

INFORME DE REVISIÓN

PROYECTO:

REVISIÓN DE DATOS ESTUDIO
AGUAS AJENAS SURALIS

MANDANTE:

SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS
SEPTIEMBRE DE 2024

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	SOLICITUD DE REVISIÓN	4
2.1.	Cronograma de las actividades.....	5
3.	REVISIÓN DE ANTECEDENTES	5
3.1.	Información Entregada	5
3.2.	Procesamiento de Datos	12
3.3.	Análisis Mediciones	12
3.3.1.	Mediciones de Caudal en UD Muestra.....	12
3.3.2.	Mediciones de Caudal en UD Especial	13
3.3.3.	Mediciones de Caudal en TC.....	14
3.3.4.	Mediciones de Caudal en PC	15
3.3.5.	Mediciones de Consumo de Agua Potable.....	17
3.3.6.	Mediciones de Precipitaciones	18
3.3.7.	Mediciones de Altura de Napa	18
3.4.	Análisis Caracterización de Infraestructura	19
4.	COMENTARIOS.....	21
5.	CONCLUSIONES.....	22
6.	Anexos	23
6.1.	Información Informe Ejecución y Resultados de Medición en UD.....	23

Índice de Tablas

Tabla 1: Cronograma de Actividades de la Asesoría.....	5
Tabla 2: Revisión de Antecedentes Proporcionados.....	6
Tabla 3: Análisis de Datos por Tipo de Medición.....	12
Tabla 4: Detalle Punto de Control.....	15
Tabla 5: Caracterización de la infraestructura.....	19
Tabla 6: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Alerce.....	23
Tabla 7: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Purranque.....	23
Tabla 8: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Paillaco.....	24
Tabla 8: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Panguipulli.....	24

Índice de Figuras

Figura 1: Ejemplo Medición Caudal UD Muestra Purranque.....	13
Figura 2: Ejemplo Medición Caudal UD Especial Paillaco.....	14
Figura 3: Ejemplo Medición Caudal en TC.....	15
Figura 4: Ejemplo Medición Caudal en Puntos de Control.....	16
Figura 5: Ejemplo Medición Caudal en Puntos de Control en Alerce.....	17
Figura 6: Registros de Precipitaciones.....	18
Figura 7: Registros Niveles de Pozos.....	19
Figura 8: Registros Niveles de Pozos en Paillaco.....	19

1. INTRODUCCIÓN

En conformidad al Acuerdo de Intenciones entre la SISS y Suralis S.A, formalizado a través de la Res. SISS N°842/22, la empresa sanitaria contrato a la empresa INECON para poder cuantificar el posible ingreso de aguas ajenas al sistema de recolección de aguas servidas en 4 localidades (Alerce, Paillaco, Panguipulli y Purranque).

A la fecha el estudio ha finalizado su etapa de levantamiento de información en terreno, la cual, según lo informado se cuenta con más de 141 millones de registros, compuesto por mediciones de caudales de aguas servidas, consumo AP, medición precipitaciones, alturas de napa entre otros.

Por el volumen de información y actividades necesaria a desarrollar por la SISS como contraparte técnica del proyecto, es que fue solicitado a consultor José Pinto Miranda apoyar en la revisión de antecedentes.

Por último, el estudio contratado por Suralis S.A. es el primero de estas características realizado por alguna empresa sanitaria a nivel nacional, por ello, es de gran relevancia tanto para la SISS como la Empresa que el procesamiento y modelamiento de la red no deje dudas de su aplicabilidad, respecto de la detención, cuantificación e identificación de alternativas de solución del aporte de agua ajenas a la red de recolección de aguas servidas.

2. SOLICITUD DE REVISIÓN

La revisión solicitada por la SISS al consultor consta de 8 actividades agrupadas en 3 Etapas, según se detalla en cronograma de actividades remitido (ver acápite 2.1).

El presente informe se centra en la Etapa 1, compuesta por 3 actividades.

1. Procesamiento de datos
2. Análisis mediciones de caudal
3. Análisis caracterización infraestructura

El principal objetivo del presente informe es revisar la veracidad de los datos proporcionados para el estudio y asegurar que existan omisiones, ajustes o pérdida de información que pudieran sesgar los resultados y conclusiones del estudio, así como, entregar las observaciones y recomendaciones a instruir al consultor del proyecto.

Las Etapas restantes corresponderán a la revisión de actividades según detalle siguiente.

Etapa 2: Actividades desde la 4 a la 5.

Etapa 3: Actividades desde la 6 a la 8.

2.1. Cronograma de las actividades

Aun cuando el cronograma no formaba parte del contrato de servicio, sí se incluyó en la solicitud de cotización. Dicho cronograma fue solicitado por la SiSS para el desarrollo y cotización de la presente asesoría.

Tabla 1: Cronograma de Actividades de la Asesoría.

Actividades a Desarrollar	Fecha Inicio	Fecha de Terminó	Semanas de trabajo														
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13		
1. Procesamiento de datos	26-08-2024	27-09-2024															
2. Análisis mediciones de caudal	27-08-2024	27-09-2024															
3. Análisis caracterización infraestructura	28-08-2024	27-09-2024															
4. Modelo de estadísticos y econométricos	13-09-2024	30-09-2024															
4.1 Revisión Primera Entrega	30-09-2024	11-10-2024															
5. Desarrollo de modelos hidráulicos	07-10-2024	11-10-2024															
5.1 Revisión Primera Entrega	07-10-2024	25-10-2024															
6. Resultados preliminares expansión	25-10-2024	08-11-2024															
7. Resultados preliminares modelación	25-10-2024	08-11-2024															
8. Plan de trabajo para definición de estándares	08-11-2024	22-11-2024															

3. REVISIÓN DE ANTECEDENTES

3.1. Información Entregada

La información entregada a la SiSS procede desde una carpeta en la nube administrada por INECON y S&E consultores, empresas encargadas de llevar el estudio.

El profesional del Área de Estudios y Normas Pedro Fuentes Fica, compartió vía OneDrive los antecedentes necesarios para la revisión, con lo que fue construida la tabla 2 de chequeo de información.

De la carpeta proporcionada por la empresa SURALIS para su revisión, se considerarán únicamente los archivos correspondientes a los datos recolectados en terreno dentro de la nube de datos del proyecto. Por lo tanto, las carpetas "1 Carta Gantt", "2 Info Empresa" y "3 SIG" no formarán parte del análisis, ya que no contienen información directamente obtenida en campo.

Las carpetas que contienen archivos relevantes para el análisis de los datos recolectados directamente en terreno, y que serán objeto de estudio, son las siguientes: "4 Entregas", "5 Actas", "6 Presentaciones" y "7 Terreno". A continuación, se detallan los archivos que serán analizados y de los cuales se obtiene gráficas y datos mostrados en el cuerpo de este informe.

Tabla 2: Revisión de Antecedentes Proporcionados.

Nombre carpeta	Nombre Subcarpetas	Nombre archivo/Subcarpeta	Nombre archivo/Subcarpeta2	Nombre archivo/Subcarpeta3	Nombre archivo/Subcarpeta4	¿Se comprueba Información?
4 Entregas	Análisis demográfico	Informe Análisis Territorial				Chequeado
	Análisis Marco Regulatorio	Informe Análisis Marco Regulatorio				Chequeado
	Análisis Normativas Técnicas	Análisis Normativa Técnica Nacional				Chequeado
	Estudio Precipitaciones	01. Paillaco	01. Estudio de Precipitaciones Paillaco			Chequeado
			Anexo 1_Estadística Original de Precipitaciones - Paillaco			Chequeado
			Anexo 2_Revisión, Relleno y Extensión de la Estadística de Precipitación - Paillaco			Chequeado
			Anexo 3_Metodología y Resultado del Análisis de Frecuencia y Test de Bondad de Ajuste - Paillaco			Chequeado
			Anexo 4_Análisis de Frecuencia Gráfico de Precipitaciones Máximas Anuales en 1, 2, y 3 Días - Paillaco			Chequeado
			Anexo 5_Hietogramas de Diseño - Paillaco			Chequeado
		02. Panguipulli	01. Informe de Precipitaciones Panguipulli - Plan Maestro			Chequeado
			Tormentas de Diseño			Chequeado
		03. Alerce	01. Estudio de Precipitaciones Alerce			Chequeado
			Anexo 1_Estadística Original de Precipitaciones			Chequeado
			Anexo 2_Revisión, Relleno y Extensión de la Estadística			Chequeado
			Anexo 3_Metodología y Resultado del Análisis de Frecuencia			Chequeado
			Anexo 4_Análisis de Frecuencia Gráfico de Precipitaciones Máximas Anuales en 1, 2, y 3 Días			Chequeado
			Anexo 5_Hietogramas de Diseño			Chequeado

Nombre carpeta	Nombre Subcarpetas	Nombre archivo/Subcarpeta	Nombre archivo/Subcarpeta2	Nombre archivo/Subcarpeta3	Nombre archivo/Subcarpeta4	¿Se comprueba Información?
			Anexo 6_Resumen Estudio Precipitaciones PM Alerce			Chequeado
			Anexo1 PM_Torment de Diseño			Chequeado
	04. Purranque		01. Estudio de Precipitaciones Purranque			Chequeado
			Anexo 1_Estadística Original de Precipitaciones - Purranque			Chequeado
			Anexo 2_Revisión, Relleno y Extensión de la Estadística de Precipitación - Purranque			Chequeado
			Anexo 3_Metodología y Resultado del Análisis de Frecuencia y Test de Bondad de Ajuste - Purranque			Chequeado
			Anexo 4_Análisis de Frecuencia Gráfico de Precipitaciones Máximas Anuales en 1, 2, y 3 Días - Purranque			Chequeado
			Anexo 5_Hietogramas de Diseño - Purranque			Chequeado
	Experiencia Internacional		Revisión Experiencia Internacional vf			Chequeado
			Bibliografía			Chequeado
	Informes y Resultados de caracterización de Infraestructura	01. Prueba Video Inspección de Colectores	Alerce	30 fichas de video inspección		Chequeado
			Paillaco	31 fichas de video inspección		Chequeado
			Panguipulli	30 fichas de video inspección		Chequeado
			Purranque	32 fichas de video inspección		Chequeado
			Informe Prueba Video Inspección de Colectores			Chequeado
	02. Prueba de Video Inspección de UD		01. VI Alerce			Chequeado
			02. VI Purranque			Chequeado
			03. VI Paillaco			Chequeado

Nombre carpeta	Nombre Subcarpetas	Nombre archivo/Subcarpeta	Nombre archivo/Subcarpeta2	Nombre archivo/Subcarpeta3	Nombre archivo/Subcarpeta4	¿Se comprueba Información?
			04. VI Panguipulli			Chequeado
			Informe Prueba Video Inspección de UD			Chequeado
		03. Prueba de Estanqueidad	Informe Estanqueidad de Tapas de Cámaras			Chequeado
		04. Prueba de Humo	Informe Prueba de Humo			Chequeado
		05. Prueba Cámara Pértiga	Informe Prueba Cámara Pértiga			Chequeado
		BD Cámaras				Chequeado
		BD TC				Chequeado
		BD UD				Chequeado
	Metodología Estadística	01. UD	Informe Metodología, Anexos, Sorteo nuevo y antiguo de las 4 localidades			Chequeado
		02. Colectores	Informe Selección muestra Colectores Video Inspección, Muestra Estadística Video Inspección Colectores			Chequeado
		03. Cámaras	Informe Selección Muestra CI Pértiga y Estanqueidad			Chequeado
	Protocolos Técnicos	PG-001 Protocolos Generales Trabajo de Terreno				Chequeado
		PT001- Medición de Caudal en puntos de control				Chequeado
		PT002- Medición de Caudal en tramo de colector				Chequeado
		PT003- Medición de Caudal en UD				Chequeado
		PT004- Protocolo Técnico Exploración de Cámaras de Inspección con cámara Pértiga				Chequeado
		PT005- Inspección de la red de recolección a través de Pruebas de Humo				Chequeado
		PT006-Protocolo Técnico Prueba de Estanqueidad de Tapas de Cámaras de Inspección				Chequeado
5 Actas de Reuniones	Acta de reuniones 31-03-2023	Acta reunión SISS 31-03-2023, Presentación Metodología Proyecto Aguas Ajenas, Reunión_SISS/ESSAL_Proyecto Aguas Ajenas_Shape				Chequeado

Nombre carpeta	Nombre Subcarpetas	Nombre archivo/Subcarpeta	Nombre archivo/Subcarpeta2	Nombre archivo/Subcarpeta3	Nombre archivo/Subcarpeta4	¿Se comprueba Información?
	Acta Reunión Kick off SiSS					Chequeado
	Acta Reunión SiSS 06-12-2022					Chequeado
	Acta Reunión SiSS 13-12-2022					Chequeado
	Acta reunión SiSS 22-12-2022					Chequeado
6 Presentaciones	Metodología muestreo aguas ajenas UD 06-12-2022					Chequeado
	Metodología muestreo y estimación aguas ajenas privadas 22-12-2022					Chequeado
	Metodología para medición de caudal en UD 13-12					Chequeado
	Prop. Trabajo 10-11-2022					Chequeado
7 Terreno	1 Caudales Tramos de colectores	1 Tramos de Colector, 2 y 3	1 compilado Ciclos 1, 2 y 3	Clientes, Fotos Instalación, Información Ciclos y Mapas		Chequeado
	2 Mediciones	11-ago		01 Alerce	PC (5 al 8) y TC (01 al 04)	Chequeado
				02 Purranque	PC (1,2 y 4 al 7) y TC (01 al 02)	Chequeado
				03 Paillaco	PC (1, y 3 al 6) y TC (01 al 04)	Chequeado
				04 Panguipulli	PC (7 al 9 y 10) y TC (01 al 02)	Chequeado
		12-03-2024		NP	BD Napa Freática_11_03_2024	Chequeado
				PC	Información PC_20240312	Chequeado
					PC_Entrega_20240313	Chequeado
				Pluvio	Pluviometro 1 HR_20240312	Chequeado
				TC	Información TC_20240312	Chequeado
					Lecturas AP TC_20240312	Chequeado

Nombre carpeta	Nombre Subcarpetas	Nombre archivo/Subcarpeta	Nombre archivo/Subcarpeta2	Nombre archivo/Subcarpeta3	Nombre archivo/Subcarpeta4	¿Se comprueba Información?
				TC_Entrega 20240312		Chequeado
			UD	UD Clientes Especiales	12 archivos excel por cliente	Chequeado
				UD muestra	130 archivos excel	Chequeado
				Información UD Clientes Tipo_20240312		Chequeado
				Información UD Clientes Especiales_20240313		Chequeado
				Lectura AP UD Clientes Tipo_20240312		Chequeado
				Lectura AP UD Clientes Especiales_20240313		Chequeado
	14-05-2024		Medición diciembre enero	UD Clientes Especiales	13 archivos excel por cliente	Chequeado
				UD Tipo	141 archivos excel por clientes	Chequeado
				10 archivos excel con info PC, TC, Pluviometría y lectura AP		Chequeado
	Mediciones Abril 2024		Medición Abril	correcciones	6 archivos excel con Lectura AP, TC y UD y archivo texto con observaciones	Chequeado
				UD Clientes Especiales	16 archivos excel por clientes	Chequeado
				UD Tipo	30 archivos excel por clientes	Chequeado
				10 archivos excel con info PC, TC, Pluviometría y lectura AP		Chequeado
	Mediciones febrero-marzo 2024		Medición Febrero- Marzo	UD Clientes Especiales	16 archivos excel por clientes	Chequeado
				UD Tipo	30 archivos excel por clientes	Chequeado
				10 archivos excel con info PC, TC, Pluviometría y lectura AP		Chequeado
	PC			4 archivos excel		Chequeado
	Pozos			BD Napa Freática_11_03_2024		Chequeado

Nombre carpeta	Nombre Subcarpetas	Nombre archivo/Subcarpeta	Nombre archivo/Subcarpeta2	Nombre archivo/Subcarpeta3	Nombre archivo/Subcarpeta4	¿Se comprueba Información?
		UD especiales	41 archivos Excel por clientes			Chequeado
		UD muestras	30 archivos excel			Chequeado
	3 Puntos de control	Planos	24 archivos PDf por localidad			Chequeado
	4 Bases de datos	3 archivos de excel con base de datos de cámaras, TC y UD				Chequeado
	5 Informes	5 archivos PDF con los resultados de la medición				Chequeado

3.2. Procesamiento de Datos

Como fue advertido anteriormente, debido a la gran magnitud de registros entregados se debió recurrir a herramientas computacionales que permiten procesar gran cantidad de registros, dado que en Excel es imposible de trabajar de forma adecuada. Por ello, entre el consultor y el profesional SISS acordaron utilizar la herramienta Power BI con objeto de hacer la revisión simple y visualmente agradable a todo lector.

Los registros de mediciones en Uniones Domiciliaria fueron registrados cada 5 segundos, por su parte, para los Tramos de Colector Puntos de Control se presentan en intervalos de 5 minutos. Por su parte, las mediciones de consumo de agua potable se presentan en intervalos de 1 hora, respecto de las mediciones de precipitación se generan cada vez que la precipitación mueve el equipo con una caída de 2 mm de agua, por último, las mediciones de altura de napa fueron realizadas en general 1 o 2 vez por semana, dependiendo de la existencia o no de precipitaciones.

Tabla 3: Análisis de Datos por Tipo de Medición.

Tipo de Medición	Fechas de Medición		Cantidad de Registros	Cantidad de Registros AS Informados por ESS	Cantidad de Registros AP Informados por ESS	Cantidad de Ciclos	Observaciones
	Inicio	Fin					
Caudal en UD Muestra (Tipo)	08-11-2023	30-04-2024		69.000.000	96.000	15	
Caudal en UD Especiales	08-11-2023	30-04-2024		66.000.000	92.000	15	Continuo
Caudal en Tramos de Colector	21-07-2023	12-04-2024		690.000	20.000	20	
Caudal en Puntos de Control	01-07-2023	30-04-2024		2.790.000			Continuo
Nivel de Pozo	01-07-2023	30-04-2024	1.000				
Pluviometría	01-07-2023	30-04-2024	23.000				
Cámara Pértiga	01-07-2023	30-04-2024	23.000				
Teleinspección	22-01-2024	01-02-2024	120				30 por Localidad
Estanqueidad de Tapas de Cámaras	05-02-2024	09-02-2024	120				30 por Localidad
Video Inspección Uds	30-01-2024	23-01-2024	200				Todas la Uds Muestra
Pruebas de Humo	22-01-2024	07-02-2024	120				22.000 ml

Respecto de las mediciones indicadas y los registros que debieran existir debido al espaciamiento de las mediciones, es posible indicar, que en general la falta de datos varia entre 2,5 a 3,3%, sin embargo, para el caso particular de las mediciones en los PC, se presentan diferencias de registros de hasta 10%, lo que fue advertido al profesional de la SISS y este a su vez al consultor para aclarar.

