



Universidad de Concepción
Facultad de Ciencias Ambientales
Ingeniería Ambiental



“ANÁLISIS DEL SERVICIO SANITARIO RURAL (SSR) EN VILLA MERCEDES, COMUNA DE QUILLECO, REGIÓN DEL BIOBIO, EN EL CONTEXTO DE PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA (PSA) Y PLAN DE SEGURIDAD DE SANEAMIENTO (PSS)”

Habilitación presentada para optar al título de

Ingeniero Ambiental

MATÍAS NICOLÁS NEIRA PÉREZ

Profesora Guía: Ana Carolina Baeza Freer

Profesora Co-Guía: Patricia González Sánchez

Concepción, Chile, 2021

**“Análisis del servicio sanitario rural (SSRI en Villa Mercedes, comuna de Quilleco
Región del Biobío, En el contexto de plan de seguridad del agua (PSA) y plan de
seguridad de saneamiento (PSS)”**

Profesor Guía: Dra. Carolina Baeza Freer



Profesor Co-Guía: Dra. Patricia González Sánchez



Profesor Comisión: Dr. Roberto Urrutia Pérez



CONCEPTO: APROBADO CON DISTINCIÓN MÁXIMA

Conceptos que se indica en el Título

- ✓ Aprobado por Unanimidad : (En Escala de 4,0 a 4,9)
- ✓ Aprobado con Distinción (En Escala de 5,0 a 5,6)
- ✓ Aprobado con Distinción Máxima (En Escala de 5,7 a 7,0)

Concepción, octubre 2021

INDICE

INDICE DE TABLAS.....	6
RESUMEN	9
ACRÓNIMOS Y GLOSARIO.....	10
1. ANTECEDENTES.....	12
1.1. Generalidades de agua y saneamiento.....	12
1.2. Servicios Sanitarios Rurales (SSR).....	15
1.2.1. Programa Agua Potable Rural (APR): Actual SSR	15
1.2.2. SSR y su asociación a los PSA y PSS.....	16
1.2.3. Servicios Sanitarios Rurales: Agua Potable	17
1.3. Iniciativas de Inversión 2010-2021	18
1.3.1. Instalaciones, Proyectos de Mejoramiento y Ampliación 2015-2021	19
1.4. Tratamiento de agua potable	20
1.4.1. Fuente de abastecimiento	21
1.4.2. Fuentes Superficiales.....	21
1.4.3. Fuentes Subterráneas.....	22
1.4.4. Parámetros Contaminantes.....	22
1.4.5. Clasificación Fuentes de Captación.....	23
1.5. Tratamiento de aguas servidas	24
1.5.1. Esquema típico de planta de aguas servidas.....	26
1.5.2. Tecnología de Tratamiento de Aguas Servidas en zonas rurales.....	27
1.6. Planes de Seguridad del Agua (PSA).....	28
1.6.1. Descripción de un PSA	28
1.6.2. Elaboración y aplicación de un PSA.....	28
1.6.3. Ventajas y Barreras asociadas a una implementación de PSA	29
1.6.4. PSA en el mundo	31
1.6.5. Planes de seguridad del agua en Chile.....	34
1.7. Planes de Seguridad de Saneamiento.....	34
1.7.1. Descripción de un PSS y su relación con el Convenio de Estocolmo	35
1.7.1. Ejemplos de PSS a nivel mundial:.....	36
1.8. Similitudes y diferencias entre PSA y PSS.....	38
1.9. Normativa aplicable al agua potable en el sector rural.....	39
1.9.1. Ley 20.998 y su Reglamento	40

1.9.2.	<i>Registro de Operadores</i>	41
1.9.3.	<i>Decreto Supremo 735: Reglamento de los servicios de agua destinados al consumo humano</i>	42
2.	<i>PREGUNTA DE INVESTIGACION</i>	43
3.	<i>OBJETIVOS</i>	43
4.	<i>METODOLOGÍA</i>	44
4.1.	<i>Área de estudio</i>	44
4.2.	<i>Red Hídrica de Villa Mercedes</i>	45
4.3.	<i>Uso de Suelo de Villa Mercedes</i>	46
4.4.	<i>Enfoque metodológico</i>	47
4.5.	<i>Actividades realizadas para dar cumplimiento a cada objetivo planteado.</i>	47
4.6.	<i>Fuentes de Información</i>	49
5.	<i>RESULTADOS</i>	53
5.1.	<i>Situación de distribución de agua potable en la comuna de Quilleco, Región del Biobío.</i> 54	
5.2.	<i>Villa Mercedes: Características generales y servicios existentes</i>	54
5.2.1.	<i>Erosión de Suelos y Riesgos Forestales/Naturales</i>	54
5.2.2.	<i>Exposición al cambio climático</i>	55
5.2.3.	<i>Contaminación con metales pesados en la zona</i>	56
5.2.4.	<i>Disponibilidad de agua en Villa Mercedes</i>	56
5.3.	<i>Sistema de Agua Potable Rural en Villa Mercedes</i>	58
5.3.1.	<i>Productos Químicos usados en el SSR Villa Mercedes</i>	63
5.3.2.	<i>Determinación de eventos peligrosos y peligros del sistema de agua potable.</i>	68
5.3.3.	<i>Identificación de eventos peligrosos y peligros en el sistema de agua potable de la localidad de Villa Mercedes:</i>	69
5.4.	<i>Planta de Tratamiento de Aguas Servidas</i>	73
5.4.1.	<i>Lombrifiltro (Sistema Tohá)</i>	73
5.4.2.	<i>Lombrifiltro: Esquema</i>	77
5.4.3.	<i>Lombrifiltro: Composición</i>	78
5.4.4.	<i>Lombrifiltro en Villa Mercedes</i>	78
6.	<i>DISCUSIÓN</i>	90
6.1.	<i>APR:</i>	90
6.2.	<i>PTAS:</i>	92
6.3.	<i>Otros:</i>	95
7.	<i>CONCLUSIONES</i>	97

