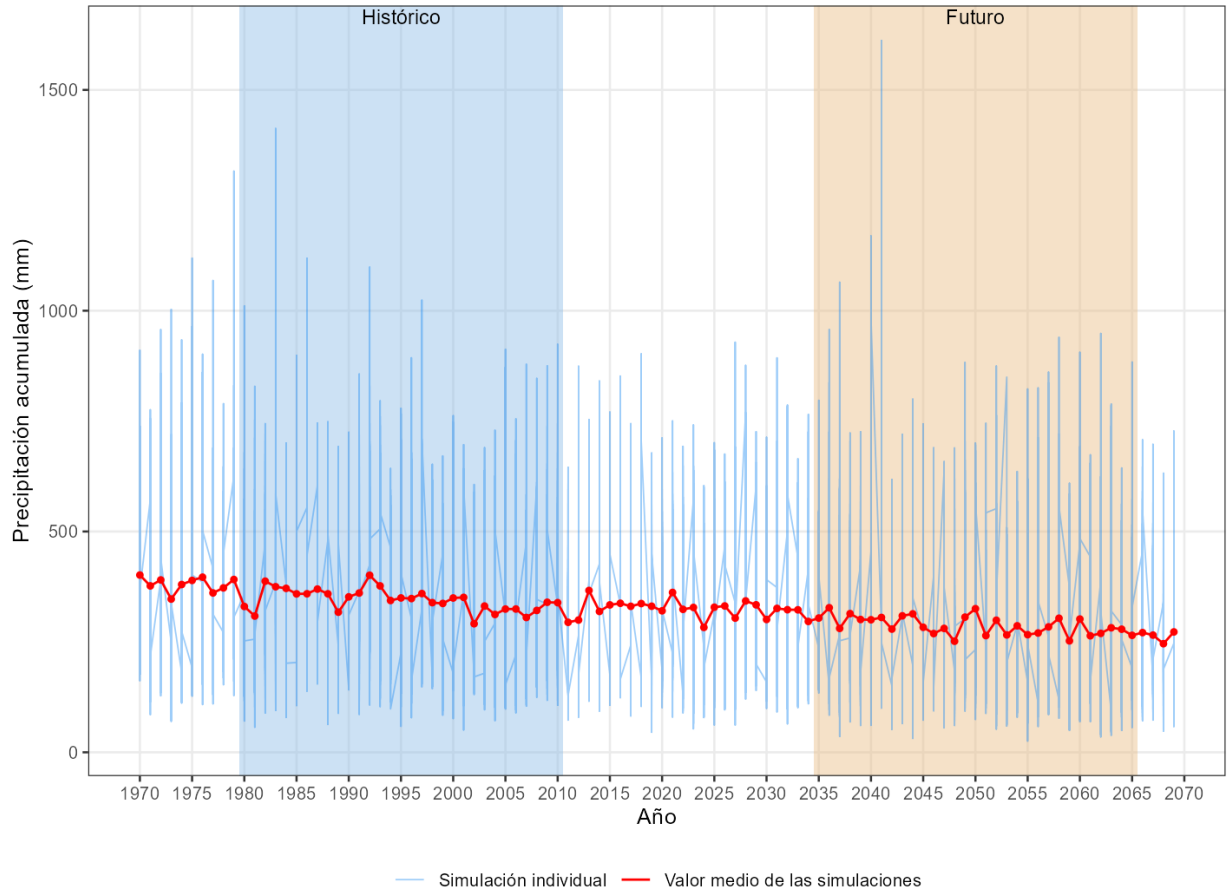
3.6.5.3 Susceptibilidad al cambio climático

A continuación, se presenta una síntesis de los índices climáticos generales considerados para el área de estudio de cambio climático, correspondientes a precipitación acumulada anual y temperatura media. Estos índices permiten describir las condiciones climáticas proyectadas para el período futuro y su variación respecto del período histórico, a partir de las simulaciones disponibles en ARClim. El detalle metodológico, las tablas de resultados y el análisis estadístico se presentan en el Informe de Cambio Climático.

En cuanto a la precipitación acumulada anual, las proyecciones muestran una disminución hacia el período futuro, desde 344,92 mm en el período histórico 1980-2010 a 287,76 mm en el período futuro 2035-2065, lo que representa una reducción de 57,16 mm, equivalente aproximadamente a un 17%. No obstante, las simulaciones de precipitación presentan una mayor dispersión entre los modelos climáticos, lo que refleja mayor incertidumbre respecto de la magnitud del cambio esperado.