3.3. Análisis Mediciones

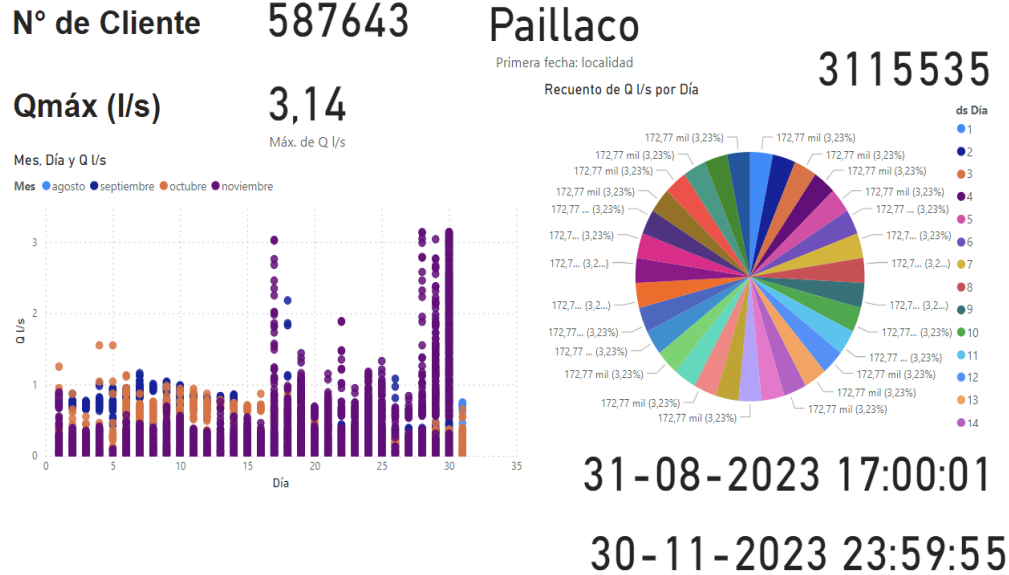
3.3.1. Mediciones de Caudal en UD Muestra

La muestra de UDs seleccionada por localidad correspondió a 50 viviendas, elegidas a través de un muestreo aleatorio simple, las mediciones fueron realizadas desde el 16 de agosto del 2023 al 30 de abril del 2024, en 15 ciclos de medición.

A continuación, se muestra un ejemplo del procesamiento de datos construido, pudiendo observar para el cliente de la muestra, caudal de aguas servidas generado cada 5 segundos, cantidad de registros totales de 172.800 para los 10 día de medición de un ciclo de medición, fechas de inicio y fin de medición y cantidad de registros diarios (Ver Figura 1).

valor de 854.2 m³, pudiendo ser considerado un cliente de alto consumo, en general, los 3 clientes especiales (informados en carpeta del 12-03-2024) presentan consumo elevados y en promedio de dichos clientes es de 40 veces el consumo de los residenciales.

Figura 2: Ejemplo Medición Caudal UD Especial Paillaco



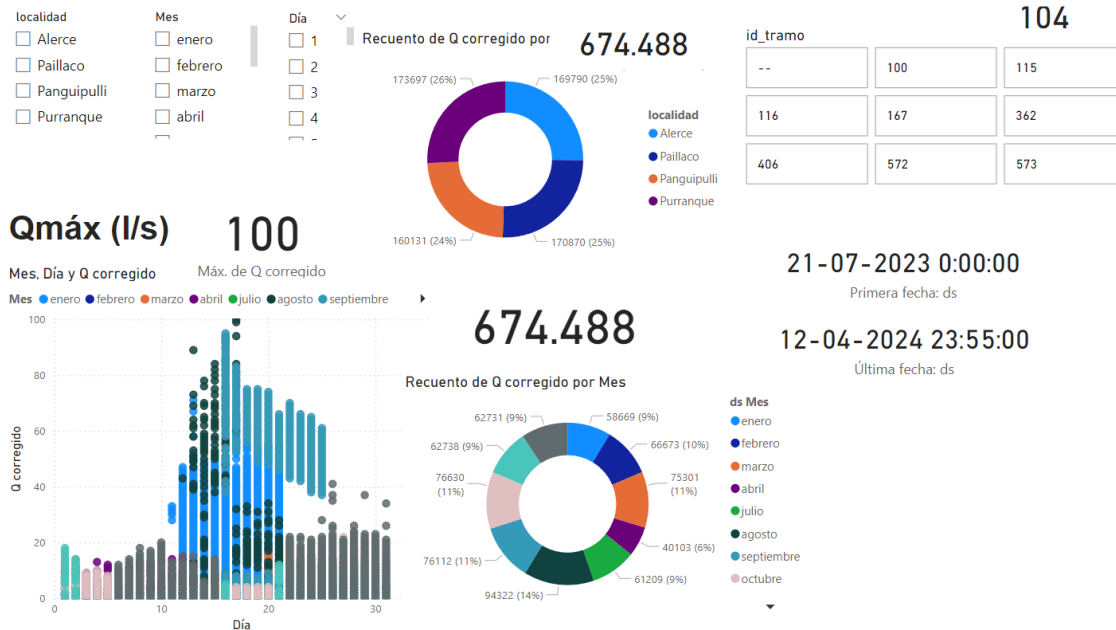
Nota: En los registros no se observan caudales puntuales superiores a 3.14 l/s, con concentración de caudales máximos más cercanos a 1 l/s, pudiendo incluso ser considerado como Qmáxh los generados entre 1.5 y 2 l/s, superiores a ellos, podríamos estar en presencia de ingresos producto de eventos puntuales de precipitaciones, debiendo ser analizado en detalle dichos casos.

3.3.3. Mediciones de Caudal en TC

Los tramos de colector en que fueron realizadas mediciones cumplen con la misma condición de las muestras de UD's al haber sido seleccionado con un muestreo aleatorio simple, sin embargo, como indica la ESS existen tramos que fueron incorporados en común acuerdo con las exigencias realizadas por las oficinas regionales de la SISS debido a ser sectores con problemas de obstrucciones y/o afloramientos, en consiguiente la cantidad de tramos seleccionados fue de 25 para Panguipulli y Paillaco, 26 en caso de Purranque y 27 para el caso de Alerce.

Las mediciones se encuentran comprendidas entre el 21 de julio 2023 y 12 de abril del 2024, contando con 674.488 registros en caudales de aguas servidas y 20.000 en registro de agua potable, para los 20 ciclos realizados, los intervalos de medición fueron cada 5 minutos.

Figura 3: Ejemplo Medición Caudal en TC



Con en Dashboard que se presenta, es posible poder realizar la revisión para cada tramo de colector, y con ello verificar posteriormente los caudales a usar en el modelamiento de la red.

3.3.4. Mediciones de Caudal en PC

En relación con los puntos de control en tramos de colector, es posible señalar que estos permanecieron con mediciones por todo el período del estudio, lo anterior, debió a que con dichos puntos se debe realizar el cuadro de volúmenes generados aguas arriba en el proceso de modelamiento hidráulico. La cantidad de puntos de control difiere en cada localidad, debido a la configuración de las cuencas aportantes que fueron extraídas por los sectores de aguas servidas declarados por la misma empresa sanitaria a través del protocolo PR035.

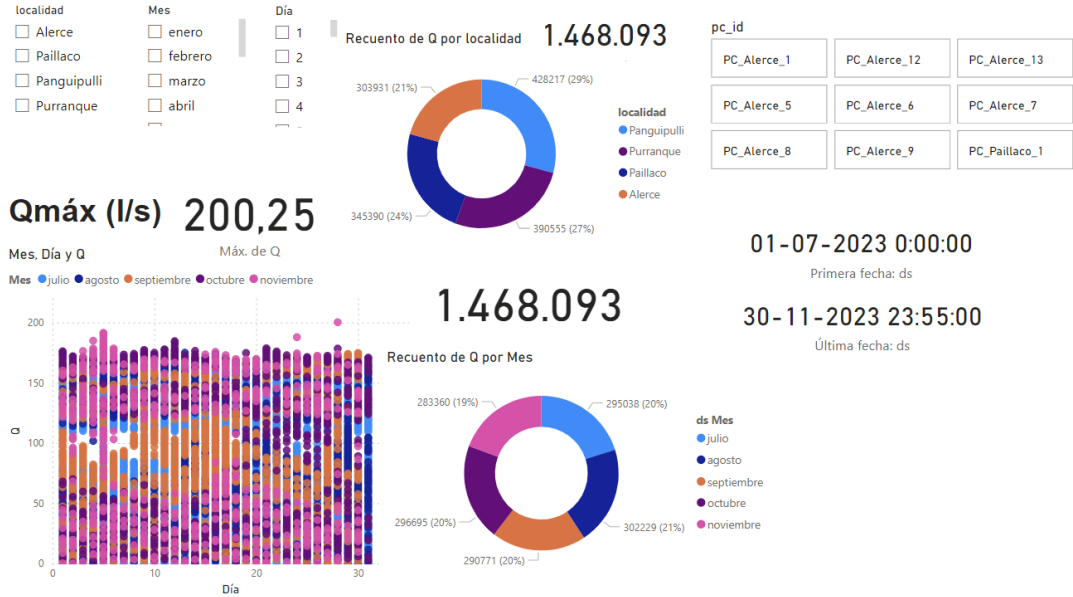
Según lo expuesto anteriormente, es posible indicar que el estudio contemplo 36 puntos de control en las redes, los que se distribuyen según Tabla 4, las mediciones fueron recogidas en intervalos de 5 minutos y se cuenta con una cantidad aproximada de registros de 2.8 millones.

Tabla 4: Detalle Punto de Control.

Localidad	Punto de Control
ALERCE	9
PAILLACO	8
PANGUIPULLI	10
PURRANQUE	9
Total general	36

A continuación, y a modo de ejemplo del procesamiento de datos, se muestra la información contenida en una de las carpetas entregadas, específicamente en la carpeta “12-03-2024”, que contiene registros desde junio a noviembre del 2023.

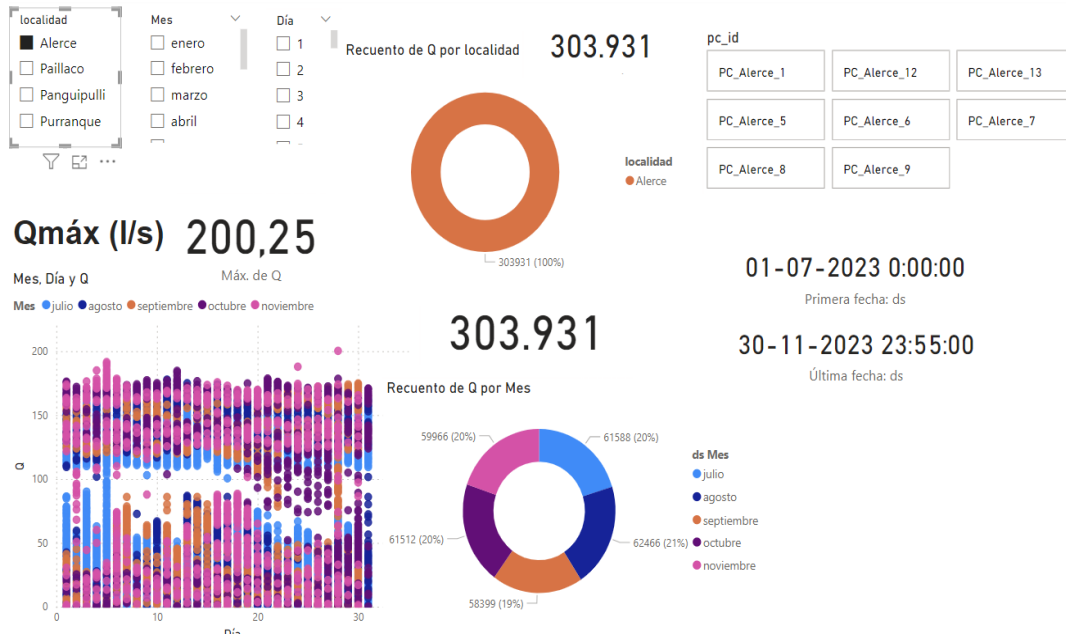
Figura 4: Ejemplo Medición Caudal en Puntos de Control



Como es posible apreciar la forma de procesamiento de los registros permite poder visualizar el caudal máximo registrado para cualquier localidad en análisis, así como, el máximo ocurrido en cada punto de control. Adicionalmente permite visualizar la cantidad de registros de mediciones por mes y por localidad, respecto a esto último se parecía que existen localidades con menor cantidad de registros para el período de medición, lo anterior se debe a no haber sido instalado los PC en mismas fechas.

Si bien, existen diferencias en las fechas de instalación de equipos, se evidencia falta de registros en algunas localidades, lo que debe ser analizado en mayor detalle, pudiendo ser problemas de mediciones y/o errores de medición y que hayan sido eliminados dichos registros por la ESS, a modo de ejemplo, en un mes con 30 días, 1 punto de control debiera aportar con 8.640 registros, por lo que, para el caso de Alerce que cuenta con 9 puntos de control, debiesen existir 77.760 registros, pero cómo es posible observar en la Figura 5, existen diferencias respecto a dicho valor.

Figura 5: Ejemplo Medición Caudal en Puntos de Control en Alerce



Continuando con el caso de Alerce es posible observar que, no fueron entregado los registros de es mediciones en los 9 puntos de control, lo que fue advertido a profesional de la SISS y este a su vez a la empresa consultora. Adicionalmente y posible observar que la cantidad de registros ronda los 60 mil por mes, pero debieran existir 69 mil, encontrando para dicho periodo que faltan alrededor de 9 mil registros por mes o el equivalente aproximadamente al 14% de los datos que debieran existir.

En cuanto a la totalidad de registros que debiera existir en puntos de control, para las 4 localidades, se aprecia que la falta de datos llega a alrededor de 10%.

Por último, los planos de ubicación y códigos de los PC no concuerdan con los códigos en registros remitidos, situación que fue advertida al profesional de la SISS y está a la consultora para corregir los planos con la correcta codificación.

3.3.5. Mediciones de Consumo de Agua Potable

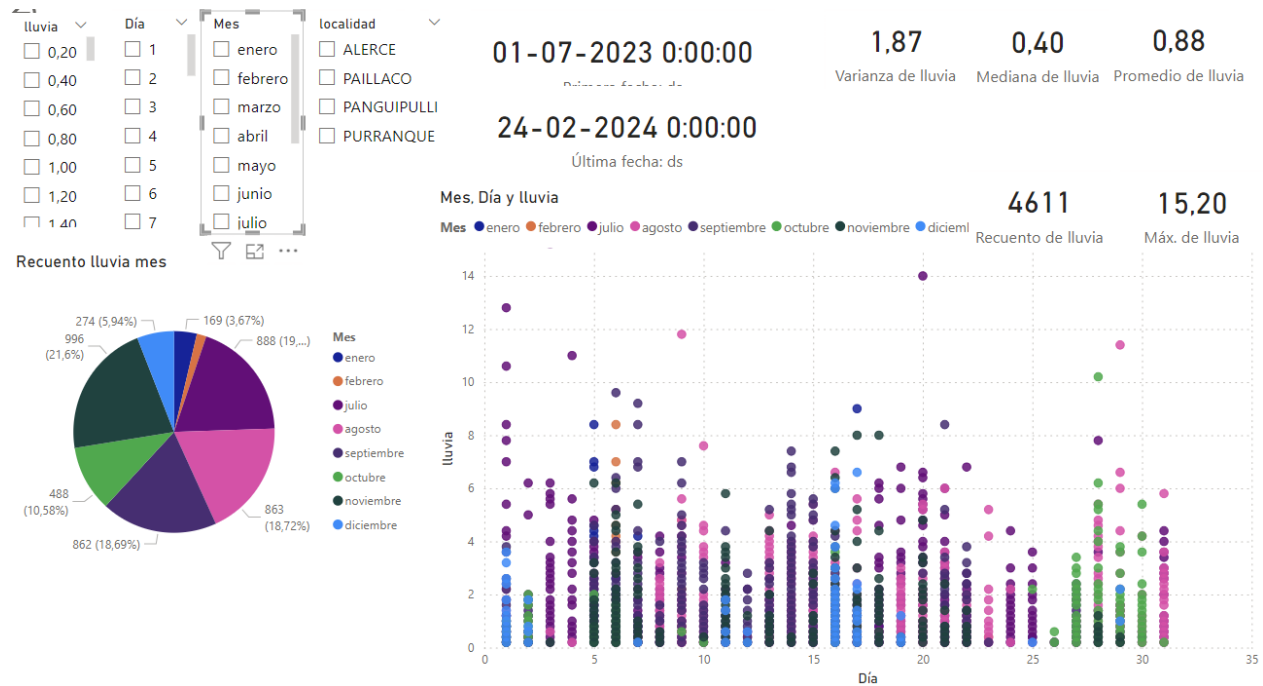
Con relación a los consumos de agua potable registrados tanto para las mediciones en UDs Muestra, como en UDs Especiales, es posible indicar que los registros fueron obtenidos de los MAP instalados para cada caso, registrando mediciones cada 1 hora, con objeto de contabilizar el volumen en dicho período para posterior comparación con volumen pasante de aguas servidas. Las fechas de medición son concordantes con los registros de caudales ya indicados en los puntos 3.3.1 y 3.3.2. La cantidad de registros entregados es de alrededor de 190.000 sumando clientes especiales y clientes muestra (Ver Anexo 6.1).

3.3.6. Mediciones de Precipitaciones

Los registros de pluviometría son generados a medida que el equipo registra una altura de 0,2 mm de agua caída, la cantidad de registros difiere de cada mes dependiendo de la existencia o no de precipitaciones, los registros entregados contienen datos entre los meses de junio 2023 y febrero 2024.

Las precipitaciones diarias registradas varían entre 0,2 mm y las máximas a 15.2 mm, siendo el mes con mayores precipitaciones el de julio, seguido del mes de agosto (Ver Figura 6)

Figura 6: Registros de Precipitaciones



3.3.7. Mediciones de Altura de Napa

Las mediciones de altura de napa fueron realizadas entre 1 a 2 veces por semana, dependiendo de la existencia o no de precipitaciones, e incluso existen semanas en que fueron realizadas más de 2 mediciones por lo indicado, y como forma de controlar los posibles aumentos de nivel.

Es importante destacar que, si bien existen precipitaciones y con ello un aumento de nivel del pozo, esto no necesariamente se traduce en aumento del nivel del nivel freático, toda vez que la velocidad de movimiento del agua dentro de un medio permeable como es suelo no sufre variaciones tan abruptas, es decir, las variaciones bruscas registradas y que no se mantiene posteriormente en el tiempo darían cuenta de cambios en el grado de saturación del suelo por sobre el nivel freático.

Es importante destacar, que existen caso como en Paillaco, en que el nivel de pozo se encuentra alrededor de 3 metros o superior, pudiendo inferir que pudiera existir poca o nula afectación por ingresos de aguas proveniente de aporte subterráneo (Ver Figura 8).