8. REFERENCIAS.....	99
<i>Anexo 1: Evidencias asociadas a tablas de identificación de eventos peligrosos y peligros en SSR de Villa Mercedes:.....</i>	<i>109</i>
<i>Anexo 2: Geomorfología del área de estudio</i>	<i>118</i>
<i>Anexo 3: Acuíferos existentes en la región y en la comuna de Quilleco.....</i>	<i>119</i>
<i>Anexo 4: Mapa de Villa Mercedes-Villa Las Flores:.....</i>	<i>120</i>
<i>Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>120</i>
<i>Anexo 5: Planilla registros consumo mensual enero – APR Sector Villa Las Flores.....</i>	<i>121</i>
<i>Anexo 6: Planilla de datos básicos de producción y consumo completada por operario PTAS – enero 2021.....</i>	<i>122</i>
<i>Anexo 7: Registro niveles freáticos</i>	<i>123</i>
<i>Anexo 8: Check-List</i>	<i>124</i>
<i>Anexo 9: Diseño fotografía pozo Villa Las Flores:.....</i>	<i>136</i>
<i>Anexo 10: Planilla cloro residual libre:</i>	<i>137</i>
<i>Anexo 11: Curvas de rendimiento bombas pozo Villa Mercedes:.....</i>	<i>138</i>

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Evolución Periodo 2015- 2021</i>	20
<i>Tabla 2: Evolución de beneficiarios periodo 2015-2021</i>	20
<i>Tabla 3: Contaminantes más comunes asociados al sector rural</i>	23
<i>Tabla 4: Clasificación para fuentes de captación</i>	24
<i>Tabla 5: Ventajas y Desventajas de un PSA</i>	30
<i>Tabla 6: Planes de seguridad del agua aplicados internacionalmente</i>	33
<i>Tabla 7: Planes de seguridad de saneamiento aplicados internacionalmente</i>	36
<i>Tabla 8: Similitudes entre PSA y PSS</i>	38
<i>Tabla 9: Diferencias entre PSA y PSS</i>	39
<i>Tabla 10: Caracterización del área de estudio-Villa Mercedes</i>	46
<i>Tabla 11. Matriz de peligros y eventos peligrosos para sistema de agua potable y de aguas servidas de Villa Mercedes, Región del Biobío</i>	53
<i>Tabla 12: Características del SSR Villa Mercedes</i>	59
<i>Tabla 13: Especificaciones del Hipoclorito de Calcio Granulado</i>	63
<i>Tabla 14: Especificaciones del Reactivo D.P.D</i>	63
<i>Tabla 15: Producción de agua Pozo Villa Mercedes</i>	64
<i>Tabla 16: Producción de agua Pozo Villa Las Flores</i>	65
<i>Tabla 17: Parámetros evaluados – APR</i>	67
<i>Tabla 18: Conformación de subgrupos para identificación de eventos peligrosos y peligros asociados al APR</i>	68
<i>Tabla 19: Identificación de peligros y eventos peligrosos en sistema de agua potable de Villa Mercedes</i>	69
<i>Tabla 20: Rangos de Parámetros para sobrevivencia de Eisenia foetida</i>	74
<i>Tabla 21: Principales características para el dimensionamiento del sistema de tratamiento</i>	74
<i>Tabla 22: Resumen eficiencias de remoción de las tecnologías</i>	75
<i>Tabla 23: Ejemplos de lombrifiltro a nivel nacional e internacional</i>	75
<i>Tabla 24: Ventajas y Desventajas del lombrifiltro</i>	77
<i>Tabla 25: Parámetros evaluados – RIL en PTAS</i>	80
<i>Tabla 26: Conformación de subgrupos para identificación de eventos peligrosos y peligros asociados a la PTAS</i>	81
<i>Tabla 27: Identificación de peligros y eventos peligrosos en sistema de aguas servidas de Villa Mercedes</i>	82

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Círculo del uso del consumo humano del agua y generación de aguas servidas considerando las herramientas de gestión de riesgos PSA y PSS.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 2: Esquema Sistema de Agua Potable Rural tipo.</i>	<i>18</i>
<i>Figura 3: Serie Histórica de las iniciativas de inversión entre 2010 y 2021.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 4: Configuración típica de una planta de tratamiento de aguas servidas rural.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 5. Participación porcentual de tecnologías de tratamiento aplicada en las PTAS de zonas rurales en Chile..</i>	<i>27</i>
<i>Figura 6: Esquema resumen de la elaboración y aplicación de un PSA.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 7: Esquema resumen de la elaboración y aplicación de un PSS.</i>	<i>36</i>
<i>Figura 8: Localización. En a) se ilustra la Región del Bio-Bío, en b) la comuna de Quilleco y en c) Villa Mercedes.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 9: Red hídrica correspondiente al sector de Villa Mercedes y alrededores.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 10: Uso del suelo de Villa Mercedes y alrededores.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 11. Gráfico producción de agua en sistema APR.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 12. Gráfico consumo de agua sistema APR.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 13. Gráfico pérdidas de agua en sistema APR.</i>	<i>61</i>
<i>Figura 14. Gráfico porcentaje pérdida agua sistema APR.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 15. Gráfico consumo energía eléctrica sistema APR.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 16. Gráfico consumo productos químicos sistema APR.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 17: Gráfico de agua producida vs horas de trabajo de bomba en pozo Villa Mercedes.</i>	<i>65</i>
<i>Figura 18: Gráfico de agua producida vs horas de trabajo de bomba en pozo Villa Las Flores..</i>	<i>66</i>
<i>Figura 19: Medios de identificación de eventos peligrosos.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 20: Componente del sistema involucrado en el APR.</i>	<i>72</i>
<i>Figura 21: Clasificación de las causas de los eventos peligrosos.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 22: Clasificación del peligro en sistema APR.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 23. Esquema lombrifiltro..</i>	<i>77</i>
<i>Figura 24: Capas de un lombrifiltro.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 25: Proceso lombrifiltro Villa Mercedes.</i>	<i>79</i>
<i>Figura 26: Medios de identificación de eventos peligrosos en la PTAS.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 27: Componente del sistema involucrado en la PTAS.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 29: Clasificación de las causas de los eventos peligrosos en la PTAS.</i>	<i>86</i>

AGRADECIMIENTOS

Desde el primer momento que conocí la Universidad de Concepción y la ciudad, supe que aquí debía obtener mi título de pregrado. El poder estar en un buen ambiente, con naturaleza, muchos árboles y espacios grandes, ayuda mucho para poder seguir teniendo energías y estudiar lo que uno se propone al ingresar a la universidad.

Durante mi ciclo universitario, hay varias personas que me ayudaron a poder finalizar mi carrera. Quiero agradecer a cada una de ellas, que de alguna u otra forma ayudaron a mi formación personal y profesional, en especial a mi familia.

El mayor de los agradecimientos a mi madre Sonia, a mi hermano Gonzalo, y a mi difunto padre Julio, quienes en todo momento me apoyaron, aconsejaron y animaron a seguir adelante en este proceso. Sin ellos no podría haber llegado hasta acá.