La variabilidad observada entre las proyecciones de los distintos modelos se expresa en el amplio rango intercuartílico del período futuro, cuyos valores se sitúan entre 184,37 mm para el percentil 25 y 351,95 mm para el percentil 75. Esta dispersión evidencia una menor concordancia entre los modelos respecto de la evolución futura de la precipitación acumulada anual, en comparación con lo observado para la temperatura media. Sin perjuicio de ello, el promedio de las proyecciones indica una disminución de las precipitaciones hacia el período futuro. La evolución histórica y futura de este índice se presenta en la Figura 3-24.

Figura 3-24. Precipitación acumulada para el período histórico y futuro.

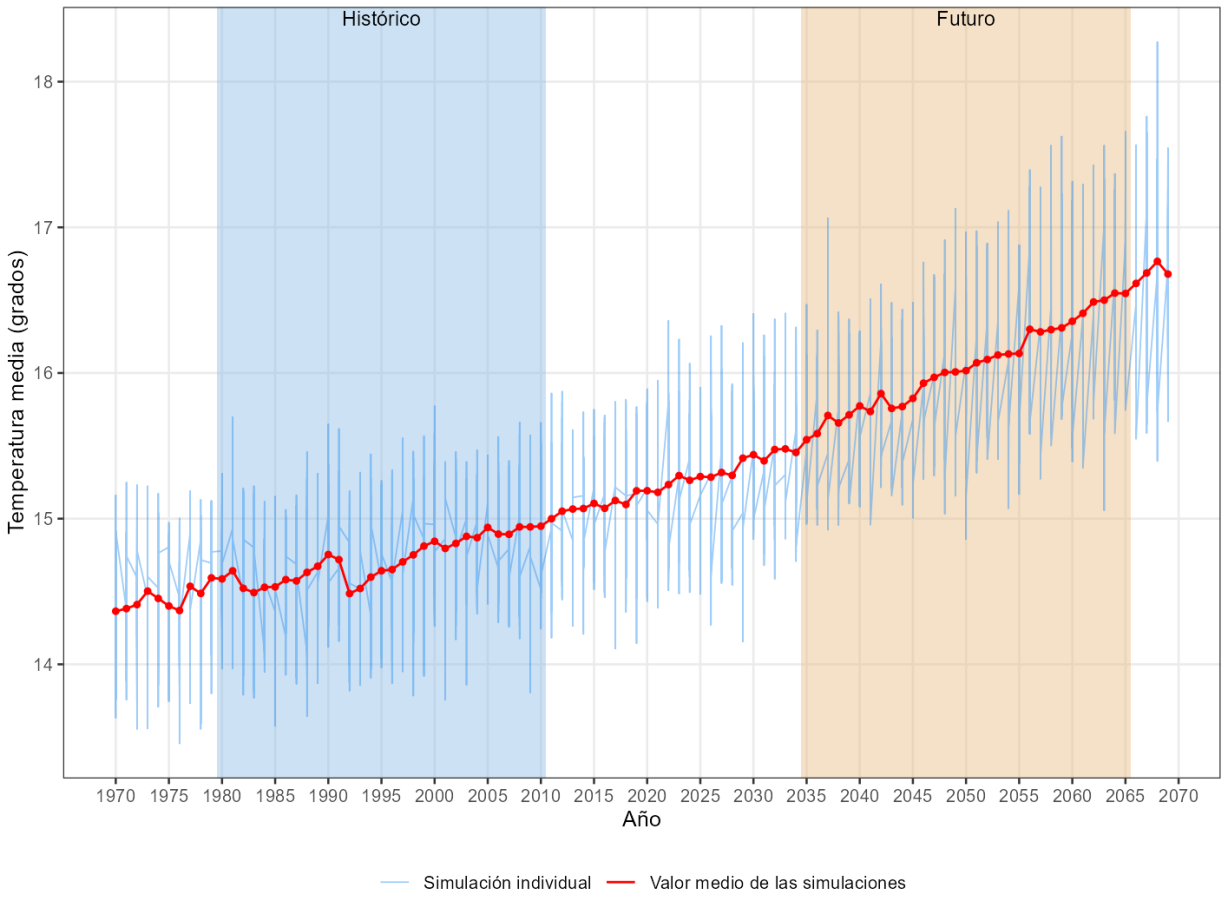


Fuente: GAC, a partir de datos de ARClim (2026).

Respecto de la temperatura media, los resultados muestran una tendencia clara al aumento hacia el período futuro. En particular, la temperatura media aumentaría desde 14,72 °C en el período histórico 1980-2010 a 16,06 °C en el período futuro 2035-2065, lo que representa un incremento de 1,33 °C, equivalente aproximadamente a un 9%. Este comportamiento se observa de manera consistente en las simulaciones consideradas, ya que incluso el percentil 25 del período futuro, correspondiente a 15,71 °C, supera el promedio histórico.