Figura 7: Registros Niveles de Pozos

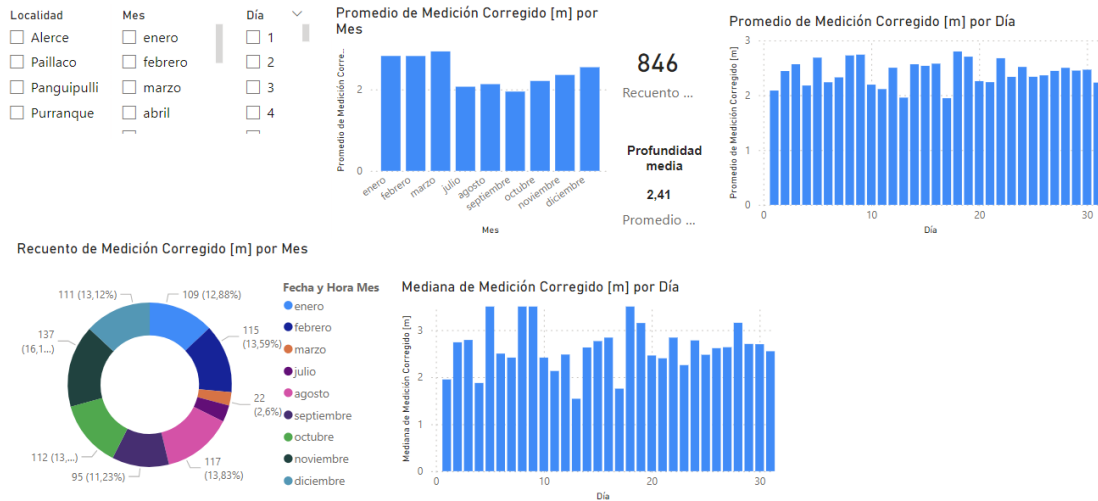
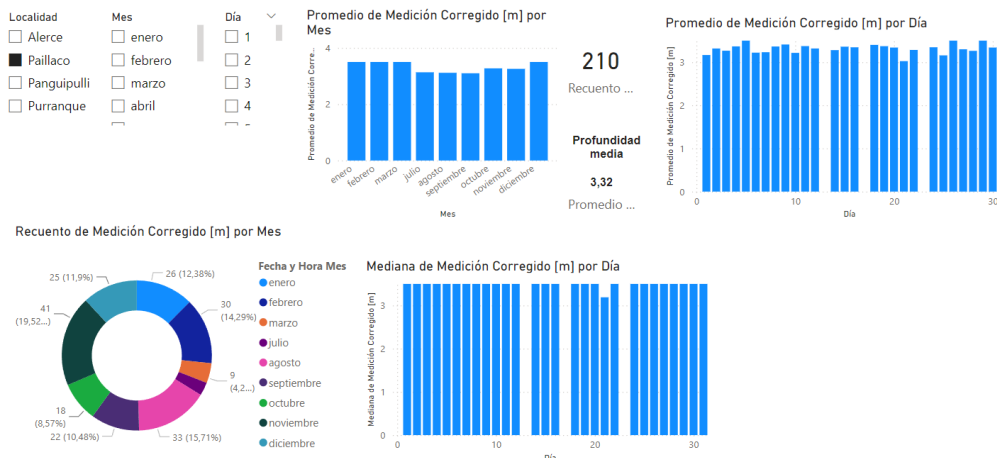


Figura 8: Registros Niveles de Pozos en Paillaco



3.4. Análisis Caracterización de Infraestructura

A continuación, se muestran los datos obtenidos en terreno de la caracterización estructural tanto de la muestra de infraestructura pública como aquella que, respecto al estado de la unión domiciliaria, en cuanto a cada estado por componente, para luego resumir en un estado general.

Tabla 5: Caracterización de la infraestructura.

Caracterización infraestructura	Categoría	Localidades			
		Alerce	Purranque	Paillaco	Panguipulli
Video Inspección Colectores	Menores a Moderados (2 y 3)	93,00%	53,00%	67,00%	76,66%
	Defectos Significativos (4)	0,00%	7,00%	6,00%	3,33%

Caracterización infraestructura	Categoría	Localidades			
		Alerce	Purranque	Paillaco	Panguipulli
Estanqueidad Tapa Cámara pública	Defectos más significativos (5)	7,00%	40,00%	27,00%	20,00%
	Bueno	36,60%	13,30%	10,00%	20,00%
	Regular	50,00%	43,30%	60,00%	50,00%
Cámara pública estado estructural	Malo	13,30%	13,30%	30,00%	30,00%
	Bueno	53,30%	50,00%	23,30%	53,30%
	Regular	33,30%	23,30%	40,00%	33,30%
Incidencia en cámaras con Estado Regular y Malo	Malo	13,30%	26,60%	36,60%	13,30%
	Grietas	50,00%	46,70%	82,60%	78,60%
	Desprendimiento	7,10%	40,00%	8,70%	7,10%
Prueba de Humo	Infiltración	42,90%	13,30%	8,70%	14,30%
	A. Ll. Conectada a Alcantarillado	1	1	1	0
	Rotura Empalme Alcantarillado	0	0	1	0
Video Inspección UD-Car. Estructural Tapas	Bueno	87,00%	53,00%	73,00%	84,00%
	Regular	9,00%	25,00%	23,00%	7,00%
	Malo	4,00%	22,00%	4,00%	9,00%
Video Inspección UD-Car. Estr. Cámaras Domiciliarias	Bueno	100,00%	89,00%	69,00%	96,00%
	Regular	0,00%	6,00%	24,00%	4,00%
	Malo	0,00%	5,00%	7,00%	0,00%
Video Inspección UD-Car. Estr. Unión Domiciliarias	Bueno	67,00%	76,00%	60,00%	69,00%
	Regular	20,00%	13,00%	25,00%	24,00%
	Malo	13,00%	11,00%	15,00%	7,00%

Esta tabla refleja el estado general de la infraestructura sanitaria de la empresa SURALIS en las cuatro localidades evaluadas.

Los resultados son relevantes, ya que en Purranque, Paillaco y Panguipulli más del 10% de los colectores presentan "Defectos más significativos", lo que justifica prestar especial atención a estas localidades en el análisis de aguas ajenas.

En cuanto a la estanqueidad de las tapas de las cámaras públicas, se observa que en todas las localidades el estado es "regular", lo que sugiere la posible infiltración de aguas ajenas a través de las tapas.

El estado estructural general de las cámaras públicas varía entre "Bueno" y "Regular". Sin embargo, el porcentaje de cámaras en estado "Malo" supera el 10%, por lo que se espera que este factor tenga un impacto en la modelación hidráulica.

Además, las cámaras en estado "Malo" o "Regular" muestran principalmente fallas por grietas, lo que permitiría la infiltración de agua del suelo circundante.

Finalmente, la prueba de humo indica que hay pocos usos irregulares de las redes sanitarias, por lo que se podría descartar el impacto de aguas ajenas debido a usos indebidos o fuera de la normativa.

En relación con las uniones domiciliarias (UD), se observa que el estado de sus tapas se clasifica mayormente como "Bueno" y "Regular", con un porcentaje inferior al 10% en estado "Malo". Sin embargo, en Purranque, el porcentaje de tapas en estado "Malo" alcanza el 22%. Esto sugiere que, en la etapa de modelación, se anticipa un efecto significativo en la infiltración de aguas ajenas a través de esta infraestructura.

Respecto al estado de las cámaras de UD, la mayoría se encuentra en condiciones "Buenas", y únicamente en Paillaco se registra un porcentaje superior al 10% en estado "Regular". Por lo tanto, se espera que en la etapa de modelación el aporte de aguas ajenas por esta vía sea bajo.

En cuanto al estado del ducto de la UD, aunque la mayoría se clasifica como "Bueno" o "Regular", las localidades de Alerce, Purranque y Paillaco presentan porcentajes superiores al 10% en estado "Malo". Esto indica que, en la modelación hidráulica, se espera un mayor aporte de aguas ajenas por este efecto en comparación con Panguipulli.

4. COMENTARIOS

Respecto de la revisión de datos encomendada por la SISS por el estudio llevado por la empresa Suralis S.A, es posible indicar que fue revisada toda la información compartida, evidenciando 11 informes y una cantidad de registros aproximada de 142 millones de datos. Debido a la gran cantidad de información fue necesario utilizar un sistema especializado para el uso de bases de datos, sobre y cuál fueron elaborados distintos Desaborad de reportabilidad, que permiten visualizar de forma simple y clara los registros entregados.

Las mediciones fueron realizadas tanto en periodos húmedos como en períodos secos, tal como fue solicitado por la SISS, sin embargo, los registros no cuentan con estadísticas de 1 año, sino de hasta 10 meses en los mejores casos.

Por último, es necesario avanzar en la revisión de los modelos y expansión de la muestra, labor que será desarrollada con las consultas a los Desaborad, adicionalmente, se propone poder realizar revisión de consumos resultados de expansión con consumos reales de cada mes en que fueron registradas las mediciones, como forma de corroborar los volúmenes resultantes.

5. CONCLUSIONES

La revisión de los registros en UD's tanto Especiales como Muestra, permiten identificar claramente los consumos de los clientes y sus peak de descargas al alcantarillado, así como, en varios casos caudales bases que pudieran no corresponder a consumos de agua potable.

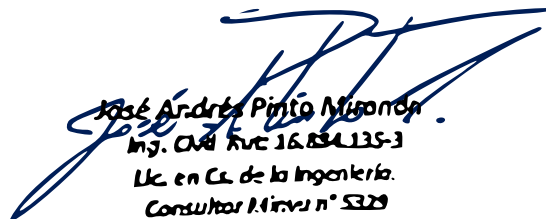
Se considera aceptable los intervalos de mediciones utilizados, tanto para registros de UD's, Tramos de Colector y Puntos de Control, toda vez, que registros en intervalos mayores a 5 segundos en UD's no habría podido replicar los caudales máximos horarios de descarga de las viviendas.

Los Dashboard construidos permite a los usuarios revisar en forma simple los caudales en cada uno de los puntos de medición, ya sean UD's, TC o PC, lo que facilitará la revisión tanto de la Expansión, como Modelamiento Hidráulico. Se debe considerar, en las revisiones posteriores, las consideraciones para casos especiales como Paillaco, en que se evidencian caudales mayores a los generados por el consumo AP, pero sin un efecto apreciable de ingreso de agua por infiltración, debido a que los niveles de pozo se encontraron la mayor cantidad del tiempo sobre los 3 metros.

Por otra parte, se debe analizar en detalle el aporte de agua por ingreso tanto de la parte pública como privada, ante eventos de lluvia, toda vez, que a simple vista no todos los eventos de precipitaciones generan una mayor escorrentía medible en los PC y TC. En resumen, debe ser determinando que porcentaje del agua caída ingresa al sistema, tanto en el evento de precipitación, como en períodos de 24, 48 y 72 horas posteriores al evento de lluvia.

Respecto de la caracterización de infraestructura, es notorio que existen problemas en infraestructura pública como los indicados en el punto 3.4 del presente informe, sin embargo, también se evidencia existencia de problemas en cámara de UD's y en las propias UD's. Por otra parte, no se evidencian conexiones desde propiedades a cámaras UD, esto último, plantea la inquietud de que los ingresos de agua provenientes de precipitaciones debieran ser por aperturas de tapas de cámaras públicas y privadas.

Por último, se recomienda realizar revisión de una muestra de las IPTV remitidas en el estudio, lo anterior, puesto que para la revisión entregada en el punto 3.4, está basada en los resultados entregados por calificación NASSCO, sin entrar, en detalle de si dicha calificación fue correcta o no.



José Andrés Pinto Mironón
Ing. Civil RUC 16.834.135-3
Lic. en Cs. de la Ingeniería.
Consultor A.I.R.V. n° 5329

6. Anexos

6.1. Información Informe Ejecución y Resultados de Medición en UD.

Tabla 6: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Alerce

Cuadro 6-2: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Alerce

Mes	Centro de Salud Alerce (1179094)		Carabineros de Chile (2006647)		Acuenta (1376844)		Mercado Municipal (1227576)	
	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]
Agosto	0	0	23	23	0	0	0	0
Septiembre	0	0	351	607	0	0	76	134
Octubre	0	0	423	792	0	0	633	814
Noviembre	0	0	335	447	0	0	808	1.068
Diciembre	0	0	371	1.477	0	536	1.935	1.881
Enero	0	0	423	1.416	117	417	752	1.662
Febrero	0	0	395	1.469	150	459	695	1.708
Marzo	1.808	1.721	390	1.554	170	612	743	1.751
Abril	1.813	2.809	309	1.353	153	444	180	1.000

Tabla 7: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Purranque

Cuadro 6-4: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Purranque

Mes	Corp. Rehabilitación (790839)		Colegio Preciosa Sangre (752675)		Unimarc (598829)		Escuela Municipal (727566)	
	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]
Agosto	1	6	0	0	0	0	0	0
Septiembre	54	397	0	0	80	418	19	1.532
Octubre	18	135	0	0	117	430	8	2.868
Noviembre	23	95	0	0	93	350	57	613
Diciembre	39	270	0	157	99	274	113	904
Enero	46	66	33	55	105	424	50	95
Febrero	10	19	46	156	93	144	37	204
Marzo	12	18	361	488	113	196	246	922
Abril	10	19	493	911	18	249	233	601

Tabla 8: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Paillaco

Cuadro 6-6: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Paillaco

Mes	Colegio Raúl Silva Henríquez (1150065)		Escuela Proyecto Futuro (587699)		Gimnasio Municipal (587643)		Liceo Rudolfo Phillipi (1188369)	
	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]
Agosto	126	251	205	346	4	18	0	0
Septiembre	104	603	360	910	574	1.480	166	720
Octubre	120	711	442	716	988	1.107	325	1.062
Noviembre	187	498	389	502	987	1.041	332	863
Diciembre	153	273	334	1.038	1.025	1.487	260	1.003
Enero	64	143	185	867	833	1.549	430	1.804
Febrero	30	58	275	804	554	1.347	137	1.359
Marzo	134	209	351	1.120	468	1.316	383	1.036
Abril	146	221	250	1.045	313	1.381	398	798

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Panguipulli

Cuadro 6-8: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Panguipulli

Mes	CESFAM (664272)		Escuela G-1135 (677334)		Hospital Panguipulli (658973)		Colegio Altamira (1064266)	
	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	467	598
Octubre	0	0	349	971	0	0	815	955
Noviembre	0	0	462	2.268	0	0	861	1.707
Diciembre	0	0	294	573	312	864	727	1.483
Enero	221	623	169	597	351	971	578	728
Febrero	209	718	149	314	327	634	642	1.829
Marzo	220	1.003	427	828	309	1.123	1.099	2.910
Abril	242	835	714	961	1.070	2.000	1.052	4.754

INFORME N°2 REVISIÓN
ESTUDIO AGUAS AJENAS SURALIS S.A

PROYECTO:
REVISIÓN DE DATOS ESTUDIO
AGUAS AJENAS SURALIS

MANDANTE:
SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS
NOVIEMBRE DE 2024

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	SOLICITUD DE REVISIÓN	4
2.1.	Cronograma de las actividades	5
3.	REVISIÓN DE ANTECEDENTES.....	5
3.1.	Información Entregada.....	5
3.2.	Modelo Estadístico y Econométrico.....	6
3.2.1.	Metodología de Análisis y Procesamiento de Datos.....	6
3.2.2.	Expansión Caracterización de Infraestructura.....	7
3.2.3.	Expansión Consumo AP y AS.....	10
3.2.4.	Metodología de Expansión Econométrica.....	10
3.3.	Modelo Hidráulico.....	11
4.	Análisis de Información y Cuantificación de Aguas Ajenas	12
4.1.	Información Preliminar Presentada a SISS	12
4.2.	Determinación de Aguas Ajenas por Consultor.....	13
5.	COMENTARIOS	14
6.	CONCLUSIONES	15
7.	Anexos.....	16
7.1.	Información Informe Ejecución y Resultados de Medición en UDs.....	16

Índice de Tablas

Tabla 1: Cronograma de Actividades de la Asesoría	5
Tabla 2: Revisión de Antecedentes Proporcionados.....	6
Tabla 3: Matriz de variables de entrada.....	8
Tabla 4: Comparación porcentajes muestra v/s expansión.	9
Tabla 5: Porcentaje de Aguas Ajenas por Localidad.....	12
Tabla 6: Porcentaje de Aguas Ajenas por m2 de Superficie Según Localidad.....	12
Tabla 7: Aguas Ajenas Determinada por SISS.....	13
Tabla 8: Aguas Ajenas Determinada por SISS por mes.....	13
Tabla 9: Aguas Ajenas Determinada por SISS Purranque Corregido.....	14
Tabla 10: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Alerce	16
Tabla 11: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Purranque	16
Tabla 12: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Paillaco.....	17
Tabla 13: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Panguipulli	17

Índice de Figuras

Figura 1: Cantidad y Tipos de Registros AS.	7
Figura 2: Resultado de Simulación en Paillaco.....	12

1. INTRODUCCIÓN

En conformidad al Acuerdo de Intenciones entre la SISS y Suralis S.A, formalizado a través de la Res. SISS N°842/22, la empresa sanitaria contrato a la empresa INECON para poder cuantificar el posible ingreso de aguas ajenas al sistema de recolección de aguas servidas en 4 localidades (Alerce, Paillaco, Panguipulli y Purranque).

A la fecha el estudio ha finalizado su etapa de levantamiento de información en terreno, la cual, según lo informado se cuenta con más de 141 millones de registros, compuesto por mediciones de caudales de aguas servidas, consumo AP, medición precipitaciones, alturas de napa entre otros.

Por el volumen de información y actividades necesaria a desarrollar por la SISS como contraparte técnica del proyecto, es que fue solicitado a consultor José Pinto Miranda apoyar en la revisión de antecedentes.

Por último, el estudio contratado por Suralis S.A. es el primero de estas características realizado por alguna empresa sanitaria a nivel nacional, por ello, es de gran relevancia tanto para la SISS como la Empresa que el procesamiento y modelamiento de la red no deje dudas de su aplicabilidad, respecto de la detención, cuantificación e identificación de alternativas de solución del aporte de agua ajenas a la red de recolección de aguas servidas.

2. SOLICITUD DE REVISIÓN

La revisión solicitada por la SISS al consultor consta de 8 actividades agrupadas en 3 Etapas, según se detalla en cronograma de actividades remitido (ver acápite 2.1).

El presente informe se centra en la Etapa 2, compuesta por 2 actividades.

1. Modelo Estadístico y Econométrico
2. Modelos Hidráulicos

El principal objetivo del presente informe es revisar los resultados de expansión de la muestra para la caracterización de infraestructura, y expansión de resultados de medición en uniones domiciliarias, colectores de aguas servidas y consumos de agua potable. Así como, análisis de los modelamientos hidráulicos de la red de aguas servidas para cada una de las localidades.

La Etapa restante corresponde a la revisión de actividades según detalle siguiente.

Etapa 3: Actividades desde la 6 a la 8.

2.1. Cronograma de las actividades

Aun cuando el cronograma no formaba parte del contrato de servicio, sí se incluyó en la solicitud de cotización. Dicho cronograma fue solicitado por la SiSS para el desarrollo y cotización de la presente asesoría.