A mi polola, amigos del liceo, de la etapa universitaria y los que conocí fuera de ella. Todos ellos han sido un gran soporte en estos años de estudio.

A mis profesores, en especial a las Profesoras Caro y Patty, dos docentes excelentes y con una gran calidad humana, las cuales me pudieron guiar de buena forma para poder cumplir con éxito el desarrollo de la tesis.

También agradecer a los ingenieros ambientales Camila Almuna, Maximiliano Rojas y sobre todo a Natalia Iriarte, quienes me apoyaron en todo momento e hicieron del proceso de habilitación profesional mucho más llevadero, brindándome archivos, tips y apoyo en general sobre la localidad en estudio. También agradezco a todas las personas que componen el comité de Agua Potable Rural Villa Mercedes, tanto directiva como operarios del agua potable rural y la planta de tratamiento de aguas servidas, por colaborar con esta investigación.

Finalmente, espero que todo el trabajo realizado sirva para futuras investigaciones y pueda ser aplicado no sólo a nivel local, sino que también a nivel regional y nacional.

RESUMEN

En la actualidad el agua es un tema clave a nivel planetario. La disponibilidad de este recurso es cada vez menor, la población crece constantemente y el cambio climático causa estragos, tanto en el ámbito urbano y rural. Chile no es la excepción, y sufre diariamente de las grandes diferencias que ocurren entre ambos sectores. Por lo mismo, el poder gestionar correctamente el agua es un factor clave. En ese sentido, surgen estrategias que año tras año se masifican para mejorar la gestión del agua, como lo son los Planes de seguridad del agua (PSA) y Planes de seguridad de saneamiento (PSS). Ambas son metodologías basadas en la gestión del riesgo, y que se utilizaron en el estudio del Sistema de Agua Potable Rural (APR) y para la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), conformando ambos el Servicio Sanitario Rural (SSR) de Villa Mercedes, localidad perteneciente a Quilleco, Región del Biobío. Se seleccionó esta zona como caso de estudio, dado el frágil y complejo escenario que vive con relación al SSR. En este SSR los sistemas de Agua Potable Rural (APR) y Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) operan a su máxima capacidad, se observan algunos problemas de gestión y económicos; y la localidad tiene poca disponibilidad de agua, gran presencia forestal, entre otros.

Con el fin de estudiar detalladamente la localidad y su SSR, es que se realizaron diversas visitas a terreno, se entrevistó a los operadores de APR y PTAS, además del comité (presidenta y secretaria). Con respecto a los resultados para el APR, el principal medio de identificación de eventos peligrosos es la entrevista semiestructurada. Por otra parte, la principal causa de los eventos peligrosos asociados proviene de factores externos, con un 42,1%, superando al diseño y la operación; y la clasificación de los peligros asociados al APR proviene de la gestión que se tiene del sistema, con un 47,4%, por sobre la infraestructura y peligros diversos. Para la PTAS, el principal medio de identificación de eventos peligrosos es la inspección visual; la principal causa de los eventos peligrosos proviene de la operación, con un 40%, y la clasificación de los peligros asociados proviene de la gestión del sistema, con un 31,2%.

ACRÓNIMOS Y GLOSARIO

AGRIMED: Centro de Agricultura y Medio Ambiente.

ANDESS: Asociación Nacional de Empresas de Servicios Sanitarios.

APPCC: Análisis de peligros y de puntos críticos de control.

APR: Agua Potable Rural.

BCN: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

CASEN: Encuesta de Caracterización Socioeconómica.

CASUB: Comunidad de aguas subterráneas.

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno.

DGA: Dirección General de Aguas.

DOH: Dirección de Obras Hidráulicas.

EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

EPP: Elementos de Protección Personal.

GLAAS: Análisis y Evaluación Mundial del saneamiento y el agua potable.

MOP: Ministerio de Obras Públicas.

NPK: Nitrógeno de Kjeldahl total.

ODM: Objetivos de Desarrollo del Milenio.

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

ONG: Organización No Gubernamental.

PLADECO: Plan Estratégico de Desarrollo Comunal.

PSA: Planes de Seguridad del Agua.

PSS: Planes de Seguridad de Saneamiento.

PT: Fósforo Total

PTAS: Planta de Tratamiento de Aguas Servidas.

RIL: Residuo Industrial Líquido.

RILES: Residuos Industriales Líquidos.

SCAM: Sistema de Certificación Ambiental Municipal.

SISS: Superintendencia de Servicios sanitarios.

SNIFA: Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental.

SSR: Servicios Sanitarios Rurales.

SUBDERE: Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo.

UFC: Unidad de Coliformes Fecales.

UTM: Unidad tributaria mensual.

UNECE: Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa.

UNFPA: Fondo de Población de las Naciones Unidas.

UNICEF: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia.

WASH: Agua, saneamiento e higiene.

WWAP: Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos.

1. ANTECEDENTES

1.1. Generalidades de agua y saneamiento

Las Naciones Unidas indican que el agua segura-potable es un derecho universal, básico, y con una inmensa importancia para el bienestar y la salud. El formular y aplicar políticas internacionales, como son los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) o los Planes de Seguridad del Agua (PSA), han podido contribuir de gran manera al acceso que se tiene hoy en día, y que se debe seguir mejorando, con relación a la universalidad de los servicios de agua en todo el planeta (UNICEF, 2017).

Los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) fueron ocho objetivos sobre los cuales los Estados Miembros de las Naciones Unidas se comprometieron a tratar de alcanzar para el 2015. Cada ODM contenía diversos objetivos a alcanzar, y el ODM N°7, el cual consistía en "Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente", estipulaba: "Reducir a la mitad, para 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento". Con relación al primer punto, el mundo si cumplió la meta, ya que, en 2012, el 90% de la población disponía de fuentes mejoradas de agua de bebida, en comparación con el 76% en 1990. No obstante, los progresos en diferentes continentes fueron dispares, también entre las zonas urbanas y rurales, y más aún entre personas con altos ingresos económicos y bajos ingresos económicos. En cuanto al saneamiento básico, el progreso fue muy lento para alcanzar la meta de los ODM a nivel planetario. Para 2012, eran 2500 millones de personas las que no tenían acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas, y 1000 millones de estas personas aún, al año 2018, practicaban la defecación al aire libre. El número de personas que habitan en zonas urbanas sin acceso a saneamiento mejorado es cada vez mayor debido al rápido crecimiento de las poblaciones urbanas (OMS, 2018).