Adicionalmente, el análisis de tendencia para la serie 1980-2065 indica una tendencia creciente estadísticamente significativa, con una magnitud de 0,27 °C por década. Lo anterior da cuenta de una señal robusta de aumento de temperatura media en el área de estudio. La evolución histórica y futura de este índice se presenta en la Figura 3-25.

Figura 3-25. Temperatura media para el período histórico y futuro.



Fuente: GAC, a partir de datos de ARClim (2026).

En relación con el componente Hidrología, el aumento proyectado de la temperatura media podría favorecer mayores tasas de evapotranspiración y una reducción de la humedad disponible en superficie, especialmente durante períodos de menor precipitación. A su vez, la disminución proyectada de la precipitación acumulada anual podría incidir en una menor disponibilidad hídrica superficial, una reducción de los aportes por escorrentía directa y variaciones en la magnitud de los escurrimientos locales.

3.6.6 Conclusión

A partir de los antecedentes levantados y analizados para el componente Hidrología, se caracterizó el área de estudio del Proyecto “Mejoramiento Ruta 68: Santiago - Peaje Lo Prado” a escala regional y local, considerando su relación con la organización hidrográfica regional, la red de drenaje local, las condiciones geomorfológicas, climáticas e hidrológicas, los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales, los antecedentes hidrológicos e hidráulicos de ingeniería y la susceptibilidad frente al cambio climático. Esta caracterización permite establecer las condiciones basales del recurso hídrico superficial en el entorno del Proyecto, constituyendo un insumo técnico para la evaluación ambiental de sus partes, obras y acciones.

El Proyecto se emplaza dentro de la cuenca del río Maipo, específicamente en la subcuenca Mapocho Bajo y en las subsubcuencas Río Mapocho Entre Estero de Las Rosas y Estero Lampa y Bajo Zanjón de la Aguada, y Estero Lampa Entre Estero Colina y Río Mapocho. Este contexto permite situar el área de estudio dentro del sistema hidrográfico Maipo-Mapocho, donde destacan como cursos principales el río Mapocho, el estero Colina, el estero Lampa, el estero Las Cruces y el Zanjón de La Aguada, además de quebradas intermitentes asociadas a los sectores cordilleranos y precordilleranos.

Desde el punto de vista geomorfológico, el área de estudio se desarrolla principalmente en la unidad Cuenca de Santiago, correspondiente a una depresión intermontana entre la Cordillera de los Andes y la Cordillera de la Costa. Esta configuración condiciona la dirección del drenaje superficial, la acumulación de sedimentos y la presencia de superficies de baja pendiente asociadas a la dinámica de los ríos Maipo y Mapocho. Climáticamente, el sector presenta condiciones mediterráneas y semiáridas de lluvia invernal, con precipitaciones concentradas entre otoño e invierno y un período seco prolongado durante primavera y verano.

A escala local, los principales cauces vinculados al Proyecto corresponden al río Mapocho y al estero Colina, ambos con escurrimiento superficial permanente y una morfología fluvial definida en los sectores próximos a la Ruta 68. El reconocimiento en terreno permitió verificar su continuidad morfológica y funcional, así como la presencia de obras tipo puente que mantienen la conectividad hidráulica bajo la infraestructura vial existente. Complementariamente, se identificaron canales, obras de drenaje, atraviesos hidráulicos y sectores con baja actividad hidráulica, asociados tanto a sistemas naturales como artificiales de conducción superficial.

En el sector de Instalaciones de Faena y Servicios de Apoyo se identificó una quebrada intermitente cercana al área proyectada, sin intersección directa con las instalaciones, y un canal artificial en desuso asociado a intervenciones antrópicas preexistentes, sin evidencia de escurrimiento permanente ni interacción directa con las obras proyectadas. Estos elementos permiten complementar la caracterización de la red de drenaje local y reconocer la presencia de escurrimientos eventuales asociados principalmente a eventos de precipitación o crecidas.

Respecto de los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales, el catastro de la Dirección General de Aguas registra un total de 13 derechos dentro del área de estudio regional, todos de carácter consuntivo. Estos se asocian a fuentes superficiales diversas, tales como ríos, esteros, quebradas y vertientes, destacando derechos de mayor caudal vinculados al estero Lampa y al estero Colina, lo que permite reconocer usos formales del recurso hídrico superficial dentro del contexto hidrográfico analizado.

El análisis de precipitaciones y caudales evidencia un régimen hidrológico de marcada estacionalidad. Las precipitaciones se concentran principalmente durante los meses de mayo a agosto, mientras que los registros fluviométricos muestran incrementos de caudal durante el período invernal y primaveral. En particular, el río

Mapocho en Los Almendros presenta los mayores caudales registrados, debido a su mayor jerarquía hidrográfica y a la contribución de cauces y quebradas aportantes.