Tabla 1: Cronograma de Actividades de la Asesoría

Actividades a Desarrollar	Fecha Inicio	Fecha de Terminó	Semanas de trabajo													
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	
1. Procesamiento de datos	26-08-2024	27-09-2024														
2. Análisis mediciones de caudal	27-08-2024	27-09-2024														
3. Análisis caracterización infraestructura	28-08-2024	27-09-2024														
4. Modelo de estadísticos y econométricos	13-09-2024	30-09-2024														
4.1 Revisión Primera Entrega	30-09-2024	11-10-2024														
5. Desarrollo de modelos hidráulicos	07-10-2024	11-10-2024														
5.1 Revisión Primera Entrega	07-10-2024	25-10-2024														
6. Resultados preliminares expansión	25-10-2024	08-11-2024														
7. Resultados preliminares modelación	25-10-2024	08-11-2024														
8. Plan de trabajo para definición de estándares	08-11-2024	22-11-2024														

3. REVISIÓN DE ANTECEDENTES

3.1. Información Entregada

La información entregada a la SiSS procede desde una carpeta en la nube administrada por INECON y S&E consultores, empresas encargadas de llevar el estudio.

El profesional del Área de Estudios y Normas Pedro Fuentes Fica, compartió vía OneDrive los antecedentes necesarios para la revisión, con lo que fue construida la Tabla 2 de chequeo de información.

De la carpeta proporcionada por la empresa SURALIS para su revisión, se considerarán únicamente los archivos correspondientes a los datos recolectados en terreno dentro de la nube de datos del proyecto. Por lo tanto, las carpetas "1 Carta Gantt", "2 Info Empresa" y "3 SIG" no formarán parte del análisis, ya que no contienen información directamente obtenida en campo.

Las carpetas que contienen archivos relevantes para el análisis de los datos recolectados directamente en terreno, y que serán objeto de estudio, son las siguientes: "4 Entregas", "5 Actas", "6 Presentaciones" y "7 Terreno". A continuación, se detallan los archivos que serán analizados y de los cuales se obtiene gráficas y datos mostrados en el cuerpo de este informe.

Tabla 2: Revisión de Antecedentes Proporcionados.

Nombre Documento o Archivo	Chequeado
Informe Metodología y resultados de Expansión en la Caracterización de Infraestructura	SI
Informe Metodología de Análisis y Procesamiento de Datos	SI
Informe Metodología y Elaboración de Plano Piezométrico	SI
Presentación Avances 06/09/2024	SI
Reunión Revisión Antecedentes Modelo Hidráulico SISS 24/09/2024	SI
Modelos hidráulicos por localidad	No entregado
Informe final Metodología Expansión UD y TC (No entregado)	No entregado
Informe final modelación hidráulica (No entregado)	No entregado
Documento final con Propuesta de Soluciones Regulatorias (No entregado)	No entregado

3.2. Modelo Estadístico y Econométrico

3.2.1. Metodología de Análisis y Procesamiento de Datos.

Como es de conocimiento, las mediciones de terreno contemplaban registrar tanto los caudales de consumo de agua potable como de aguas servidas, para garantizar la validez de las mediciones la ESS comprometió la revisión de los equipos y sus correspondientes contrastaciones según las exigencias tanto de la SISS para la micromedición, como de la NCh 3205 para las redes de recolección, lo equipos utilizado fueron los siguientes.

UDs: Sistema de medición con canaleta Palmer – Bowlus, la medición de caudal no es directa al medir altura, debiendo ser transformado con la ecuación pertinente según proveedor de sistema.

MAP: Sensores son de alta tecnología (R800 y R350) otorgando una alta precisión de mediciones.

Colectores: Sensor Doppler de Área y Velocidad.

Si perjuicio de lo anterior, la gran cantidad de registros levantada en terreno puede presentar datos inconsistentes, o faltantes, con lo que para poder garantizar que los registros sean confiables, es común realizar un análisis estadístico de los registros para garantizar la integridad y confiabilidad de los datos.

Como fue indicado en el informe 1, y conversado con la ESS y consultor, es posible indicar que los registros proporcionados por las ESS dan garantía de registros confiables, toda vez que la cantidad de registros faltantes es inferior en general al 3% de los datos que debieran existir.

En la figura N°1, es posible apreciar los registros procesados y sus intervalos de medición, tal como fue informado en Informe N°1 de revisión.

Figura 1: Cantidad y Tipos de Registros AS.



3.2.2. Expansión Caracterización de Infraestructura.

Según lo presentado en archivo “Informe Metodología y resultados de Expansión en la Caracterización de Infraestructura”, la metodología empleada por la ESS para la expansión de la muestra de infraestructura fue, mediante la utilización de Inteligencia Artificial (IA), que consiste en primera instancia en realizar una selección estadística que asegure la aleatoriedad de la muestra, la que fue explicada en el primer informe de revisión.

Para lograr expandir la muestra en cada localidad, se desarrollaron modelos de clasificación de aprendizaje supervisado, dentro del ámbito de la inteligencia artificial, utilizando algoritmos de “Gradient Boosting” en particular la biblioteca “Catboost”. Lo anterior se basa en que los modelos funcionen con vectores de variables con las cuales se pueda discretizar los resultados, bajo variables de entrada específicas (vectores de características). En clasificación supervisada, los modelos aprenden a predecir la categoría de salida más probable basándose en los valores de entrada.

Si bien se establecen en informe de expansión tanto las variables de entrada como de salida que utiliza la IA, para indicar cuáles serán los datos analizados. Además de utilizar como KPI’s las medidas de precisión y sensibilidad entre otros; queda muy inconcluso el cómo fue procesada la información, lo cual dificulta demasiado el establecer si el análisis de expansión es validable, por lo que se indica que esto debe ser desarrollado en mayor detalle o mediante la elaboración de una metodología que permita apreciar la relación entre las variables y su propia validación, como en etapas previas se indicó se haría. Esto es vital para la validación del proyecto mismo, puesto que, si bien la inteligencia artificial permite optimizar los tiempos de procesamiento de datos, es vital para una correcta revisión de la contraparte, contar con las ecuaciones (algoritmos utilizados), se sugiere solicitar al contratista adentrarse en el algoritmo que utilizo la IA descrita y explicarlo, para establecer el comportamiento de las variables y de esta forma poder validar los datos obtenidos.

Por último, es menester informar que el procesamiento presentado a la SISS correspondía a expansión mediante el Modelo Econométrico, no mediante IA, es por ello, que es necesario conocer de mejor forma como trabajan las ecuaciones de los algoritmos utilizando para minimizar los errores y conocer las variables más relevantes identificadas del modelo con IA.

➤ Matriz de variables consideradas

Tabla 3: Matriz de variables de entrada.

Prueba Cámara Pertiga	Estanqueidad de Tapas de Cámaras	Video Inspección de Colectores	Inspección de Uniones Domiciliarias	Inspección de Cámaras Domiciliarias	Inspección de Tapas de Cámaras Domiciliarias
Variables					
Localidad	Localidad	Localidad	Localidad	Localidad	Localidad
Tipo de urbanización	Tipo de urbanización	Tipo de Vía	Tipo de Vía	Tipo de Urbanización	Tipo de Urbanización
Profundidad [m]	Profundidad [m]	Diámetro del colector	Área predio (m2)	Área predio (m2)	Área predio (m2)
Cota Anillo [m]	Cota Anillo [m]	Tipo de material del colector	Área Patio total (m2)	Área Patio total (m2)	Área Patio total (m2)
Tipo de Vía	Tipo de Vía	Longitud del colector [m]	Área techo (m2)	Área techo (m2)	Área techo (m2)
Zona de Inundación	Zona de Inundación	Zona de Inundación	Porcentaje de la superficie del patio respecto al predio	Porcentaje de la superficie del patio respecto al predio	Porcentaje de la superficie del patio respecto al predio
Napa Alta [m]	Napa Alta [m]	Napa Alta [m]	Á.del Patio (m2) Tipo P-1: Hormigón - Baldosa	Á.del Patio (m2) Tipo P-1: Hormigón - Baldosa	Á.del Patio (m2) Tipo P-1: Hormigón - Baldosa
Napa Estiaje [m]	Napa Estiaje [m]	Napa Estiaje [m]	Á.del Patio (m2) Tipo P-2: Pasto - Jardín	Á.del Patio (m2) Tipo P-2: Pasto - Jardín	Á.del Patio (m2) Tipo P-2: Pasto - Jardín
Tipo de suelo	Tipo de suelo	Tipo de suelo	Á.del Patio (m2) Tipo P-3: Tierra	Á.del Patio (m2) Tipo P-3: Tierra	Á.del Patio (m2) Tipo P-3: Tierra
Cantidad de colectores que llegan a la cámara	Antigüedad	Antigüedad	Zona de Inundación	Zona de Inundación	Zona de Inundación
Promedio de los diámetros de colectores que llegan a la cámara	Cantidad de colectores que llegan a la cámara	Obstrucciones	Napa Alta [m]	Napa Alta [m]	Napa Alta [m]
Tipo de material de los colectores que llegan a la cámara	Tipo de material de los colectores que llegan a la cámara	Cantidad de obstrucciones	Napa Estiaje [m]	Napa Estiaje [m]	Napa Estiaje [m]
-	-	-	Tipo Suelo	Tipo Suelo	Tipo Suelo
-	-	-	Obstrucciones de UD	Obstrucciones de UD	Obstrucciones de UD
-	-	-	Latitud y Longitud del predio	Latitud y Longitud del predio	Latitud y Longitud del predio

➤ Cuadro de comparación datos bases y expandidos

Tabla 4: Comparación porcentajes muestra v/s expansión.

Prueba	datos	Caracterización	% Por localidad			
			Alerce	Purranque	Paillaco	Panguipulli
Prueba Cámara Pertiga	Muestra	Bueno	60,0%	60,0%	56,7%	66,7%
		Malo	40,0%	40,0%	43,3%	33,3%
	Expansión	Bueno	61,9%	57,8%	56,8%	67,8%
		Malo	38,1%	42,2%	43,3%	32,2%
Estanqueidad de Tapas de Cámaras	Muestra	Bueno	66,7%	30,0%	40,0%	36,7%
		Malo	33,3%	70,0%	60,0%	63,3%
	Expansión	Bueno	58%	34%	46%	51%
		Malo	42%	66%	54%	49%
Video Inspección de Colectores	Muestra	daño menor a moderado (2)	93,3%	53,3%	66,7%	80,0%
		daño más significativo (5)	6,7%	46,7%	33,3%	20,0%
	Expansión	daño menor a moderado (2)	76,9%	59,7%	61,0%	59,9%
		daño más significativo (5)	23,1%	40,3%	39,0%	40,1%
Inspección de Uniones Domiciliarias	Muestra	Bueno	66,0%	76,6%	60,4%	68,9%
		Malo	34,0%	23,4%	39,6%	31,1%
	Expansión	Bueno	76,0%	60,1%	58,7%	63,1%
		Malo	24,0%	39,9%	41,3%	36,9%
Inspección de Cámaras Domiciliarias	Muestra	Bueno	100,0%	89,4%	87,5%	95,6%
		Malo	0,0%	10,6%	12,5%	4,4%
	Expansión	Bueno	95,8%	94,3%	79,5%	90,7%
		Malo	4,2%	5,7%	20,5%	9,3%
Inspección de Tapas de Cámaras Domiciliarias	Muestra	Bueno	87,2%	53,2%	72,9%	84,4%
		Malo	12,8%	46,8%	27,1%	15,6%
	Expansión	Bueno	75,1%	52,6%	57,6%	75,6%
		Malo	24,9%	47,4%	42,4%	24,4%

3.2.3. Expansión Consumo AP y AS.

Según lo indicado por la empresa en su informe “Metodología Estadística UD”, información que fue revisando con anterioridad por la SISS, el análisis de volumen de aguas ajenas que ingresa a la red de recolección de aguas servidas será determinado bajo distintas condiciones de precipitaciones, y sería estimado bajo el método de mínimos cuadrados. Este sistema consiste en hacer una regresión entre los valores observados de las mediciones y las diversas variables que actúan como controles.

Por otra parte, según lo indicado en el informe “Metodología de Análisis y Procesamiento de Datos”, el porcentaje de aguas ajenas es determinado mediante la integran bajo la curva de las mediciones en los distintos puntos de medición, tanto AP como AS, no siendo utilizado los datos de facturación informados en SISFAC.

A la fecha no ha sido proporcionada la información de expansión de consumos, así como, la de expansión de caudales de aguas servidas registrada en las uniones domiciliarias. Sin dicha información, no es posible cuantificar el ingreso de aguas en la red de recolección por el Método Estadístico.

Sin embargo, dado las mediciones de caudal en los Puntos de Control (PC), y la facturación de los consumos informadas en el SIFAC II, es posible cuantificar el ingreso de aguas a la red de recolección de aguas servidas, ya sean estas provenientes desde el ámbito público y/o privado. Esto último fue utilizado por el consultor para cuantificar y comparar con lo presentado por la ESS en mes de septiembre a la SISS.

3.2.4. Metodología de Expansión Econométrica.

Como fue indicado en el punto 3.2.3, la expansión de resultado se basaría en un Modelo Econométrico, de mínimos cuadrados, cuya ecuación genérica se encuentra definida como se muestra a continuación.

$$AAUD_{ij} = \alpha + \beta x_{ij} + \gamma y_i + \delta z_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$AAUD_{ij}$	Volumen de agua ajena aportada por la UD i en la medición j
α :	Constante
β :	Coefficientes asociados con condiciones de medición
x_{ij}	Datos de condiciones de medición j para la UD i: altura de napa, cantidad, intensidad y duración de las precipitaciones
γ :	Coefficientes asociados con características de la UD
y_i	Datos de características de la UD i: superficie del terreno, porcentaje de techo-pavimento, etc.
δ :	Coefficientes asociados con subpoblaciones
z_i	Variables ficticias (<u>dummies</u>) para identificar posibles subpoblaciones diferenciadas a la que pueda pertenecer la UD i
ε_{ij}	Perturbación aleatoria con media cero y varianza constante.

3.3. Modelo Hidráulico.

El modelamiento hidráulico de la red es necesario para cuantificar el ingreso de aguas ajenas a la red de recolección, así como para poder identificar los sectores de la red que pudiera presentar problemas operacionales debido al mayor caudal necesario de portear, permitiendo además predecir el comportamiento del sistema para distintos escenarios. La modelación se realiza mediante el software de uso libre Storm Water Management Model (SWMM) v5.2, dicho programa, permite modelar la escorrentía superficial y las redes de alcantarillado, pudiendo apreciar los efectos de las precipitaciones y profundidad de napas en un modelo integral de Precipitación-Escorrentía.

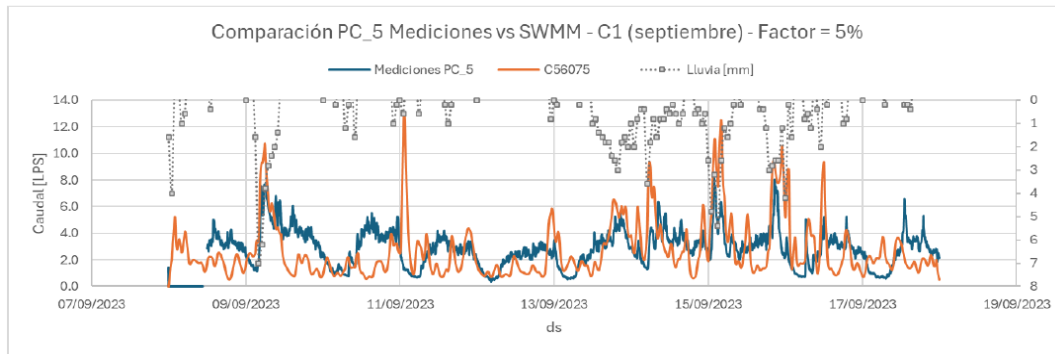
Con la finalidad de analizar la construcción y correcta calibración del modelo hidráulico, el profesional de la SISS Pedro Fuentes acudió a las oficinas del consultor en Viña del Mar con fecha 24/09/2024, en dicha reunión fue presentada la estructura de las componentes del modelamiento tanto físicas como virtuales, pudiendo apreciar que la información levantada en terreno se encontraba siendo considerada en dichos modelos, por lo que su calibración debiera ser capaz de poder emular la realidad.

Respecto del modelamiento presentado, es posible indicar que el flujo base impuesto en el modelamiento no, consideraba la existencia de un posible caudal de aguas servidas generado por consumo nocturno, lo que fue observado, según consta en acta de reunión. Adicionalmente, para las condiciones de ciclos Húmedos y Secos es posible apreciar un caudal base, por lo que fue solicitado analizar el consumo nocturno de las localidades, para con ello disminuir la incertidumbre del caudal de aguas ajenas en periodo seco.

Nota: No todos los Tramos de Colector presentan flujo base apreciable, lo mismo ocurre en los puntos de Control.

Los resultados presentados para el caso de Paillaco, muestran que el modelo se ajusta a los caudales medidos tanto en TC como en PC, considerando para dicha calibración un coeficiente de recolección de 0.9 y un factor de escorrentía de 5 y 10% que ingresa a la red de recolección, por las distintas componentes simuladas (Tapas de Colector, Unión Domiciliaria, Red Pública, Red Privada, Cámaras Públicas y Privadas), con dicha información y las características de cada infraestructura, es posible determinar el volumen de agua que ingresa tanto por la red pública como por la red privada. Adicionalmente, podrá ser estimado el caudal que ingresa por km de red.

Figura 2: Resultado de Simulación en Paillaco.



4. Análisis de Información y Cuantificación de Aguas Ajenas

4.1. Información Preliminar Presentada a SISS

Con fecha 06 de septiembre del 2024, la empresa sanitaria y el consultor a cargo del estudio presentaron los resultados parciales, en dicha presentación mostraron los niveles de Aguas Ajenas determinados para cada una de las 4 localidades, valores determinados mediante expansión de mediciones y mediante IA, los balances hídricos obtenidos y expuestos fueron los siguientes.

Tabla 5: Porcentaje de Aguas Ajenas por Localidad

Periodo	Alerce	Purranque	Paillaco	Panguipulli
Total	65,7%	47,9%	53,3%	60,6%

Adicionalmente fue determinado el índice (L/m² (día)), para cuantificar el ingreso de agua por m² de superficie.

Tabla 6: Porcentaje de Aguas Ajenas por m² de Superficie Según Localidad

Localidad	Húmedo	Seco	Total	Húmedo/seco	% Ajj totales
Alerce	3,3	2,8	3,1	1,2	56,79% - 61,14%
Purranque	1,3	0,3	0,9	3,9	47,18% - 59,16%
Paillaco	1,6	0,5	1,2	2,9	52,56% - 65,65%
Panguipulli	1,8	0,7	1,4	2,6	53,95% - 63,85%

Es importante indicar, que el valor de aguas servidas utilizado para la determinación de Aguas Ajenas ya sea por sector o por localidad, considero el consumo de agua potable multiplicado por el coeficiente de recuperación de aguas servidas utilizado en PD, no utilizado la facturación de aguas servidas para cada localidad, lo que pudiera inducir a un error, debido a la diferencia de clientes entre AP y AS.