Respecto a otras cifras de interés sanitario, en el período entre 1990 a 2015, cuatro de cada cinco personas en zonas urbanas y dos de cada cinco personas en zonas rurales utilizan suministros de agua brindado a través de tuberías. En esa misma línea, y según el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de Recursos Hídricos de la UNESCO (WWAP, 2019): Tres de cada diez personas (2.100 millones de personas, el 29% de la población mundial) no pudieron utilizar un servicio de agua potable que fuera gestionado de forma segura en 2015, mientras que 844 millones de personas carecían de un servicio básico de agua potable. De todas las personas que utilizan servicios de agua potable gestionados de manera segura, solo una de cada tres (1.900 millones)

vivía en áreas rurales (UNICEF, 2017), exhibiendo nuevamente la brecha que existe entre lo urbano y rural.

En 2015, 181 países lograron una cobertura de servicios básicos de agua potable superior al 75%, y la población mundial que utiliza al menos un servicio básico de agua potable aumentó del 81 al 89% entre 2000 y 2015. No obstante, entre los países que tenían una cobertura de menos del 95% en 2015, solo uno de cada cinco está en camino a alcanzar los servicios básicos de agua universales al año 2030 (ONU, 2018).

La cobertura de los servicios de agua gestionados de forma segura varía bastante en diferentes regiones del planeta (desde el 24% en el África subsahariana hasta el 94% en Europa y América del Norte). También puede existir una variabilidad importante al interior de las naciones, entre áreas rurales y urbanas, quintiles de riqueza y regiones subnacionales. En relación con las instalaciones básicas, para el lavado de manos con agua y jabón, ésta fluctuó (en un promedio de tipo regional) entre el 15% en el África subsahariana hasta el 76% en África del Norte y Asia Occidental. Sin embargo, no se pudo producir un cálculo global, porque los datos disponibles para el 2015 (que representan solo el 30% de la población mundial) eran insuficientes (UNICEF, 2017).

Siguiendo esta línea, para que la prestación de servicios WASH (por su sigla en inglés igual a Agua, saneamiento e Higiene) sea sostenible y eficiente, debe estar determinada por diversos factores, tales como: el estado de infraestructura, sistemas institucionales con una correcta gestión financiera, entre otros. Existen elementos centrales supervisados por la iniciativa de Análisis y Evaluación Mundial del saneamiento y el agua potable (GLAAS) de ONU-Agua, los que incluyen: medidas en que las naciones desarrollan e implementan planes nacionales y políticas para WASH, aplicando un continuo seguimiento, tomando las medidas necesarias y correctas, además de coordinar estos procesos con recursos financieros y soporte de instituciones nacionales sólidas y eficaces (WHO, 2019a).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son 17 compromisos adoptados en 2015 por las Naciones Unidas, los cuales poseen una agenda global ambiciosa aprobada por la comunidad internacional para movilizar la acción colectiva en torno a objetivos comunes. Si bien estipulan la lucha contra la pobreza extrema, integran tres dimensiones esenciales del desarrollo sostenible como son: económica, social y ambiental, proporcionando una hoja de ruta clave para la articulación de políticas mundiales (Gil, 2018).

En específico el ODS 6 tiene como gran objetivo el “garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”, a través del logro de diversas metas para 2030, tales como el acceso universal y equitativo al agua potable, acceso equitativo a servicios de saneamiento, entre otros (Bocanegra, 2021).

También se debe promover aún más la participación de las mujeres en la toma de decisiones comunitarias en relación con las políticas de agua y saneamiento, para así cumplir las metas del ODS 6, a través de paridad de género para la participación en cargos públicos, procesos de consulta de tipo inclusivos, introducción de objetivos específicos de género en planes de acción nacionales y la legislación en relación con la política WASH. En el mismo ámbito, la meta 6b del ODS pide fortalecer la participación de organizaciones locales, de ambos sexos, para mejorar el acceso, saneamiento y gestión del agua (WHO, 2019b).

Dado lo anterior, deben existir ciertas herramientas centradas en gestionar correctamente el uso del agua. Es ahí donde aparecen dos planes muy relevantes, como lo son el Plan de Seguridad de Saneamiento (PSS) y el Plan de Seguridad del Agua (PSA), metodologías en las cuales se identifican peligros, eventos peligrosos y presentan matrices para el cálculo del riesgo, para los sistemas de saneamiento y agua potable.

Para entender el contexto, es necesario definir previamente los conceptos utilizados en estas metodologías:

- Peligro se define como un componente biológico, químico o físico que puede causar daño a la salud humana.
- Evento peligroso: Evento en el que las personas están expuestas a un peligro en el sistema de agua o saneamiento (dependiendo del Plan que estemos tratando).
- Riesgo: Probabilidad y consecuencias de que ocurrirá un evento con un impacto negativo (OMS, 2016).

1.2. Servicios Sanitarios Rurales (SSR)

En Chile, la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales pertenece a la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), y define a un SSR como la “provisión de agua potable, y recolección y tratamiento de las aguas servidas”.

El objetivo general de los SSR es regular aspectos relacionados con el funcionamiento, asociado a agua potable y saneamiento, y de organizaciones responsables de ellos en el ámbito de gestión, temas técnicos, normativos y administrativos.

Además del general, existen ciertos objetivos específicos, los cuales son:

- Implementar una política de Estado, para lograr coordinación y ejecución de programas destinados a la infraestructura sanitaria básica para la población rural.
- Fortalecer la capacidad de gestión de las organizaciones comunitarias.
- Establecer derechos y obligaciones de estas.
- Proteger los territorios, atendidos por las organizaciones ya mencionadas (BCN, 2020).

1.2.1. Programa Agua Potable Rural (APR): Actual SSR

Los servicios de agua potable en Chile se desarrollan a partir de la creación de la ciudad de Santiago en el año 1541 (Calvo & Cariola, 2006), expandiéndose hasta el día de hoy a gran parte de las comunas de país. En zonas rurales, el acceso al agua potable casi se ha duplicado, mientras que, en las zonas urbanas, el acceso se ha mantenido inalterado (el 96% de las poblaciones urbanas tienen acceso al agua potable limpia). (Molinos-Senante, 2019), existiendo diferentes formas de provisión de servicios de agua potable a la población:

- En el sector urbano: Los servicios se realizan a través de empresas concesionarias (de propiedad privada y 1 municipal), las cuales se rigen por un marco regulatorio, con distintas obligaciones de calidad de servicio e inversiones, además de fijar tarifas de autofinanciamiento.
- En el sector rural: El Estado (MOP – Municipio – GORE – SUBDERE) financia y construye la infraestructura, traspasada posteriormente para la operación y administración a organizaciones comunitarias, tales como cooperativas y comités sin fines de lucro, con capacitación y asistencia del Estado Chileno.