Como complemento a la caracterización local, se incorporaron antecedentes hidrológicos e hidráulicos de ingeniería asociados al sector de los puentes Mapocho y Pudahuel. Estos antecedentes permitieron contextualizar las precipitaciones máximas en 24 horas, los caudales de diseño para períodos de retorno T=100, T=200 y T=300 años, las condiciones de borde y las modelaciones hidráulicas desarrolladas para el sistema Mapocho-Lampa-Colina. En este contexto, se mantuvo la nomenclatura original de los estudios de ingeniería para los puntos de control hidráulico, considerando que el cauce identificado localmente como estero Colina es referido en dichos antecedentes como parte del sistema Lampa-Colina-Mapocho.

La modelación hidráulica revisada permitió describir condiciones generales de escurrimiento, profundidades y áreas de inundación en el entorno de los puentes Mapocho y Pudahuel. El análisis de distintas configuraciones de luces de puente permitió visualizar el comportamiento hidráulico bajo condiciones de crecida y reconocer la importancia de los vanos libres en la conectividad hidráulica local. Estos antecedentes se consideran como información técnica secundaria para la caracterización del componente Hidrología y para la comprensión de los sectores de interacción entre las obras del Proyecto y la red hidrográfica local.

Respecto de la susceptibilidad frente al cambio climático, las proyecciones disponibles en ARClim indican una disminución de la precipitación acumulada anual hacia el período futuro y un aumento sostenido de la temperatura media. En términos hidrológicos, esta condición podría favorecer mayores tasas de evapotranspiración, menor humedad disponible en superficie, reducción de la disponibilidad hídrica superficial y variaciones en la magnitud de los escurrimientos locales, especialmente en sectores vinculados a cauces, canales, obras de drenaje y áreas de inundación.

En síntesis, el área de estudio del Proyecto se inserta en un contexto hidrológico condicionado por el sistema Maipo-Mapocho, con presencia de cauces principales permanentes, quebradas intermitentes, canales artificiales, obras de drenaje y sectores de interacción directa con la infraestructura vial existente y proyectada. La caracterización desarrollada permite establecer una base técnica adecuada para sustentar la delimitación del área de influencia del componente Hidrología y entregar insumos para la evaluación de los potenciales impactos ambientales del Proyecto sobre el recurso hídrico superficial.

3.6.7 Referencias Bibliografía

Ministerio de Obras Públicas – Dirección General de Aguas. (Diciembre, 2023). *Mapoteca Digital DGA*. https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Paginas/Mapoteca-Digital.aspx

Servicio de Evaluación Ambiental. (2017). *Guía para la Descripción del Área de Influencia.* https://sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2017/06/30/14314web_area_de_influencia.pdf

IDE Chile – Geoportal. (2017). *Zonas climáticas de Chile según Köppen-Geiger escala 1:1.500.000*. https://www.geoportal.cl/geoportal/catalog/35414/Zonas%20clim%C3%A1ticas%20de%20Chile%20seg%C3%BAn%20K%C3%B6ppen-Geiger%20escala%201:1.500.000

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN). (Diciembre, 2023). *Mapas vectoriales*. https://www.bcn.cl/siit/mapas_vectoriales

Ministerio de Obras Públicas – Dirección General de Aguas. (Diciembre, 2023). *Derechos de Aprovechamiento de Aguas Registrados en DGA*. https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx

Ministerio de Obras Públicas – Dirección General de Aguas. (1991). *Estudio Precipitaciones Máximas en 1,2 y 3 días*.

Ministerio de Obras Públicas – Dirección General de Aguas. (1995). *Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica*.

Ministerio de Obras Públicas – Dirección General de Aguas. (2016). *Guía Metodológica para Presentación y Revisión Técnica de Proyectos de Modificación de Cauces Naturales y Artificiales*. https://dga.mop.gob.cl/orientacionalpublico/guias/Guias%20para%20presentacion%20de%20solicitudes/Guia%20de%20Presentacion%20y%20Aprobacion%20de%20Proyectos%20de%20Modificacion%20de%20Cauces%20DIC%202016.pdf

Ministerio de Obras Públicas – Dirección General de Aguas. (2016). *Atlas del Agua: Chile 2016*. https://snia.mop.gob.cl/repositoriodga/handle/20.500.13000/4371

Dirección de Obras Hidráulicas. (2013). *Manual de Drenaje Urbano*.

Ministerio de Obras Públicas – Dirección de Vialidad. (2022). *Manual de Carreteras Edición 2022*.

Stöwhas, L. (2017). *Fundamentos de Hidrología Aplicada*.