1. Según la empresa a nivel de UD el 76% de las Aguas Ajenas son de origen privado, $R^2=0.472$
2. Según la empresa a nivel de TC el 72% de las Aguas Ajenas son de origen privado, $R^2=0.1128$

4.2. Determinación de Aguas Ajenas por Consultor.

En base a la información procesada en el primer informe, a las observaciones y aclaraciones entregadas por el Consultor y Empresa Sanitaria, se procedió a determinar los volúmenes medidos para cada una de las cuencas en las distintas localidades en estudios, con objeto de replicar los resultados presentados, debido al tiempo, carga de trabajo no fue realizada la expansión de resultados, basando los análisis en las mediciones de caudal en PC y los consumos en los informado para cada mes en el SIFAC II.

Según lo expuesto, y los ajustes necesarios al modelo de procesamiento de datos en Power BI, se procedió a determinar los volúmenes de agua para cada intervalo de tiempo de medición, para luego determinar tanto los caudales máximos de aguas servidas en forma horaria y los volúmenes acumulados para cada hora de medición, los resultados muestran lo siguiente.

Tabla 7: Aguas Ajenas Determinada por SISS

Localidad	Volumen Aguas en Red AS (m3)	Volumen AP Facturado (m3)	Volumen AS Facturado (m3)	Volumen Aguas Ajenas (m3)	Volumen AS en PTAS o PEAS Del Sistema (m3)	% de Aguas Ajenas
Alerce	4.226.693	1.728.466	1.640.501	2.586.192	3.947.676	61,2%
Purranque	1.038.885	557.170	525.730	513.155	1.063.728	49,4%
Paillaco	945.241	516.085	444.772	500.469	972.653	52,9%
Panguipulli	1.281.867	584.775	554.029	727.838	1.125.072	56,8%

Como se aprecia en la Tabla 5, los porcentajes de aguas ajenas difieren de los determinados por la ESS y su consultoría, si bien, existe diferencia éstas no son significativas, evidenciando que existe gran ingreso de aguas no provenientes de la generación propia de las viviendas.

Para poder cuantificar de mejor manera el efecto de precipitaciones en cada localidad o sector, se procedió a realizar el mismo análisis para cada mes de monitoreo, evidenciando lo siguiente.

Tabla 8: Aguas Ajenas Determinada por SISS por mes

Localidad	jul-23	ago-23	sept-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24
Alerce	64,3%	73,5%	67,3%	60,7%	66,2%	62,7%	54,2%	42,2%	52,6%	53,2%
Purranque	65,3%	70,1%	75,7%	55,0%	48,1%	32,1%	9,6%	-7,4%	7,2%	-2,4%
Paillaco	71,7%	72,0%	76,6%	63,0%	48,7%	40,1%	21,0%	-1,4%	2,3%	-7,9%
Panguipulli	75,2%	72,4%	72,6%	48,1%	56,4%	37,6%	25,1%	21,4%	47,5%	49,5%

De la Tabla 6 es posible observar que los meses de invierno cuentan con mayor porcentaje de aguas ajenas, lo que se correlaciona con el aumento de precipitaciones en dichos meses. Adicionalmente, se destacan 4 valores inferiores a cero, pudiendo existir problemas relacionados a los ciclos de facturación de agua potable al usar los datos del SIFAC, o por salida de agua desde la red de recolección por disminución del nivel de las napas en la zona.

Por otra parte, es necesario corregir el valor de Purranque, puesto que en primera instancia no fue descontado el caudal proveniente desde Corte Alto, al considerar dicho Efecto las aguas ajenas bajan a 42.9% a nivel de localidad, y distribuido por mes queda de la siguiente forma.

Tabla 9: Aguas Ajenas Determinada por SISS Purranque Corregido.

Localidad	jul-23	ago-23	sept-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24
Purranque	60,8%	66,1%	72,8%	49,5%	41,5%	23,9%	-2,1%	-22,0%	-5,7%	-15,5%

5. COMENTARIOS

Es evidente el alto impacto que conlleva el ingreso de aguas ajenas a la red de recolección de aguas servidas, que puede estar afectando, tanto la calidad del servicio a los usuarios, así como, los vertimientos por uso de aliviaderos de tormenta.

La importancia del uso de la herramienta Power BI es vital para poder realizar los cálculos y análisis necesarios como contraparte, por ello, se propone que dicha herramienta a nivel de Puntos de Control quede a disposición de las OR para revisión de caudales horarios por meses.

Por último, es necesario avanzar en la revisión de los modelos y expansión de la muestra, labor que será desarrollada con las consultas a los Deshaborad, adicionalmente, se propone poder realizar revisión de consumos resultados de expansión con consumos reales de cada mes en que fueron registradas las mediciones, como forma de corroborar los volúmenes resultantes, dato que la ESS indica en sus informes que utilizó la información del PR019 para dicho análisis, en consiguiente no fue usado lo registrado en los MAP digitales y que es sabido por esta SISS aumenta los consumos de agua potable por clientes, pudiendo ello aumentar la facturación AS y en consiguiente disminuir el volumen de Aguas Ajenas utilizado para las estimaciones, se estima que ello puede reducir 4 a 5% las Agua Ajenas.

6. CONCLUSIONES

La revisión de los registros en UD's tanto Especiales como Muestra, permiten identificar claramente los consumos de los clientes y sus peak de descargas al alcantarillado, así como, en varios casos caudales bases que pudieran no corresponder a consumos de agua potable.

Los registros de volúmenes por cuencas obtenidos del procesamiento en Power BI, y la información obtenida del SIFAC permite determinar el volumen de Aguas Ajenas y consiguiente el porcentaje que estas representan. Se aprecia que los porcentajes presentado por la empresa son coherentes en ordenes de magnitud por los determinados por esta SISS, sin perjuicio de existir diferencias, por distintos criterios de determinación entre ESS y Consultor/SISS.

De la información entregada a la fecha, no es posible identificar los porcentajes de aportes entre la parte Pública y la Privada, toda vez, que no estaba dentro de los objetivos de revisión confeccionar o replicar la expansión de la muestra. Sin perjuicio de lo anterior, los análisis son concluyentes de un evidente ingreso de aguas no generadas en las viviendas.

Al analizar los efectos mes a mes de las agua no generadas por consumo de los usuarios, es posible observar que en los meses de mayor precipitación o de suelos altamente saturados con niveles de pozos altos, el ingreso de agua en la red de recolección es mucho mayor que en los meses de menor precipitaciones, en que en algunos caso es inexistente el ingreso de aguas a la red de alcantarillado, y pudiera incluso existir filtración desde las redes al suelo, dado los porcentajes obtenidos, aunque dichos porcentajes debería ser ajustados por los ciclos de facturación es decir el consumo real registrado en dicho mes.

Existe una alta correlación entre los caudales peak de aguas que llegan por la red de recolección tanto a PEAS como PTAS, con las precipitaciones y con las intensidades de precipitaciones, es notorio que para intensidades de precipitaciones sobre 5 mm/hora, el efecto en las redes es casi inmediato, lo anterior debe ser corroborado con el modelamiento de la escorrentía superficial que está elaborando el consultor de Suralis S.A. Por otra parte, es posible observar tanto para el caso de Alerce como Panguipulli que en los periodos de menor precipitación el porcentaje de Aguas Ajenas sigue siendo alto en promedio del orden de 50% para Alerce y de 37% para el caso de Panguipulli.

Para el caso de Alerce y Panguipulli es necesario indicar que los niveles de pozo registrados en el periodo seco son del orden de 2 metros en Alerce y 2.2 metros en Panguipulli, pudiendo inferir que el mayor aporte de aguas ajenas no debiera estar correlacionado en gran medida con el ámbito privado (viviendas) dada la profundidad de sus instalaciones.

7. Anexos

7.1. Información Informe Ejecución y Resultados de Medición en UD's.

Tabla 10: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Alerce

Cuadro 6-2: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Alerce

Mes	Centro de Salud Alerce (1179094)		Carabineros de Chile (2006647)		Acuenta (1376844)		Mercado Municipal (1227576)	
	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]
Agosto	0	0	23	23	0	0	0	0
Septiembre	0	0	351	607	0	0	76	134
Octubre	0	0	423	792	0	0	633	814
Noviembre	0	0	335	447	0	0	808	1.068
Diciembre	0	0	371	1.477	0	536	1.935	1.881
Enero	0	0	423	1.416	117	417	752	1.662
Febrero	0	0	395	1.469	150	459	695	1.708
Marzo	1.808	1.721	390	1.554	170	612	743	1.751
Abril	1.813	2.809	309	1.353	153	444	180	1.000

Tabla 11: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Purranque

Cuadro 6-4: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Purranque

Mes	Corp. Rehabilitación (790839)		Colegio Preciosa Sangre (752675)		Unimarc (598829)		Escuela Municipal (727566)	
	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]
Agosto	1	6	0	0	0	0	0	0
Septiembre	54	397	0	0	80	418	19	1.532
Octubre	18	135	0	0	117	430	8	2.868
Noviembre	23	95	0	0	93	350	57	613
Diciembre	39	270	0	157	99	274	113	904
Enero	46	66	33	55	105	424	50	95
Febrero	10	19	46	156	93	144	37	204
Marzo	12	18	361	488	113	196	246	922
Abril	10	19	493	911	18	249	233	601

Tabla 12: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Paillaco

Cuadro 6-6: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Paillaco

Mes	Colegio Raúl Silva Henríquez (1150065)		Escuela Proyecto Futuro (587699)		Gimnasio Municipal (587643)		Liceo Rudolfo Phillipi (1188369)	
	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]
Agosto	126	251	205	346	4	18	0	0
Septiembre	104	603	360	910	574	1.480	166	720
Octubre	120	711	442	716	988	1.107	325	1.062
Noviembre	187	498	389	502	987	1.041	332	863
Diciembre	153	273	334	1.038	1.025	1.487	260	1.003
Enero	64	143	185	867	833	1.549	430	1.804
Febrero	30	58	275	804	554	1.347	137	1.359
Marzo	134	209	351	1.120	468	1.316	383	1.036
Abril	146	221	250	1.045	313	1.381	398	798

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Panguipulli

Cuadro 6-8: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Panguipulli

Mes	CESFAM (664272)		Escuela G-1135 (677334)		Hospital Panguipulli (658973)		Colegio Altamira (1064266)	
	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	467	598
Octubre	0	0	349	971	0	0	815	955
Noviembre	0	0	462	2.268	0	0	861	1.707
Diciembre	0	0	294	573	312	864	727	1.483
Enero	221	623	169	597	351	971	578	728
Febrero	209	718	149	314	327	634	642	1.829
Marzo	220	1.003	427	828	309	1.123	1.099	2.910
Abril	242	835	714	961	1.070	2.000	1.052	4.754

INFORME N°3 REVISIÓN
ESTUDIO AGUAS AJENAS SURALIS S.A

PROYECTO:
REVISIÓN DE DATOS ESTUDIO
AGUAS AJENAS SURALIS

MANDANTE:
SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS
DICIEMBRE DE 2024

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	SOLICITUD DE REVISIÓN	4
2.1.	Cronograma de las actividades	5
3.	REVISIÓN DE ANTECEDENTES.....	5
3.1.	Información Entregada.....	5
3.2.	Resultados preliminares expansión.....	6
3.2.1.	Expansión Método Estadístico.	6
3.2.2.	Expansión Método Inteligencia Artificial.....	10
3.2.3.	Modelo Hidráulico.....	15
4.	COMENTARIOS	20
5.	CONCLUSIONES	21
6.	Anexos	22
6.1.	Relevancia de variables en Modelo Expansión con IA.	22
6.2.	Información Informe Ejecución y Resultados de Medición en UDs.	24

Índice de Tablas

Tabla 1: Cronograma de Actividades de la Asesoría	5
Tabla 2: Revisión de Antecedentes Proporcionados.....	6
Tabla 3: Variables Preliminares Modelos UD y TC	7
Tabla 4: Resultados Expansión Estadística Aguas Ajenas UD _s (m ³).....	8
Tabla 5: Resultados Expansión Estadística Aguas Ajenas TC (m ³ /mes).....	9
Tabla 6: Variables Preliminares Modelos UD y TC IA	11
Tabla 7: Resumen de los R ² y MAPE para cada modelo de UD	13
Tabla 8: Resultados Expansión IA Aguas Ajenas UD _s (m ³).....	14
Tabla 9: Resultados Expansión IA Aguas Ajenas TC (m ³)	14
Tabla 10: Contrastación febrero a marzo 2024 modelo de expansión vs balance grueso (PC – 0.9*AP)...	15
Tabla 11: Precipitación significativa por Ciclos en cada Localidad (mm)	16
Tabla 12: Factor de Área Efectiva UD.....	17
Tabla 13: Factor de Área Efectiva TC.....	17
Tabla 14: Ingreso de Agua por Tapas de Cámaras	18
Tabla 15: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Alerce	24
Tabla 16: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Purranque	24
Tabla 17: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Paillaco.....	25
Tabla 18: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Panguipulli	25

Índice de Figuras

Figura 1: Esquema ilustrativo de modelamiento.	12
Figura 2: Diagrama flujo calibración con SWMM.....	15
Figura 3: Distribución promedio porcentual del uso de Volumen AP de Alerce seco por hora y día	16
Figura 4: Ejemplo Factor de Área	17
Figura 5: Ejemplo caudal de ingreso por km de red.....	18
Figura 6: Resultados Aguas Ajenas por Localidad (m ³).....	19
Figura 7: Relevancia de variables para modelo de Alerce UD _s	22
Figura 8: Relevancia de variables para modelo de Paillaco UD _s	22
Figura 9: Relevancia de variables para modelo de Purranque UD _s	23
Figura 10: Relevancia de variables para modelo de Panguipulli UD _s	23

1. INTRODUCCIÓN

En conformidad al Acuerdo de Intenciones entre la SISS y Suralis S.A, formalizado a través de la Res. SISS N°842/22, la empresa sanitaria contrato a la empresa INECON para poder cuantificar el posible ingreso de aguas ajenas al sistema de recolección de aguas servidas en 4 localidades (Alerce, Paillaco, Panguipulli y Purranque).

A la fecha el estudio ha finalizado su etapa de levantamiento de información en terreno, la cual, según lo informado se cuenta con más de 141 millones de registros, compuesto por mediciones de caudales de aguas servidas, consumo AP, medición precipitaciones, alturas de napa entre otros.

Por el volumen de información y actividades necesaria a desarrollar por la SISS como contraparte técnica del proyecto, es que fue solicitado a consultor José Pinto Miranda apoyar en la revisión de antecedentes.

Por último, el estudio contratado por Suralis S.A. es el primero de estas características realizado por alguna empresa sanitaria a nivel nacional, por ello, es de gran relevancia tanto para la SISS como la Empresa que el procesamiento y modelamiento de la red no deje dudas de su aplicabilidad, respecto de la detección, cuantificación e identificación de alternativas de solución del aporte de agua ajenas a la red de recolección de aguas servidas.

2. SOLICITUD DE REVISIÓN

La revisión solicitada por la SISS al consultor consta de 8 actividades agrupadas en 3 Etapas, según se detalla en cronograma de actividades remitido (ver acápite 2.1).

El presente informe se centra en la Etapa 3, compuesta por 3 actividades.

1. Resultados preliminares expansión
2. Resultados preliminares modelación
3. Plan de trabajo para definición de estándares

El principal objetivo del presente informe es revisar los resultados de expansión de la muestra para la caracterización de infraestructura, y expansión de resultados de medición en uniones domiciliarias, colectores de aguas servidas y consumos de agua potable. Así como, análisis de los modelamientos hidráulicos de la red de aguas servidas para cada una de las localidades.

Nota: Se requerirá complementar la revisión del Plan de Trabajo con la información comprometida a para fines de diciembre del 2024.

2.1. Cronograma de las actividades

Aun cuando el cronograma no formaba parte del contrato de servicio, sí se incluyó en la solicitud de cotización. Dicho cronograma fue solicitado por la SiSS para el desarrollo y cotización de la presente asesoría.

Tabla 1: Cronograma de Actividades de la Asesoría

Actividades a Desarrollar	Fecha Inicio	Fecha de Terminó	Semanas de trabajo													
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	
1. Procesamiento de datos	26-08-2024	27-09-2024	█	█	█	█	█									
2. Análisis mediciones de caudal	27-08-2024	27-09-2024	█	█	█	█	█									
3. Análisis caracterización infraestructura	28-08-2024	27-09-2024	█	█	█	█	█									
4. Modelo de estadísticos y econométricos	13-09-2024	30-09-2024			█	█	█	█								
4.1 Revisión Primera Entrega	30-09-2024	11-10-2024					█	█	█							
5. Desarrollo de modelos hidráulicos	07-10-2024	11-10-2024					█	█	█							
5.1 Revisión Primera Entrega	07-10-2024	25-10-2024					█	█	█							
6. Resultados preliminares expansión	25-10-2024	08-11-2024								█	█	█	█			
7. Resultados preliminares modelación	25-10-2024	08-11-2024								█	█	█	█			
8. Plan de trabajo para definición de estándares	08-11-2024	22-11-2024												█	█	█

3. REVISIÓN DE ANTECEDENTES

3.1. Información Entregada

La información entregada a la SiSS procede desde una carpeta en la nube administrada por INECON y S&E consultores, empresas encargadas de llevar el estudio.

El profesional del Área de Estudios y Normas Pedro Fuentes Fica, compartió vía OneDrive los antecedentes necesarios para la revisión, con lo que fue construida la Tabla 2 de chequeo de información, correspondiente a la Etapa 3 de revisión.

De la carpeta proporcionada por la empresa SURALIS para su revisión, se considerarán únicamente los archivos correspondientes a los datos recolectados en terreno dentro de la nube de datos del proyecto. Por lo tanto, las carpetas "1 Carta Gantt", "2 Info Empresa" y "3 SIG" no formarán parte del análisis, ya que no contienen información directamente obtenida en campo.

Las carpetas que contienen archivos relevantes para el análisis de los datos recolectados directamente en terreno, y que serán objeto de estudio, son las siguientes: "4 Entregas", "5 Actas", "6 Presentaciones" y "7 Terreno", carpetas que con el avanzar del proyecto ha ido siendo completadas con información adicional, tanto para la revisión de la Etapa 2 como en la actual revisión Etapa 3. A continuación, se detallan los archivos que serán analizados y de los cuales se obtiene gráficas y datos mostrados en el cuerpo de este informe.

Tabla 2: Revisión de Antecedentes Proporcionados.

Nombre Documento o Archivo	Chequeado
Resultados de Expansión Método Estadístico	SI
Resultados de Expansión con IA	SI
Modelos Hidráulicos por Localidad	SI
Reunión Revisión Antecedentes Modelo Hidráulico SISS 29/11/2024	SI
Revisión Minuta Reunión Modelo Hidráulico SISS 29/11/2024	SI
Reunión Revisión Avance Estudio Suralis 11/12/2024	SI
Documento final con Resumen Ejecutivo (No entregado)	No entregado
Documento con Propuesta Soluciones Técnicas (No entregado)	No entregado
Documento Propuesta de Soluciones Regulatorias (No entregado)	No entregado

3.2. Resultados Preliminares Expansión

3.2.1. Expansión Método Estadístico.

En concordancia con lo indicado en el informe 2 de revisión del estudio, se procedió a corroborar que la metodología empleada se ajustará a la propuesta presentada a la SISS a través de la Metodología Estadística (Econometría) tanto para UD y TC, y que se considerará las variables indicadas.