- Sistemas particulares: Autorizados por la autoridad sanitaria, en sectores rurales y también urbanos.
- Sin conexión a red pública: Para sectores rurales y urbanos, el abastecerse de pozo o noria, camiones aljibes, ríos, vertientes, esteros o lagos, es algo muy común, sobre todo para los que están alejados de las grandes empresas de agua (SISS, 2021).

Profundizando en torno al antiguo sistema de APR, este programa se creó para dar respuesta a los graves problemas sanitarios y al déficit de abastecimiento de agua potable en las localidades rurales concentradas en Chile, es decir, aquellas con una población de entre 150 y 3.000 habitantes y una concentración no inferior a 15 viviendas por kilómetro de red (Gatica García, 2016).

La mayor cantidad de personas beneficiadas con estos sistemas de agua potable rural se encuentran en las regiones de O'Higgins, Maule, Ñuble y Biobío (ANDESS, 2018). También existen sistemas construidos por otros organismos públicos (SERVIU, Municipios, GORE, SUBDERE), soluciones particulares autorizadas por MINSAL, abastecidos por empresas sanitarias y otras empresas privadas (MOP, 2018).

1.2.2. SSR y su asociación a los PSA y PSS

Es muy importante que las comunidades consideren los escenarios nuevos que nuestro país enfrenta con relación al cambio y eventos climáticos extremos, los cuales ya se encuentran afectando las fuentes de agua y los sistemas de agua potable y de tratamiento.

Son las organizaciones comunitarias quienes también deberán adaptarse a un escenario técnico mucho más complejo, por lo tanto, deberán profesionalizarse y requerir herramientas que contribuyan y respalden a la generación de políticas públicas, con el fin de lograr el desarrollo sustentable de las comunidades rurales. Por lo mismo, en el siguiente esquema aparecen las herramientas de PSA y PSS, abarcando todos los procesos y poniendo en el centro lo más importante: la salud de las personas (FONIS, 2020).



Figura 1. Círculo del uso del consumo humano del agua y generación de aguas servidas considerando las herramientas de gestión de riesgos PSA y PSS. Extraído de presentación de Teófilo Monteiro, OPS/OMS – ETRAS, Lima – Perú, Julio 2015

1.2.3. Servicios Sanitarios Rurales: Agua Potable

Asegurar el acceso al agua potable universal en zonas rurales es uno de los mayores retos y desafíos constantes para las naciones. Actualmente existen 2.100 millones de personas que viven sin acceso al agua potable en el mundo (Osseiran, 2017).

En Chile, la escasez de agua afecta a cerca de un millón de personas, las cuales hoy en día no tienen el acceso asegurado al recurso fundamental, y 383.204 viviendas carecen de agua potable (F. Amulen, 2019). Se estima que en nuestro país alrededor de 2,4 millones de personas son parte de la población rural, y 1.727.539 (71 %) es atendido por el Programa de Agua Potable Rural de la Dirección de Obras Hidráulica del MOP y sus Direcciones Regionales, que, mediante convenios con las Empresas Sanitarias de cada región, realizan la gestión de los proyectos de inversión y entregan asesoría y asistencia a los Comités y Cooperativas (Olbrich, 2017).

En nuestro país, el programa de abastecimiento de agua potable rural comenzó en 1964 y a marzo de 2014, se habían construido 192 servicios en 50 años. Respecto a eso, se asignaron los recursos económicos y humanos, con el objeto de aumentar considerablemente el promedio de construcciones de APR. En 2017, se ejecutaron 7

nuevas obras y 5 se encontraban entre licitación y pronto inicio, es decir 12 nuevos sistemas de APR; en total 32 NUEVOS sistemas en el período 2014 – 2018 (MOP, 2017).

Entre los sistemas implementados en el país, la gran mayoría se basa en: pozos, filtros y almacenajes de agua, siendo las áreas rurales abastecidas, en general, por comités de APR y cooperativas; la mayoría de los cuales forman parte del programa APR del MOP y no se encuentran sometidos al marco regulatorio aplicable a las concesionarias (SISS, 2019).

Los comités presentes en Chile, o cooperativas de APR, son organizaciones auto gestionadas que brindan el servicio de agua potable en sectores rurales con población concentrada y semi concentrada. Surgen hace más de 50 años, y al comienzo este sistema no contaba con un marco regulatorio, por lo que se elaboró la nueva Ley 20.998, de Servicios Sanitarios Rurales (SSR) (López Montero, 2020).

En la Figura 2 se representa de forma gráfica un Sistema de Agua Potable Rural tipo, o actual SSR, con relación a la obtención, transporte y posterior distribución del agua potable:

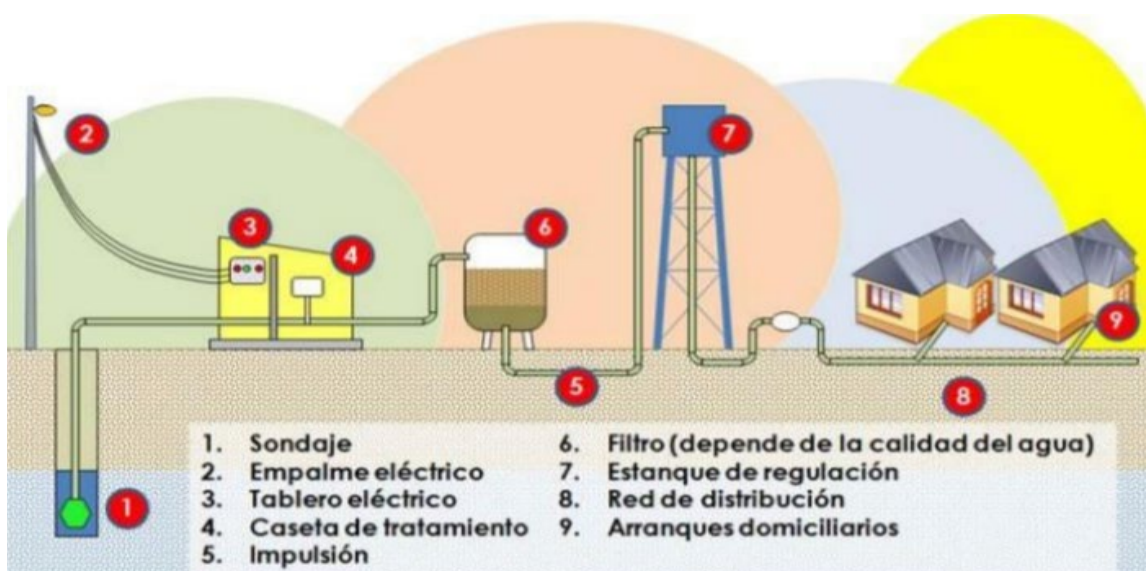


Figura 2: Esquema Sistema de Agua Potable Rural tipo. Fuente: Subdirección Agua potable rural. Desafíos de Sector Sanitario en Chile. Visión de Sector Rural, 2018.

1.3. Iniciativas de Inversión 2010-2021

En lo que respecta a las iniciativas de inversión realizadas en el país en la última década, los montos se han aumentado en general desde el 2010, pasando desde los casi 50 millones de pesos, hasta los casi 250 millones de pesos de 2021, mostrando un fuerte

compromiso de parte del gobierno en temas de fortalecimiento de servicios sanitarios rurales. El mayor crecimiento se dio entre el 2020 y 2021, aumentando en un 70% los montos, entre ley de presupuesto y fondo de emergencia transitorio (Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales, 2021).

En la Figura 3 se presenta un gráfico en donde se ilustra lo dicho anteriormente.

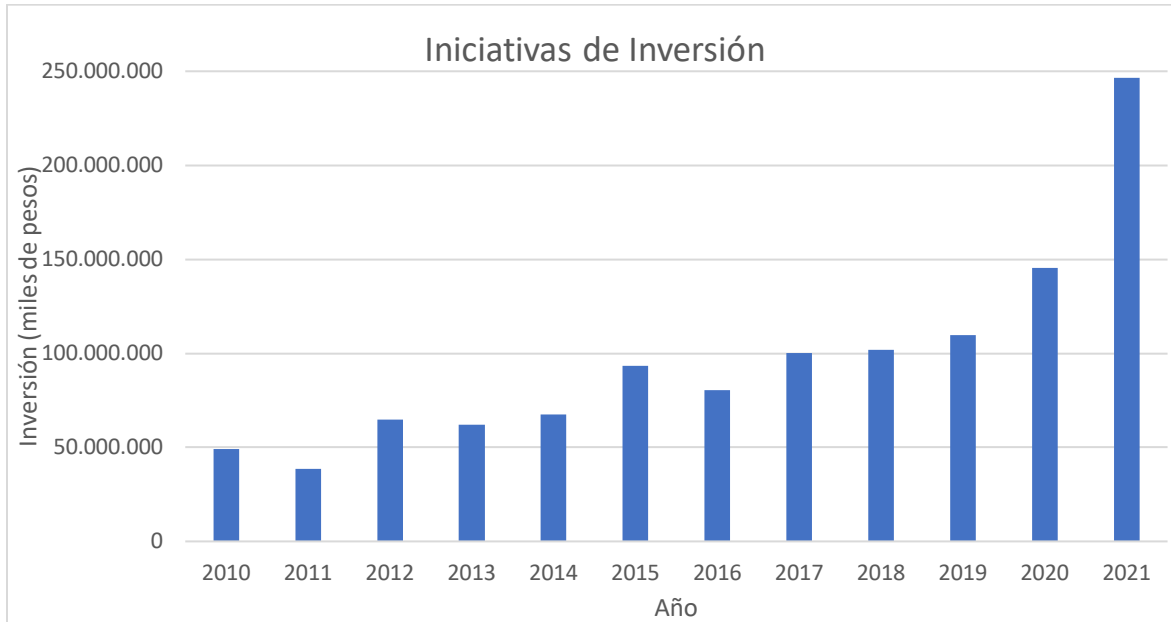


Figura 3: Serie Histórica de las iniciativas de inversión entre 2010 y 2021. Fuente: Elaboración propia, en base a datos expuestos por la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales, 2021.

1.3.1. Instalaciones, Proyectos de Mejoramiento y Ampliación 2015-2021

Año tras año se deben instalar nuevos y mejores sistemas, para así poder llegar y entregar un mejor servicio a las comunidades objetivas.

En la Tabla 1 se indica la evolución que se ha obtenido en relación con los servicios sanitarios rurales en los últimos 6 años, desde 2015 a la fecha.

Tabla 1: Evolución Periodo 2015- 2021

AÑO	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
N° de Nuevas Instalaciones	38	43	37	26	28	27	38
N° de mejoramiento y/o ampliaciones	35	26	31	29	48	28	56

Fuente: Datos extraídos de la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales, 2021.

Como las personas son lo más importante, cada año se deben aumentar los arranques en instalaciones relacionadas al agua, además de mejorar y/o ampliar los sistemas.

En la Tabla 2 se muestra la evolución que se ha obtenido en relación con los beneficiarios de los últimos 6 años.

Tabla 2: Evolución de beneficiarios periodo 2015-2021

AÑO	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
N° arranques en Nuevas instalaciones	4.934	5.372	5.363	3.898	4.573	3.277	6.085
N° arranques en mejoramiento y/o ampliaciones	11.452	7.795	12.455	12.003	23.124	13.344	22.563

Fuente: Datos extraídos de la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales, 2021.

Nota: Los arranques indicados en tabla se refieren a la cantidad total de arranques existentes en el Sistema.

1.4. Tratamiento de agua potable

No abordar correctamente la operación y mantenimiento de un sistema de agua potable puede traer consecuencias muy graves, tales como fallas operativas y/o de infraestructura, eventos de contaminación y pérdidas económicas.

A pesar del papel fundamental de la operación y mantenimiento en el suministro de agua potable segura y adecuada para zonas rurales, las funciones básicas de operación y

mantenimiento a menudo carecen de recursos suficientes, marcados por personal mal o poco capacitado y/o fondos insuficientes. (WHO, 2018).

La extracción de aguas desde las diferentes fuentes de abastecimiento se realiza mediante obras de captación que se clasifican según el origen de las aguas naturales, las cuales generalmente son dos: superficiales y subterráneas (SUBDERE, 2018).

En específico, para las regiones de Ñuble y Bio-Bío, los servicios abastecidos de agua potable con fuentes superficiales llegan al 60%, y con fuentes subterráneas son el 40% (ANDESS, 2019).