Dada la gran cantidad de variables dependientes e independientes tanto para la UDs (18) como para los TC (19), la metodología econométrica utilizada permite modelar la compleja situación, dentro de ciertos límites, acomodar estas incertidumbres sin que el análisis pierda representatividad o que las proyecciones pierdan pertinencia. **No obstante, es necesario reconocer que se trata de estimaciones sujetas a un grado de incertidumbre algo mayor que aquellas que se hacen en estudios clásicos que no tienen el carácter pionero de este estudio.**

Según se indica en el informe de “Expansión a Partir del Método Estadístico”, debido a que el estudio contemplo tramos de colectores incorporados a solicitud de la SISS y debido a que las muestras de los tramos de colectores son pequeñas. Es que, se considera que los resultados son menos representativos de la población que en el caso de las UDs.

Se deja constancia que la facturación de aguas servidas utilizada corresponde a la facturación de AP por el coeficiente de recuperación que para el estudio fue utilizado 0.9, en concordancia con lo utilizado en los procesos tarifarios y en PD, y dicho consumo fue obtenido desde el PR019.

Por otra parte, según lo indicado en informe se desprende que pesé a ser considerada una muestra pequeña por mes para UDs, al considerar los 15 ciclos de medición se obtienen una muestra que serían estadísticamente adecuadas por localidad, al totalizar 50 muestras. Sin embargo, el tamaño muestral de los tramos de colectores (25 o 26) sería adecuado sólo en la medida en que todos los colectores de todas las localidades y todas las campañas formen parte de la misma población. La segregación de estos genera una reducción en la confiabilidad de resultados.

- Las variables explicativas del fenómeno y consideradas para expansión son las siguientes.

Tabla 3: Variables Preliminares Modelos UD y TC

ID Variable	Variabes consideradas en UDs	Variabes consideradas en TC
1	Año Enrolamiento	Longitud (m)
2	Obstrucciones UD	Diámetro Colector (mm)
3	Tipo Casco Urbano	Material Colector
4	Área predio (m2)	Existe falla histórica
5	Área techo (m2)	Tipo de falla histórica
6	Área patio total (m2)	Gravedad de falla histórica
7	Área patio P-1 (Hormigón-Baldosa) (m2)	Antigüedad
8	Área patio P-2 (Pasto-Jardín) (m2)	Tipo Vía
9	Área patio P-3 (Tierra sin cobertura) (m2)	Casco Urbano
10	Zona de Inundación	Zona inundación
11	Tipo de Suelo (0-2 m)	Napa Alta (m)
12	Tipo de Suelo (0-3 m)	Napa Estiaje (m)
13	Tipo de Suelo (0-4 m)	Tipo de suelo 0-2 (m)
14	Tipo de Suelo (0-4+ m)	Tipo de suelo 0-3 (m)
15	Profundidad Napa Estiaje (m)	Tipo de suelo 0-4 (m)
16	Profundidad Napa Alta (m)	Tipo de suelo 0-4+ (m)
17	Sector de Control (ID Sector)	Sectores (ID PC)
18	Materialidad UD	Obstrucciones TC
19		Cantidad de Obstrucciones

Además, se llevó un control de la pluviometría de cada localidad con instrumentación en el sitio y se controló el nivel de la napa mediante 3 pozos por localidad, excepto en el caso de Alerce, en que se consideraron 4 pozos.

En el caso de los tramos de colector, para aislar las aguas ajenas que entran en el colector desde el espacio público, es necesario medir las aguas servidas que entran en cada tramo de colector y restar las aguas servidas, propias y ajenas que entregan los clientes en las UD que se conectan al tramo para ello fue medido consumo de AP y se aplicó el factor de recuperación, como fue indicado anteriormente. Para los clientes del tramo de colector no se midieron las aguas servidas que entregaban, por lo que, no se contó con una medición directa de sus aguas ajenas, por tanto, para ello fue utilizada la estimación resultante de la expansión de UDs, para los clientes conectados en cada TC.

Tanto para el análisis de las UDs y TC, fueron utilizados los caudales en los puntos de control en cada una de las localidades, tanto a nivel de impulsiones como aliviaderos, así como la llegada a la PTAS, para la consistencia del caudal modelado, y con ello ajustar las variables dependientes e independientes. En particular para el caso de las UDs no fueron considerados los deciles 9 y 10 del Cuadro 6-4 “Mediciones e Indicadores Muestras UD”, del Informe Modelo de Expansión por Método Estadístico, lo anterior, debido a que fueron considerados valores atípicos (outliers).

Se aplicaron modelos lineales de mínimos cuadrados y modelos no lineales de regresión de medianas (regresión cuantílica) debido a la probable presencia de valores atípicos dada la dispersión que presentan los datos.

Nota 1: Se destaca en informe que en el caso de la napa se incluyeron distintas opciones de truncar los datos, en vista que pasada cierta profundidad de la napa, el efecto sobre las aguas ajenas privadas deja de ser relevante.

➤ **Resultados del modelamiento de UD**

Los modelamientos fueron realizados en período completo de estudio, en períodos húmedos y secos, para identificar patrones de estacionalidad. El modelamiento fue realizado por etapas, para cada uno de los tipos de regresión indicados anteriormente (lineal y cuantílica), la primera corrida de los modelos buscaba identificar la relevancia de las variables dependiente e independientes en el modelo (ver apartado A.5 Modelo con Variable Aguas Servidas en UD, del Informe), una vez determinada las variables menos explicativas, estas fueron eliminadas del análisis.

Para identificar la relevancia de la profundidad de napa y como está afecta el volumen de aguas en el sistema, se procedió a realizar estimaciones con profundidades de 1, 1.5 y 2 metros de profundidad, identificando que la de mayor relevancia es la de napa a 1 metro, con un 96.8% de confianza, para el modelo Lineal, y no encontrando una significativa en modelación cuantílica.

Por último, para el análisis de la precipitación, fue realizado un análisis similar al de napas, identificando que la variable más relevante es precipitación del día más día anterior.

Finalmente, el modelo de UDs entrega los siguientes resultados

Tabla 4: Resultados Expansión Estadística Aguas Ajenas UDs (m3)

Periodo	Alerce	Paillaco	Purranque	Panguipulli
jul-23	252.707	101.173	62.457	96.307
ago-23	259.835	80.203	58.551	82985
sept-23	271.384	79.920	47700	89.490
oct-23	122.680	43.011	26.269	36.097
nov-23	201.095	51.433	37.825	50.460
dic-23	91.172	30.180	21.874	18.144
ene-24	102.720	23.340	18.673	11.587
feb-24	89.746	24.697	18.890	20.381
mar-24	162.886	43.632	33.810	52.854
abr-24	184.129	53.976	38.747	56.809

➤ **Resultados del modelamiento de TC**

Al igual que en el caso de la UD, la formulación del modelamiento fue realizada por etapas para ir identificando la relevancia de las variables explicativas tanto directas como indirectas consideradas en el modelo. Dichos análisis fueron realizados para los 2 tipos de regresiones indicados.

El modelamiento de los TC requiere de datos previamente determinados por el modelo de UD, para poder descontar el aporte de las Aguas Ajenas privadas que ingresan en cada tramo de colector, como fue indicado anteriormente. Finalmente, el modelo de TC entrega los siguientes resultados

Tabla 5: Resultados Expansión Estadística Aguas Ajenas TC (m3/mes)

Periodo	Alerce	Paillaco	Purranque	Panguipulli
sept-23	287.424	160.464	132.573	130.543
oct-23	239.946	71.798	75.727	54.179
nov-23	269.242	55.922	60.766	74.549
dic-23	262.713	31.764	33.411	38.48
ene-24	206.641	11.701	20.934	27.769
feb-24	151.764	2.077	4.349	22.707
mar-24	216.489	8.28	10.44	58.139
abr-24	202.182	527	1.438	60.633

Los resultados de expansión por TC muestran aguas ajenas superiores a las estimadas por el modelamiento de las UD, e incluso superiores a los volúmenes registrados en los puntos de control, evidenciando un ajuste errado, lo que a juicio de la ESS y su consultoría podría deberse a la elección de tramos de colector no seleccionados en forma aleatoria.

El informe concluye lo siguiente respecto del ingreso de aguas producto de la lluvia en TC, en el análisis la lluvia tiene baja incidencia en las AS de los TC, que es más que capturada por la variable AA UD. Es decir, al menos en la muestra de TC, el aporte de las aguas lluvia a las AS totales serían enteramente Aguas Ajenas privadas, procedentes de las UD. Dicha conclusión es concordante con el porcentaje de aguas ajenas privadas que se estimó para las aguas ajenas totales en PC.

A juicio del consultor lo anterior, muestra que la determinación de aguas ajenas por TC es insuficiente, ya sea por la baja elección de tramos, o por la falta de mediciones precisas en los clientes conectados a cada tramo de colector, es decir, determinación directa de aguas ajenas y no en base a estimación de expansión que ya cuenta con un cierto grado de incertidumbre.

Por último, para las AS de la muestra de TC, las variables que siempre son significativas, en la formulación lineal y cuantílica, con y sin dummies para controlar outliers son el AP de los clientes tributarios por factor de recuperación, la AA UD, el diámetro y año. Lo anterior, valida lo indicado en párrafo anterior, que para este tipo de estimación es necesario contar con datos precisos de consumo AP y caudal AS de clientes conectados al tramo de colector.

➤ **Conclusión Modelo Estadístico**

La lluvia fue única variable independiente para UD (aparte de las dummies para control de outliers), que fue consistentemente significativa para todas las formulaciones y tanto para las regresiones lineales como las cuantílicas.

Se optó por el modelo de regresión cuantílica de las aguas ajenas privadas porque su expansión fue consistente con las referencias de los totales a nivel del conjunto de localidades para el período estudiado.

Las estimaciones por localidad y estacionalidad presentan diferencias sin clara explicación por lo que deben ser tomadas con la debida cautela, e incluso de considerar que las aguas ajenas privadas varían en el tiempo sólo por efecto de la lluvia, éstas explicarían entre un 79,3% y un 83,9% de las aguas ajenas por precipitaciones. Se concluye que para ambos modelos que el nivel de napa resulta ser significativos.

3.2.2. Expansión Método Inteligencia Artificial.

Si bien, en un inicio no fue expuesto a la SISS la utilización de expansión de resultados por inteligencia Artificial, se estima por parte del consultor, que esto puede permitir identificar variables explicativas de importancia que quizás por el método Estadístico pudieran haber sido descartadas como fue indicado en el modelamiento realizado por parte.

Para desarrollar el trabajo, la empresa utilizó los modelos recomendados sobre la plataforma de modelamiento H2O, que se distingue por su capacidad para optimizar la creación de modelos predictivos. Uno de los enfoques más potentes que ofrece H2O es el ensamblaje automático de modelos o "stacking". Esta técnica implica combinar las predicciones de múltiples modelos de machine learning y deeplearning para mejorar la precisión del modelo final.

La plataforma utilizada se caracteriza por lograr una mayor precisión y robustez que la que podría alcanzarse con cualquier modelo individual creado desde cero. El resultado es un modelo compuesto que puede ofrecer predicciones de alta calidad, aprovechando la diversidad y complementariedad de múltiples enfoques.

Al igual que para el caso de Expansión Estadística, lo primero que se debe realizar es identificar las distintas variables directas e indirectas que será incorporadas al modelo, pudiendo varias de esas variables ser agrupadas en periodos de tiempo, tal como es el caso en revisión, para el consumo, precipitación y las descargas bypass. De la misma forma que en modelo estadístico, se inicia el proceso revisando la importancia de cada variable en el resultado, para ello se utiliza la "Correlación de Spearman", la cual es una medida no paramétrica que evalúa indirectamente la correlación entre dos variables.

Por otra parte, el set de variables definidas son las siguientes.

Tabla 6: Variables Preliminares Modelos UD y TC IA

ID Variable	Variables consideradas en Uds	Variables consideradas en TC
1	Lluvia	Lluvia
2	Agua Potable	Volumen diario de Agua Potable de los clientes por TC en su ciclo de medición
3	Día	Mes del ciclo de medición
4	Hora	Diámetro del colector
5	Año de Enrolamiento	Longitud del TC
6	Obstrucciones UD	Antigüedad
7	Tipo Casco Urbano	Profundidad Napa Periodo Seco
8	Zona de Inundación	Profundidad Napa Periodo Húmedo
9	Tipo de Suelo	Tipo de vía bajo la cual está el TC
10	Coordenada ubicación del cliente en UTM	Tipo de suelo
11	Coordenada ubicación del cliente en UTM	Materialidad del TC
12	Profundidad Napa Periodo Seco (m)	Si históricamente el TC ha tenido obstrucciones (y cuantas)
13	Profundidad Napa Periodo Húmedo (m)	Si el TC está en zona de inundación
14	Área predio (m2)	Sector de pertenencia del TC (ID PC)
15	Área patio total (m2)	Proporción del patio (superficie del patio sobre la superficie del predio)
16	Área techo (m2)	
17	Proporción patio P-1	
18	Proporción patio P-2	
19	Proporción patio P-3	
20	Proporción patio total	
21	Proporción techo	

Al igual que para el caso estadístico la cantidad de variables y su agrupación por intervalos de tiempo generan un vector de carga al modelo extenso, que aparentemente estaría recogiendo todas las variables necesarias para una correcta estimación.

Al comparar las variables entre ambos modelos, se aprecian ciertas diferencias que pudieran explicar en parte los resultados obtenidos tanto para UDs como TC, por ejemplo, en modelo Econométrico se consideran más variables respecto al tipo de fallas en TC, pero en el modelo de IA existe más variables como la ubicación espacial del cliente en la localidad. ***Sin embargo, se aprecia que en ambos casos no existe la variable profundidad de redes tanto públicas como privadas, lo que a juicio del consultor y la SISS es una variable relevante.***

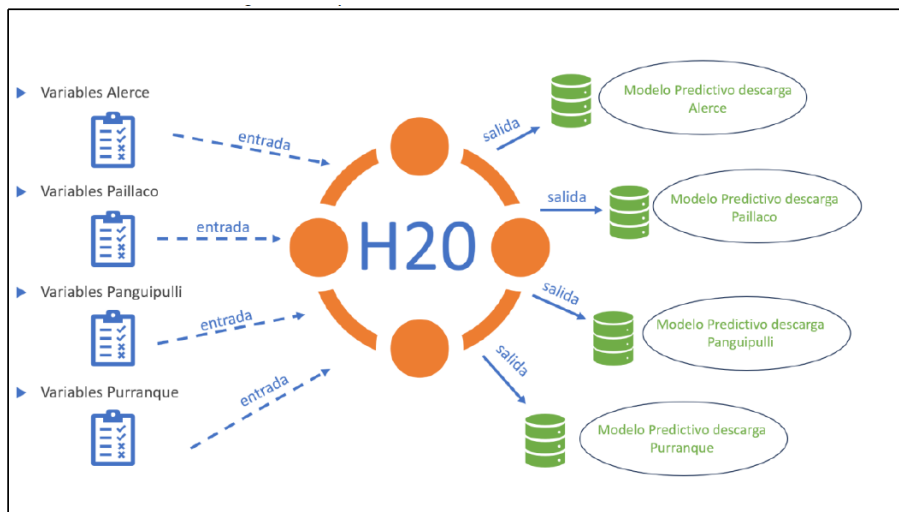
Cada set de datos, para cada localidad, se divide aleatoriamente en dos subconjuntos, donde en este modelamiento se dejó un subconjunto de 80% de los casos para el **set de modelamiento** y otro de 20% de los casos para el **set de evaluación**.

El conjunto de modelamiento corresponde a los datos con que el modelo efectivamente se entrenará, el cual desconoce el conjunto de evaluación. Este último se reserva para que cada vez que se construye un modelo, se calcule su R^2 (coeficiente de determinación) y el MAPE (*Mean Absolute Percentage Error* o Error Absoluto Medio Porcentual) con los cuales se determina la bondad del ajuste, y se itera remodelando hasta alcanzar un resultado confiable y satisfactorio. El R^2 indica qué proporción de la variabilidad en los datos de salida (lo que intentamos predecir) es explicada por el modelo. Su valor varía entre 0 y 1, donde 0 indica que la explicación es nula y 1 que explica perfectamente toda la variabilidad de los datos de salida. Por otro lado, el MAPE mide el error medio absoluto en términos porcentuales. Es una métrica que indica, en promedio, en qué porcentaje se equivocan las predicciones del modelo con respecto a los valores reales; un MAPE más bajo indica un modelo más preciso.

El problema en estudio tanto para UD como para TC se resuelve como un modelo de regresión multivariada de inteligencia artificial, con las variables anteriormente señaladas, donde la componente temporal del fenómeno se mantiene a través de las variables hora del día, día de la semana (en el caso de UD) y mes del año (en el caso de TC) que están agregadas como variables de entrada. Es importante señalar que los rezagos en la acción de una variable respecto a la salida observada en una hora, se maneja al incluir las variables de acumulación explicadas anteriormente (variables "lag"), que es la segregación de una variable en subvariables por periodos (ver detalle en acápite 5 del Informe de Expansión con IA).

Un esquema simplificado de la interacción de las distintas variables y modelamiento es el siguiente.

Figura 1: Esquema ilustrativo de modelamiento.



El modelamiento se realiza utilizando el sistema de entrenamiento denominado XGBoost es un algoritmo avanzado de aprendizaje automático que se utiliza para hacer predicciones. En el contexto de H2O,

XGBoost se utiliza para crear modelos de regresión que predicen valores numéricos basados en los datos proporcionados. XGBoost construye múltiples árboles de decisión, en donde cada uno intenta corregir los errores del anterior; esto mejora continuamente la precisión del modelo. En resumen, XGBoost en H2O es una herramienta poderosa y eficiente para realizar regresiones, ayudando a predecir valores numéricos con alta precisión y facilidad de uso. Lo anterior se complementa con la herramienta Optuna que es una biblioteca diseñada para optimizar hiperparámetros en modelos de aprendizaje automático. En el contexto de un análisis de regresión multivariada realizado con H2O, Optuna optimiza el rendimiento del modelo buscando sistemáticamente el mejor conjunto de hiperparámetros (en otras palabras optuna es un análisis de sensibilidad de cada parámetros) los cuales corresponden a valores que se ingresan al modelo, tales como:

- Número de árboles en un modelo de XGBoost
- Tasa de aprendizaje
- Profundidad máxima de los árboles
- Cantidad máxima de iteraciones

Además, se utiliza validación cruzada con 5 subconjuntos en cada iteración para asegurar la robustez y precisión del modelo.

➤ **Conclusión Modelo Expansión con IA**

Los modelos construidos para UD obtuvieron los siguientes coeficientes de R² y MAPE, que validan un ajuste adecuado.