1.4.1. Fuente de abastecimiento

El crecimiento sostenido de la población mundial y el aumento del nivel sociocultural hacen insuficiente las obras realizadas (y las proyectadas en un corto plazo), pues las actuales fuentes van haciéndose incapaces de satisfacer las demandas de agua actuales. Es necesario entonces, utilizar las que están situadas a más distancia, u otras cuyas aguas requieren tratamiento más complejo para hacerlas adecuadas al consumo humano (Ruiz, 2001).

Existen dos definiciones distintas, ya que según la NCh 410, una fuente de abastecimiento es un "Recurso de agua cruda natural superficial o subterránea disponible para ser utilizada frente a una demanda. Puede ser permanente, intermitente o estacional". Por su parte, según un instructivo de la SISS, 2009, una fuente de abastecimiento es "Cada uno de los cursos y/o cuerpos de agua, de donde se extrae el agua cruda que se utiliza como materia prima en el proceso productivo del agua potable" (Echeverría, 2015)

1.4.2. Fuentes Superficiales

En esta categoría están los esteros, ríos, canales, lagunas o lagos, entre otros. La operación de captación de aguas puede ser de tipo gravitacional o a través de asistencia de estaciones elevadoras, y en lo que respecta a los factores que las influyen, se encuentran las diferentes actividades de tipo antropogénico, ya que permite a los desechos de los centros urbanos o rurales la incorporación directa o indirecta a cuerpos de agua; las condiciones climáticas causantes del contacto del agua de escorrentía con los diversos materiales del suelo, residuos de vida animal y vegetación. Por último, los eventos atmosféricos son relevantes a la hora de definir el carácter estacional en la calidad de las aguas en el país (SUBDERE, 2018).

1.4.3. Fuentes Subterráneas

Para las fuentes subterráneas, se extrae agua a distintas profundidades y de distintos acuíferos, a través de punteras, norias y pozos profundos, normalmente con sistemas de elevación. Una ventaja que poseen estas fuentes es que se encuentran bastante más protegidas de los eventos atmosféricos o climáticos y de las actividades humanas que las aguas superficiales, sin embargo, son más propensas a los efectos de la infiltración de contaminantes provenientes de distintas fuentes, tales como vertederos, actividad agrícola, tranques de almacenamiento de residuos mineros o industriales, y explotación ganadera. La contaminación producida por infiltración cobra una particular importancia en la zona rural, dado que ahí no hay soluciones de disposición sanitaria de las basuras. En general, la calidad de las aguas subterráneas se determina por procesos naturales de mineralización natural de las aguas, debido a características geológicas de los suelos y la disolución de minerales en las diferentes zonas de los acuíferos (SUBDERE, 2018).

El aumento en el grado de contaminación de las aguas subterráneas se ha transformado en asuntos de interés planetario, considerando que una vez que un acuífero se contamina, su "limpieza" se vuelve prácticamente imposible, y los procesos de remediación implica elevados costos sociales y económicos. Las investigaciones se han orientado en evaluar, en torno al agua subterránea, la calidad a través de estudios fisicoquímicos, hidrológicos (en términos espaciales y temporales que inciden en la gestión integral del recurso hídrico) y biológicos (Cerón et al, 2021).

1.4.4. Parámetros Contaminantes

Existen parámetros contaminantes presentes en aguas superficiales y subterráneas, siendo estos de distintos tipos: físicos, químicos y microbiológicos. En la Tabla 3 se presentan los contaminantes más comunes, asociados al sector rural.

Tabla 3: Contaminantes más comunes asociados al sector rural

Tipo de Contaminación	Parámetro frecuente de contaminación	Efectos más comunes	¿Presente en aguas superficiales?	¿Presente en aguas subterráneas?
Física	Turbiedad	Apariencia de agua	Si	No
Física	Color verdadero	Apariencia del agua	Si	Si
Química	pH	Corrosividad	Si	Si
Química	Hierro	Apariencia, sabor y olor	Si	Si
Química	Manganeso	Apariencia, sabor y olor	No	Si
Química	Arsénico	Salud	Si	Si
Química	Nitratos	Salud	No	Si
Química	Amoniaco	Sabor, olor	Si	Si
Química	Boro	Salud y cultivos	Si	Si
Química	Cloruros	Sabor	No	Si
Química	Sulfatos	Salud y sabor	Si	Si
Química	Sólidos disueltos totales	Salud y sabor	Si	Si
Microbiológica	Coliformes totales	Sabor	Si	Si
Microbiológica	Escherichia coli	Sabor	Si	Si

Fuente: Extraído de la nómina de parámetros de contaminación en fuentes de servicios del sector rural presente en el "Estudio de soluciones sanitarias para el sector rural".

SUBDERE, 2018.

1.4.5. Clasificación Fuentes de Captación

Chile tiene un instructivo técnico, el cual es utilizado para clasificar cinco clases de fuentes de captación en zonas urbanas de acuerdo con la calidad de sus aguas, el cual también es aplicable a las fuentes de abastecimiento en sistemas rurales. Además, con este sistema de clasificación se determinan los procesos más adecuados para la

potabilización de las aguas. En la Tabla 4 se presenta la clasificación para fuentes de captación antes mencionada:

Tabla 4: Clasificación para fuentes de captación

Clase I	En esta categoría entran las fuentes subterráneas, factibles de potabilizar solo con el proceso de desinfección.
Clase II	Corresponde a fuentes subterráneas que necesitan ser tratadas con procesos de filtración directa en lecho granular por su turbiedad y a las fuentes superficiales que requieren ser tratadas con un proceso de filtración directa.
Clase III	Comprende a: -Aguas factibles de potabilizar mediante procesos de coagulación, floculación, decantación y filtración con procesos complementarios de corrección de pH. -Aguas factibles de potabilizar con procesos complementarios de adsorción u oxidación. -Aguas factibles de potabilizar mediante combinación de los procesos antes descritos.
Clase IV	Corresponde a las aguas de fuentes superficiales de Clase III, que por altas turbiedades pueden requerir además procesos previos de presedimentación.
Clase V	Acá entran aguas que, dado los procesos anteriores, no son suficientes para su potabilización, y se deben aplicar además procesos especiales o independientes (ozonización, intercambio iónico, microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración u osmosis inversa).

Fuente: Extraído de la Nómima de parámetros de contaminación en fuentes de servicios del sector rural presente en el "Estudio de soluciones sanitarias para el sector rural".

SUBDERE, 2018.