Tabla 7: Resumen de los R² y MAPE para cada modelo de UD

Localidad	R ²	MAPE
Alerce	0.80483	0.12291
Panguipulli	0.80556	0.13003
Paillaco	0.81592	0.11201
Purranque	0.82888	0.12407

El **modelo de TC** se construye con la misma metodología que los de UD; sin embargo, es de naturaleza más compleja ya que tiene 4 variables dinámicas de entrada: caudal de entrada, caudal de salida, descarga de UDs asociadas y volúmenes de lluvia. Además, tiene un conjunto de datos bastante menor que los modelos de UD, por lo que tiene menos registros de los cuales aprender. A pesar de lo anterior, se logró un buen ajuste con un R² de 0.85 y un MAPE siempre inferior a 0.38.

Esto significa en la práctica que las estimaciones puntuales de expansión de TC tienen un error más grande que el agregado de una localidad. Además, al inspeccionar los datos se encuentra que la varianza es mayor en los volúmenes bajos por lo que aumenta el MAPE, pero con bajo impacto en el R², lo cual fuerza a que se deban aplicar técnicas de manejo de outliers en el ejercicio de expansión de los resultados obtenidos; en este caso, se aplicó el algoritmo “InterQuartile Range” (IQR), con recorte sobre el límite superior y descarte sobre el inferior.

La relevancia de las variables en la modelación puede ser apreciada como ejemplo para las UD's en Anexo.

A continuación, se presentan los resultados de Aguas Ajenas obtenidos tanto para UD's como para TC.

Tabla 8: Resultados Expansión IA Aguas Ajenas UD's (m3)

Periodo	Alerce	Purranque	Paillaco	Panguipulli
sept-23	287.424	160.464	132.573	130.543
oct-23	239.944	71.798	75.727	54.179
nov-23	269.242	55.922	60.766	74.549
dic-23	262.713	31.764	33.411	38.480
ene-24	206.641	11.701	20.934	27.769
feb-24	151.764	2.077	4.349	22.707
mar-24	216.488	8.280	10.440	58.139
abr-24	202.182	527	1.438	60.633

Tabla 9: Resultados Expansión IA Aguas Ajenas TC (m3)

Periodo	Alerce	Purranque	Paillaco	Panguipulli
sept-23	281.285	153.086	118.711	94.907
oct-23	254.487	79.503	81.549	83.624
nov-23	269.019	74.931	77.687	91.723
dic-23	227.565	50.524	40.669	57.879
ene-24	194.853	41.272	32.273	48.610
feb-24	149.047	35.084	18.689	45.358
mar-24	219.479	38.599	22.006	70.714
abr-24	197.353	30.145	18.322	69.113

Los resultados mediante IA entregan valores de Aguas Ajenas privadas que representan alrededor del 67 a 88% de las aguas ajenas totales, es importante indicar que dicho valor sólo fue obtenido para la expansión de UD's, dado que para el caso de colectores no fue medido el caudal AS aportante por tramo como fue indicado anteriormente, es decir de las 4 variables directas que impactan la expansión de TC, sólo 2 fueron medidas en forma adecuada caudal de entrada y salida del tramo, las otras 2 consumo AP fue medido a nivel diario, y caudal AS incorporado según el método de expansión de UD.

Es apreciable de los resultados presentados que el modelo, no se ajusta en forma adecuada para los meses sin precipitaciones (Febrero-Abril), toda vez que para los casos de Purranque y Paillaco los resultados muestran porcentajes de aguas ajenas muy elevados en comparación con los caudales registrados en los puntos de control.

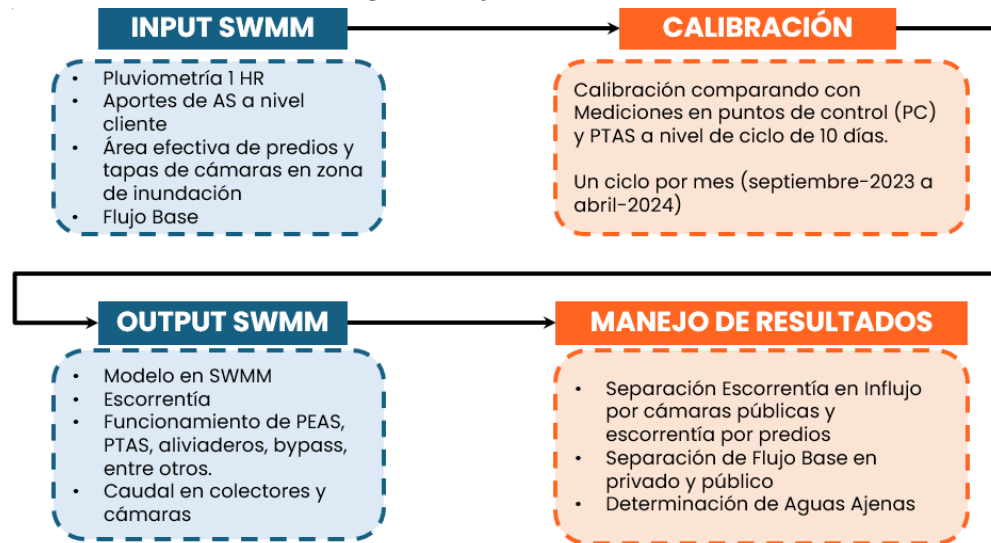
Tabla 10: Contrastación febrero a marzo 2024 modelo de expansión vs balance grueso (PC – 0.9*AP)

Período	expansión AAj totales [m3]		estimación de PC AAj totales [m3]	
	Purranque	Paillaco	Purranque	Paillaco
feb-24	35.084	18.689	2.077	4.349
mar-24	38.599	22.006	8.280	10.440
abr-24	30.145	18.322	527	1.438

3.2.3. Modelo Hidráulico.

Como fue indicado en informe de revisión N°2, el modelamiento hidráulico de la red permitía comparar los resultados obtenidos por los Métodos de Expansión, para ello debió ser confeccionado un modelo hidráulico en Storm Water Management Model (SWMM) v5.2, dicho programa, permite modelar la escorrentía superficial y las redes de alcantarillado, pudiendo apreciar los efectos de las precipitaciones y profundidad de napas en un modelo integral de Precipitación-Escorrentía, a continuación se muestra el diagrama de flujo del proceso de calibración.

Figura 2: Diagrama flujo calibración con SWMM



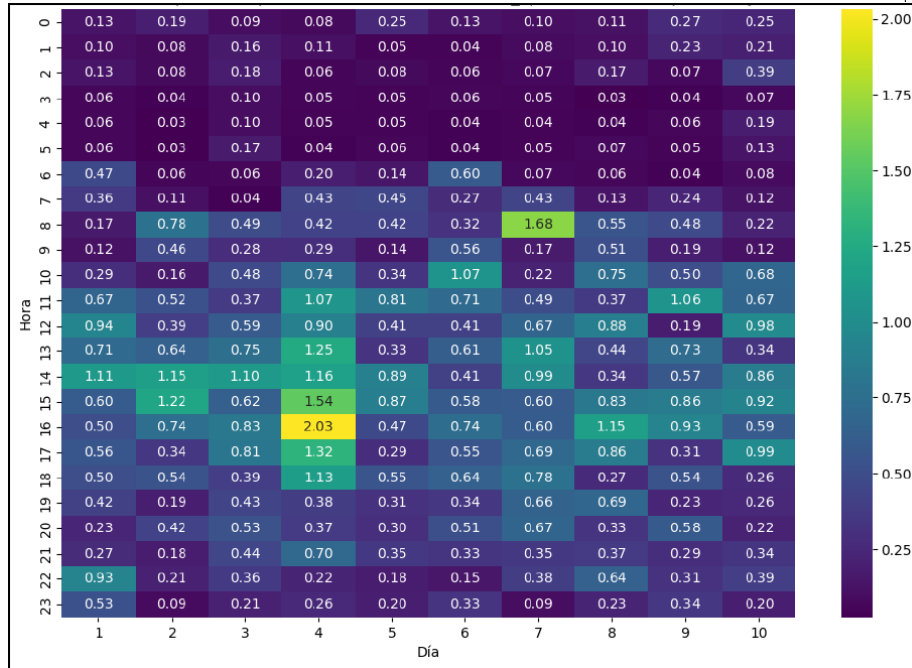
La construcción del modelo requirió de antecedentes de expansión de la muestra en UD's tales como los estimados para poder distribuir el consumo de agua potable en forma horaria utilizado lo indicado en Figura 3.

Una vez distribuido el consumo fueron analizado los caudales bases tanto para UD's, TC y PC, con objeto de poder diferenciar en ellos los ingresos de agua fijos que serían independientes de los eventos de precipitaciones., es decir, ingresos provenientes de napas.

Para continuar, el modelamiento requirió poder definir los factores de escorrentía, es decir, cuanta del agua caída en la superficie por eventos de precipitaciones, debía ser incorporado como ingreso de agua a la red de recolección, dicho proceso al igual que en toda calibración parte con iteraciones hasta lograr ajustar tanto los caudales como volumen de agua por día para cada clientes y para la localidad.

La caracterización de infraestructura fue incorporada con los antecedentes entregados por la metodología de “Expansión de Caracterización de Infraestructura” realizada con IA.

Figura 3: Distribución promedio porcentual del uso de Volumen AP de Alerce seco por hora y día



Para poder incorporar la precipitación al modelo se buscó identificar las precipitaciones significativas para cada localidad, es decir, que precipitación caída en cada ciclo de medición, genera un caudal evidente en tanto en UD, TC como en PC, identificando que esto ocurre cuando la precipitación alcanza los siguientes valores.

Tabla 11: Precipitación significativa por Ciclos en cada Localidad (mm)

		Lluvia diaria mínima para analizar ciclo [mm]													
		Purranque	Paillaco	Alerce	Panguipulli										
		5	5	10	10										
Purranque		Paillaco				Alerce				Panguipulli					
Ciclo	Ptotal [mm]	N° Clientes medidos	Análisis	Ciclo	Ptotal [mm]	N° Clientes medidos	Análisis	Ciclo	Ptotal [mm]	N° Clientes medidos	Análisis	Ciclo	Ptotal [mm]	N° Clientes medidos	Análisis
Ciclo 1	60,2	4	SI	Ciclo 1	134,2	8	SI	Ciclo 1	186	9	SI	Ciclo 1	190,4	8	SI
Ciclo 2	6,8	10	SI	Ciclo 2	8,6	10	SI	Ciclo 2	14,4	3	SI	Ciclo 2	18,8	13	SI
Ciclo 3	0	9	-	Ciclo 3	0	10	-	Ciclo 3	4,6	5	-	Ciclo 3	0	11	-
Ciclo 4	38,6	2	SI	Ciclo 4	42,2	9	SI	Ciclo 4	57,6	9	SI	Ciclo 4	45	7	SI
Ciclo 5	7,6	3	SI	Ciclo 5	17,2	4	SI	Ciclo 5	54,4	4	SI	Ciclo 5	26,6	1	-
Ciclo 6	15	3	SI	Ciclo 6	19,8	4	SI	Ciclo 6	33,2	7	SI	Ciclo 6	21	2	SI
Ciclo 7	0	9	-	Ciclo 7	3,2	12	-	Ciclo 7	0	12	-	Ciclo 7	0,2	6	-
Ciclo 8	1,4	11	-	Ciclo 8	0	10	-	Ciclo 8	11	10	-	Ciclo 8	1,6	9	-
Ciclo 9	0	8	-	Ciclo 9	0	7	-	Ciclo 9	6,4	8	-	Ciclo 9	0,2	12	-
Ciclo 10	0,6	13	-	Ciclo 10	0,8	2	-	Ciclo 10	6,8	9	-	Ciclo 10	0,2	5	-
Ciclo 11	0,2	4	-	Ciclo 11	1,4	7	-	Ciclo 11	4,6	11	-	Ciclo 11	3,2	6	-
Ciclo 12	21	8	SI	Ciclo 12	15,8	6	SI	Ciclo 12	44,2	8	SI	Ciclo 12	40	9	SI

Para el caso de los TC, debido a que los ciclos son distintos a los de UD y considerado que existen eventos de precipitaciones acumuladas que no logran ser identificados con aumentos de caudal, es que las

precipitaciones significativas utilizadas fueron las mismas indicadas en UD, considerando para TC valores de 5 mm en Paillaco y Purranque, y de 10 mm en Panguipulli y Alerce.

Las áreas efectivas de escorrentía fueron determinadas considerando lo indicado anteriormente para las precipitaciones, pudiendo obtener los resultados presentados en las Tablas 12 y 13. Una vez determinadas las áreas fue incorporado al modelo para cada cliente dicho porcentaje y corrido modelo para estimar los caudales y volúmenes por tramos.

La estimación de caudales obtenidos con las áreas efectivas, no guardaron relación con los caudales medidos en PC, debiendo reducir dicha área mediante un factor de área como se aprecia en la Figura 4.

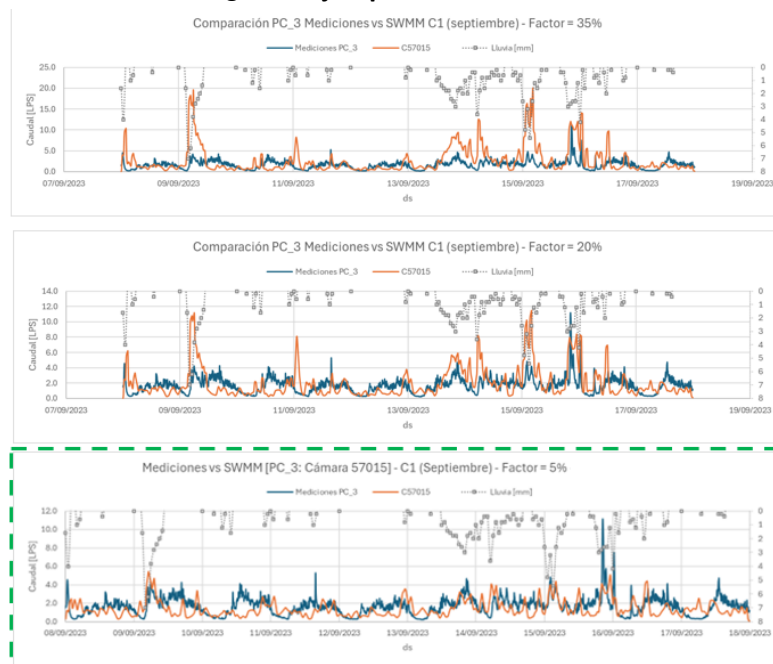
Tabla 12: Factor de Área Efectiva UD

TABLA RESUMEN			
Localidad	UD Analizadas	Factor Escoorrentía Promedio	Desviación Estándar
Purranque	12	51.64%	34.19%
Paillaco	28	35.29%	13.84%
Alerce	35	28.02%	12.00%
Panguipulli	26	32.00%	31.68%

Tabla 13: Factor de Área Efectiva TC

TABLA RESUMEN			
Localidad	TC Analizados	Factor Escoorrentía Promedio	Desviación Estándar
Purranque	13	36.35%	32.57%
Paillaco	13	30.78%	25.44%
Alerce	14	28.56%	29.70%
Panguipulli	11	37.65%	31.57%

Figura 4: Ejemplo Factor de Área



Ejemplo: Paillaco PC_3 en ciclo 1 (08/sep al 18/sep)

Los factores de área efectiva debieron ser modificada para cada una de las cuencas definidas por los puntos de control (PC) y cada localidad, siendo distintos por cada cuenca.

Si bien los modelamientos con IA y Econometría consideran características de la infraestructura, estos no consideran los resultados obtenidos por las pruebas In-situ, dejando fuera de los análisis por ejemplo la cantidad de agua que puede ingresar por las tapas de cámaras públicas, como se evidencia en la presentación de modelamiento AS que si lo considera.

Tabla 14: Ingreso de Agua por Tapas de Cámaras

Localidad	Cámaras Totales	N° cámaras en zona de inundación	Estado estructural (expansión) de Tapas de cámaras públicas en zona inundable		Caudal medio [l/s] prueba Estructura según Estanqueidad - Expansión		Qtot [l/s] Tapas Malas	Qtot [l/s] Tapas Buenas	Qtot [l/s] en localidad
			N° Tapas Malas	N° Tapas Buenas	N° Tapa Mala	N° Tapa Buena			
Purranque	574	157	100	57	0.298	0.263	29.8	15.0	44.8
Alerce	1672	413	215	198	0.230	0.204	49.4	40.4	89.7
Paillaco	400	72	41	31	0.281	0.249	11.5	7.7	19.2
Panguipulli	726	137	73	64	0.306	0.255	22.3	16.3	38.7

La estimación de caudales que ingresa por eventos de precipitaciones, en los puntos definidos por el plan maestro de aguas lluvias en que se apoza el agua, muestra un caudal alto comparado con el caudal sanitario de cada localidad, superiores a estos.

El modelamiento hidráulico construido es capaz de representar con un cierto grado de satisfacción los flujos de caudales tanto en UD, TC y PC, pudiendo considerar que el modelamiento se encuentra calibrado correctamente, y con ello podrá ser evaluadas las modificaciones de infraestructura y el impacto en la reducción de incorporación de ingreso de aguas a la red de recolección. Sin perjuicio de lo anterior, fue solicitado incorporar al análisis, los efectos de distribución de aguas ajenas al porcentaje de la red que fue indicada con problemas por parte de la expansión y no fue aceptado el dato de ingreso de agua por longitud de red, como el presentado en la Figura 5.

Figura 5: Ejemplo caudal de ingreso por km de red

Localidad	ID PC	Lugar de Medición	Medición	Qb Seco [L/s]	Qb Lluvia [L/s]	Total [km]	Qb Seco [L/s/km]	Qb Lluvia [L/s/km]	Factor
Purranque	PC_6 44022	Cámara		7.78	26.97	33.99	0.229	0.793	3.46
Purranque	PC_7 PTAS	Entrada PTAS		10.49	25.19	38.37	0.278	0.767	2.76
Purranque	PC_4 47125	Cámara		0.24	1.14	2.89	0.101	0.418	4.14
Alerce	PC_4 PEAS NF	Sentina PEAS NF		2.53	3.76	2.86	0.885	1.315	1.49
Alerce	PC_7 43048	Cámara	Cámara Ale-7	6.08	13.98	17.22	0.353	0.812	2.30
Alerce	PC_1 1	Sentina PEAS PEAS 2	N°2	137.71	146.88	69.65	1.977	2.109	1.07
Paillaco	PC_1	Entrada Emisario	Cámara	3.51	3.78	33.99	0.1033	0.1112	1.08
Paillaco	PC_4 56910	Cámara	Colector salida	0.00	0.06	0.34	0.0000	0.1850	-
Paillaco	PC_6 56983	Cámara	Colector salida	0.44	1.19	10.77	0.0410	0.1104	2.69
Paillaco	PC_7 PTAS	Entrada PTAS		6.48	45.06	37.21	0.1742	0.8167	4.69
Panguipulli	PC_8 57973	Cámara	Colector salida	1.19	2.22	5.42	0.219	0.410	1.87
Panguipulli	PC_9 57903	Cámara	Colector salida	0.84	1.59	3.15	0.266	0.504	1.89
Panguipulli	PC_1 57845	Cámara	Colector salida	1.20	2.30	2.61	0.457	0.878	1.92
Panguipulli	PC_1 1	PTAS	Entrada PTAS	12.70	26.90	41.24	0.308	0.652	2.12

Figura 6: Resultados Aguas Ajenas por Localidad (m3)

	PURRANQUE (MENSUAL)							
	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Escorrentía Sector Privado [m³]	4,617	1,524	3,165	786	340	389	2,308	5,211
Escorrentía Sector Público [m³]	1,405	464	963	240	104	118	704	1,584
Escorrentía Total [m³]	6,023	1,988	4,128	1,025	444	507	3,012	6,795
Flujo base Seco [m³]	6,720	6,944	6,720	6,944	6,944	6,496	6,944	6,720
Flujo base Lluvia [m³]	135,838	22,386	10,832	5,824	0	0	0	7,494
Flujo Base [m³]	142,558	29,330	17,552	12,767	6,944	6,496	6,944	14,214
Volumen Aguas Ajenas	148,580	31,318	21,680	13,793	7,388	7,003	9,955	21,009
Aguas Servidas [m³]	44,739	44,834	48,039	45,482	47,907	49,397	47,462	47,461
Suma Volumen Total [m³]	193,320	76,152	69,719	59,274	55,295	56,400	57,417	68,470
Aguas Ajenas [%]	76.9%	41.1%	31.1%	23.3%	13.4%	12.4%	17.3%	30.7%

	ALERCE (MENSUAL)							
	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Escorrentía Sector Privado [m³]	65,049	17,013	40,461	7,147	10,622	6,282	25,744	40,207
Escorrentía Sector Público [m³]	18,347	4,799	11,412	2,016	2,996	1,772	7,261	11,340
Escorrentía Total [m³]	83,396	21,812	51,874	9,162	13,618	8,054	33,005	51,548
Flujo base Seco [m³]	252,224	260,632	252,224	260,632	260,632	235,409	260,632	252,224
Flujo base Lluvia [m³]	32,478	3,003	29,540	3,352	4,317	8,965	13,655	20,437
Flujo Base [m³]	284,702	263,635	281,764	263,984	264,949	244,374	274,286	272,661
Volumen Aguas Ajenas	368,098	285,446	333,638	273,146	278,567	252,428	307,291	324,208
Aguas Servidas [m³]	137,279	143,573	134,475	133,766	145,894	152,730	145,466	141,743
Suma Volumen Total [m³]	505,377	429,019	468,113	406,913	424,461	405,157	452,758	465,952
Aguas Ajenas [%]	72.84%	66.53%	71.27%	67.13%	65.63%	62.30%	67.87%	69.58%

	PAILLACO (MENSUAL)							
	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Escorrentía Sector Privado [m³]	4,312	1,769	1,966	669	291	383	1,524	5,311
Escorrentía Sector Público [m³]	861	353	393	134	58	77	304	1,060
Escorrentía Total [m³]	5,173	2,122	2,359	803	350	460	1,828	6,371
Flujo base Seco [m³] – Salida Localidad	1,037	1,071	1,037	1,071	1,071	1,002	1,071	1,037
Flujo base Lluvia [m³] – Salida Localidad	5,675	4,735	4,381	2,336	123	37	197	440
Flujo Base [m³] – Salida Localidad	6,712	5,807	5,418	3,407	1,195	1,039	1,269	1,477
Flujo base Seco [m³] – En Emisario	2,333	2,411	2,333	2,411	2,411	2,255	2,411	2,333
Flujo base Lluvia [m³] – En Emisario	83,203	73,301	55,039	27,691	1,250	307	0	1,198
Flujo Base [m³] – En Emisario	85,536	75,711	57,372	30,101	3,660	2,563	2,411	3,531
Volumen Aguas Ajenas	97,421	83,640	65,149	34,311	5,205	4,061	5,508	11,379
Aguas Servidas [m³]	34,786	37,454	38,165	36,172	41,722	43,770	39,989	37,276
Suma Volumen Total [m³]	132,207	121,094	103,313	70,483	46,926	47,831	45,496	48,655
Aguas Ajenas en Salida Localidad [%]	8.99%	6.55%	7.53%	5.97%	3.29%	3.13%	6.81%	16.13%
Aguas Ajenas en Emisario [%]	64.70%	62.52%	55.53%	42.71%	7.80%	5.36%	5.30%	7.26%

	PANGUIPULLI (MENSUAL)							
	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Escorrentía Sector Privado [m³]	14,741	4,418	6,769	1,096	107	1,454	7,065	7,781
Escorrentía Sector Público [m³]	4,993	1,496	2,293	371	36	492	2,393	2,635
Escorrentía Total [m³]	19,734	5,914	9,062	1,467	143	1,947	9,458	10,416
Flujo base Seco [m³]	30,429	31,444	30,429	31,444	31,444	29,415	31,444	30,429
Flujo base Lluvia [m³]	68,216	57,781	28,585	18,904	16,511	14,743	38,240	38,012
Flujo Base [m³]	98,646	89,225	59,015	50,347	47,955	44,158	69,683	68,442
Volumen Aguas Ajenas	118,380	95,139	68,076	51,814	48,098	46,105	79,142	78,858
Aguas Servidas [m³]	44,203	44,327	45,851	45,708	48,572	51,303	46,880	42,449
Suma Volumen Total [m³]	162,582	139,466	113,927	97,523	96,670	97,407	126,022	121,307
Aguas Ajenas [%]	72.8%	68.2%	59.8%	53.1%	49.8%	47.3%	62.8%	65.0%

Para mayor detalle del modelamiento consultar la presentación realizada el 29-11-2024 y Acta.

4. COMENTARIOS

Se evidencia de los modelamientos presentados que las variables necesarias para poder representar el fenómeno complejo fueron consideradas, si bien, se podría observar algunas luego de revisados los resultados, para una primera aproximación y debido a lo novedoso del análisis se consideran acertadas las variables directas e indirectas incluidas.

Es evidente el alto impacto que conlleva el ingreso de aguas ajenas a la red de recolección de aguas servidas, y las estimaciones realizadas por la ESS así lo demuestran, no obstante, es necesario reconocer que se trata de estimaciones sujetas a un grado de incertidumbre algo mayor que aquellas que se hacen en estudios clásicos que no tienen el carácter pionero de este estudio.

Se estima que todos los modelos presentan un grado de error involuntario al considerar la facturación de agua potable del SIFAC y no un resultado obtenido del proceso de expansión de caudales AP medidos, toda vez que la facturación de agua potable es siempre en números enteros, no considerando fracciones que en la realidad si ocurre, por ejemplo el cliente (N° 1195229 de Alerce) cuyo consumo de 10 días fue de 6.23 m³ representaría un consumo mensual de 18,7 m³, sin embargo en su facturación fue de 18 m³ en septiembre. Lo anterior introduce error en la estimación del consumo AP con ello en consumo AS y esto a su vez en la estimación de caudal descargado, a nivel mensual podría existir errores de alrededor de 3 a 4% en la estimación presentada, toda vez, que a menor consumo el error es mayor.

Por otra parte, existe otro error incorporado al modelo en la estimación de volumen de aguas servidas, y es que las expansiones presentadas no consideran todos los clientes de la localidad, si bien, existe variación de clientes entre el momento de toma de la muestra y la ejecución del proyecto, los clientes que han sido incorporados mes a mes suman consumo de agua y con ello caudal descargado a la red, lo que introduce un error en la estimación de aguas ajenas presentada. A modo de ejemplo, el modelamiento en Alerce considero 12.380 clientes cuando a septiembre del 2023 existían alrededor de 13.700, lo anterior, lleva a subestimar el caudal sanitario al no considerar entre 6.500 y 10.500 m³ de consumo AP. Dependiendo del mes en análisis, es decir se introduce un error de entre 4 a 6%.

Si bien los resultados estimados en forma directa y mediante expansión son coherentes, se estima que el no haber considerado la profundidad de las instalaciones (redes de recolección) e instalaciones interiores de privados, no permite confiar al 100% de la estimación referida a la responsabilidad pública y privada del ingreso de aguas a la red de recolección, aún cuando los porcentajes tanto del método de expansión Econométrico como con IA entregan valores similares.

El modelamiento hidráulico, fue incapaz de poder separar las aguas provenientes de las redes privadas y publicas en el flujo base, lo que demuestra que es un análisis complejo de estimar y que los análisis de expansión estimaron al no tener el dato de profundidad de instalaciones. El profesional del área de Estudios y Normas Pedro Fuentes, valido el modelo hidráulico presentado y solicito sobre él determinar los impactos de las medidas de mitigación que competa la empresa sanitaria, tales como el recambio de tapas en malas condiciones, incorporación de doble tapa, cambios de tramos de colector.

5. CONCLUSIONES

La revisión de los antecedentes permite evaluar en forma adecuada la incorporación de aguas no generadas por consumo de agua potable, si bien, existen ciertas mejoras que pudieran ser incorporadas al proceso de estimación para ajustar de mejor forma, se estima que el estudio permite evidenciar el problema y parte de su origen.

Los porcentajes de aguas ajenas, determinado para el caso de Purranque no consideran descontar el caudal de aguas servidas que aporta el sector de corte alto, lo que fue advertido a la ESS y consultor, y corroborado posteriormente de la revisión de expansión y tablas anexas que no fue tomado en consideración dicho dato.

Si bien se considera que los resultados son coherentes y dentro de los ordenes de magnitud determinados internacionalmente, se cree que el proceso podría ser mejorado con los comentarios indicados anteriormente, toda vez que para la SISS es de suma relevancia la profundidad de las instalaciones y para con ello diferenciar entre el problema público y el privado, que en virtud de lo expuesto no puede ser considerado como una estimación precisa, no así como, las estimaciones de aguas ajenas a nivel de localidad.

Se recomienda para estudios futuros, no incorporar la variable TC toda vez que es cara de medir y los resultados obtenidos para la muestra presentan tanto por el método de IA como Estadístico, que los resultados no son 100% confiables al tener la variable no aleatoria y baja representatividad la muestra.

Se considera necesario avanzar en las soluciones que mitiguen los impactos, comenzando por cambios de tapas, y definición de tramos de colector a reparar y/o renovar según las recomendaciones por la caracterización determinada ante las teinspecciones realizadas.

Se evidencia que el trabajo realizado es de un alto nivel, pesé a los comentarios realizados que pudieran ajustar el modelo y la determinación de aguas ajenas por localidad, así como la distribución entre responsabilidades públicas como privadas. Se considera necesario seguir avanzando en este tipo de estudios, y en especial en la determinación de los tiempos en que demora la red en volver a la normalidad, para con ello definir el estándar de uso de bypass, si bien esto no fue revisado en el informe, según lo conversado será analizado cuando se cuente con el informe final.

6. Anexos

6.1. Relevancia de variables en Modelo Expansión con IA.

Figura 7: Relevancia de variables para modelo de Alerce UD's

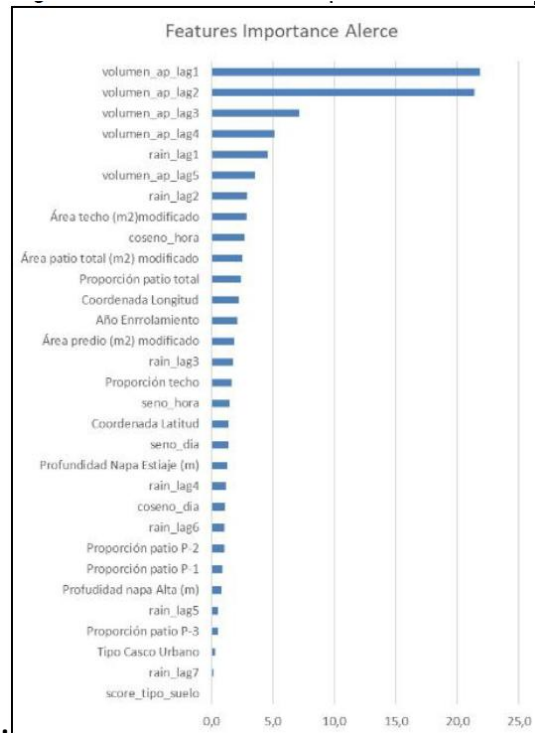


Figura 8: Relevancia de variables para modelo de Paillaco UD's

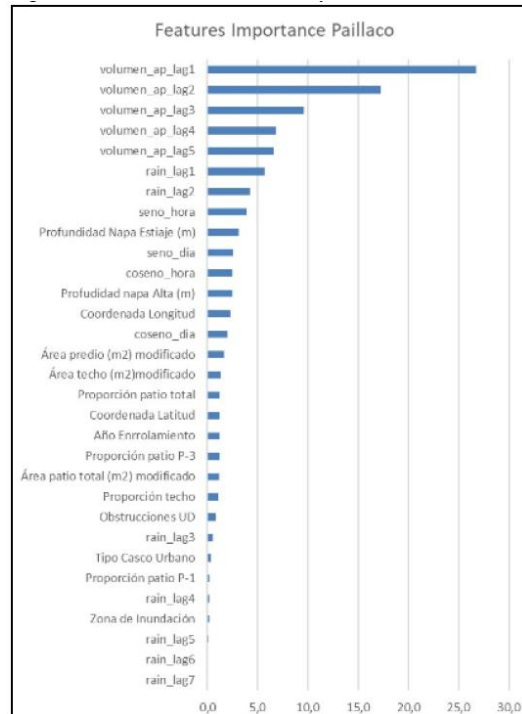


Figura 9: Relevancia de variables para modelo de Purranque UD

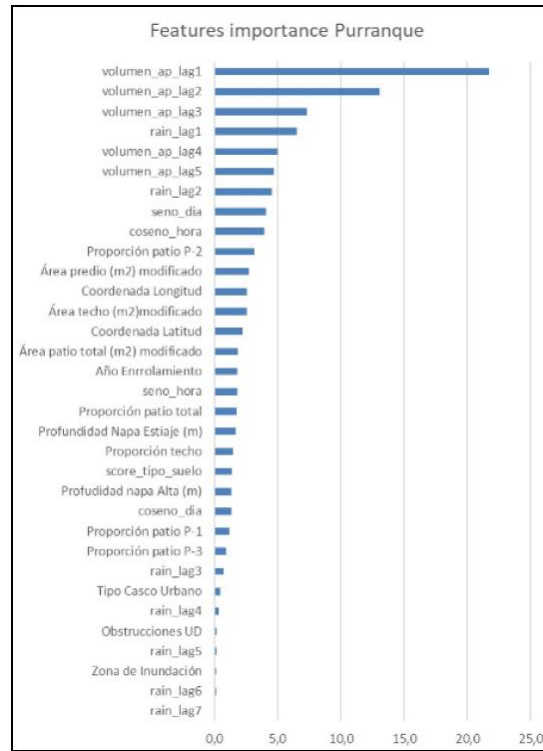
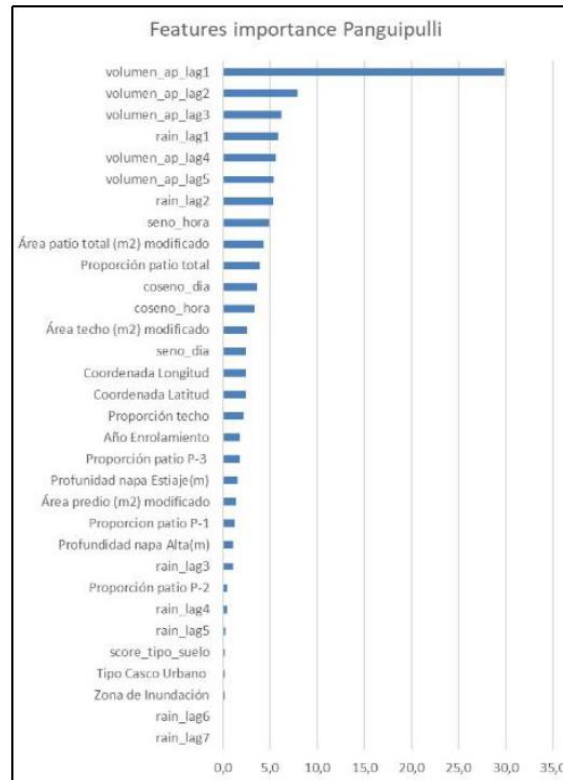


Figura 10: Relevancia de variables para modelo de Panguipulli UD



6.2. Información Informe Ejecución y Resultados de Medición en UDs.

Tabla 15: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Alerce

Cuadro 6-2: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Alerce

Mes	Centro de Salud Alerce (1179094)		Carabineros de Chile (2006647)		Acuenta (1376844)		Mercado Municipal (1227576)	
	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]
Agosto	0	0	23	23	0	0	0	0
Septiembre	0	0	351	607	0	0	76	134
Octubre	0	0	423	792	0	0	633	814
Noviembre	0	0	335	447	0	0	808	1.068
Diciembre	0	0	371	1.477	0	536	1.935	1.881
Enero	0	0	423	1.416	117	417	752	1.662
Febrero	0	0	395	1.469	150	459	695	1.708
Marzo	1.808	1.721	390	1.554	170	612	743	1.751
Abril	1.813	2.809	309	1.353	153	444	180	1.000

Tabla 16: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Purranque

Cuadro 6-4: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Purranque

Mes	Corp. Rehabilitación (790839)		Colegio Preciosa Sangre (752675)		Unimarc (598829)		Escuela Municipal (727566)	
	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]
Agosto	1	6	0	0	0	0	0	0
Septiembre	54	397	0	0	80	418	19	1.532
Octubre	18	135	0	0	117	430	8	2.868
Noviembre	23	95	0	0	93	350	57	613
Diciembre	39	270	0	157	99	274	113	904
Enero	46	66	33	55	105	424	50	95
Febrero	10	19	46	156	93	144	37	204
Marzo	12	18	361	488	113	196	246	922
Abril	10	19	493	911	18	249	233	601

Tabla 17: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Paillaco

Cuadro 6-6: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Paillaco

Mes	Colegio Raúl Silva Henríquez (1150065)		Escuela Proyecto Futuro (587699)		Gimnasio Municipal (587643)		Liceo Rudolfo Phillipi (1188369)	
	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]
Agosto	126	251	205	346	4	18	0	0
Septiembre	104	603	360	910	574	1.480	166	720
Octubre	120	711	442	716	988	1.107	325	1.062
Noviembre	187	498	389	502	987	1.041	332	863
Diciembre	153	273	334	1.038	1.025	1.487	260	1.003
Enero	64	143	185	867	833	1.549	430	1.804
Febrero	30	58	275	804	554	1.347	137	1.359
Marzo	134	209	351	1.120	468	1.316	383	1.036
Abril	146	221	250	1.045	313	1.381	398	798

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Panguipulli

Cuadro 6-8: Resultados Medición de Caudal Clientes Especiales, Panguipulli

Mes	CESFAM (664272)		Escuela G-1135 (677334)		Hospital Panguipulli (658973)		Colegio Altamira (1064266)	
	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]	Medición AP Acum. (m3)	Volumen Descarga [m3]
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	467	598
Octubre	0	0	349	971	0	0	815	955
Noviembre	0	0	462	2.268	0	0	861	1.707
Diciembre	0	0	294	573	312	864	727	1.483
Enero	221	623	169	597	351	971	578	728
Febrero	209	718	149	314	327	634	642	1.829
Marzo	220	1.003	427	828	309	1.123	1.099	2.910
Abril	242	835	714	961	1.070	2.000	1.052	4.754