1.5 Tratamiento de aguas servidas

La población mundial aumenta constantemente. Hoy en día existen 7.875 millones de personas (UNFPA, 2021), las cuales deben consumir agua diariamente para poder sobrevivir. En todos los países, ciudades, pueblos y localidades el agua se desperdicia por los consumidores en diversas situaciones, como por ejemplo las tuberías dañadas, baños en mal estado y conexiones deficientes. Además, se requiere agua para las diferentes procesos y actividades que se realizan en empresas, procesos e industrias, principalmente a nivel urbano. Lo anterior sólo representa una parte del problema, ya

que la contaminación de las aguas usadas tanto en industrias como domicilios es otra y bastante más compleja de tratar (Lahera, 2010).

En ese sentido, es vital el correcto funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS). Hoy en día, las PTAS se deben idear para satisfacer continuamente la demanda existente, con altos estándares para obtener un agua de cierta calidad, según normativa para ser vertidos a los cauces naturales. Para alcanzar ese objetivo, se deben considerar cuatro factores: la correcta selección de fuente de agua, la protección de la calidad del agua, los métodos de tratamiento por aplicar en el proceso y la prevención de la contaminación. Para el último punto, no se permite la descarga de alcantarillados sanitarios y pluviales cerca de un embalse de agua, se restringe la aplicación de plaguicidas y fertilizantes en áreas que drenan al embalse, y surge la idea de instalar cercas para imposibilitar la contaminación por uso recreativo.

En relación con los tipos de tratamiento, estos se pueden dividir en tres: Convencionales, No Convencionales y Emisarios Submarinos:

Los sistemas convencionales son los más utilizados en Chile, y son aquellos que involucran mecanización. Acá están inmersos variados sistemas, y se distribuyen de acuerdo con el cultivo tratado. Se pueden clasificar como:

- Cultivo Suspendido como Lodos activados.
- Cultivo fijo como biofiltros, biodiscos, etc.
- Lagunas Aireadas.

A abril de 2007, en Chile existían 177 plantas de tratamiento en base a Lodos Activados o Lagunas Aireadas, seguido de los sistemas No Convencionales con 18 lagunas de estabilización, biofiltros y lombrifiltros, y por último existían 32 emisarios submarinos (Osorio, 2014). Mientras que a diciembre 2019 se reportó un total de 300 sistemas de tratamiento de aguas servidas operativos. En relación con la distribución regional de los distintos sistemas de tratamiento de aguas servidas operativos podemos indicar que en la Región Metropolitana se concentran la mayor cantidad, con 34 PTAS, seguida por la Región del Biobío con 33 (SISS, 2019).

En los últimos años, debido a la escasez de agua fresca, la imperiosa necesidad de proteger el medio ambiente y obtener algún tipo de ganancia económica con las aguas residuales, es que se ha promovido internacionalmente el reuso controlado de efluentes, sobre todo en territorios apartados de los grandes centros urbanos. (Parra & Chiang, 2013).

1.5.1. Esquema típico de planta de aguas servidas

En la Figura 4 se ilustra un esquema típico de una planta de tratamiento de aguas servidas rural.

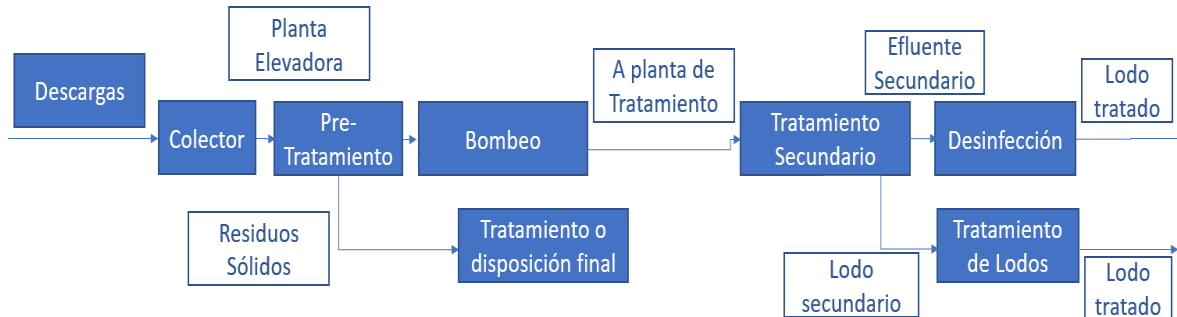


Figura 4: Configuración típica de una planta de tratamiento de aguas servidas rural.

Fuente: Elaboración Propia, en base a Cerda, 2013.

Como en el esquema de la Figura 4 existen distintos procesos de tratamiento en una planta rural:

- El primero es el tratamiento preliminar o Pre-Tratamiento, el cual consiste en retener elementos que dificulten las siguientes etapas del proceso, como, por ejemplo: aceites, arena, grasas, sólidos gruesos, plásticos y ramas. Estos tres últimos, pueden provocar serios destrozos en las instalaciones. Para la extracción de la arena se utiliza un desarenador, y así se evita la abrasión de tuberías. Con relación a las grasas y aceites, éstos pueden interferir en el funcionamiento de equipos y tuberías. El pretratamiento más usado es el uso de rejillas, incluyendo a más de un tamiz o usando rejillas, siendo manuales o automáticas.
- Luego ocurre el tratamiento secundario, el cual es considerado clave dentro de la planta. Consiste en la utilización de organismos biológicos, y tiene por objetivo la remoción de materia orgánica disuelta, medida como la fracción de tipo soluble de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Este tratamiento además incluye las siguientes dos etapas:
 - La desinfección, en la cual inactiva los organismos patógenos para el ser humano. Se utiliza como indicador el número de coliformes fecales por 100 ml, cuya norma de emisión es de 1000 coliformes, equivalente a la norma de calidad de agua para usos recreacionales (Vera, 1998). Los métodos por usar en esta etapa son variados y todos con la capacidad de eliminar organismos patógenos: cloración (gas cloro o hipoclorito) y

posterior decloración como alternativa (remoción del cloro que queda antes de descargar el efluente al medio ambiente, disminuyendo la toxicidad a los peces), ozono o rayos ultravioleta (UV).

- Generación de lodos secundarios, para su posterior tratamiento, en donde se busca estabilizar (mediante proceso biológico aeróbico o anaeróbico) los lodos biológicos, y así eludir una degradación natural y el negativo impacto que tienen en el medioambiente (emisión de metano, malos olores y ácido sulfhídrico).

1.5.2. Tecnología de Tratamiento de Aguas Servidas en zonas rurales

En lo que respecta a los números, la tecnología de Tratamiento de Aguas Servidas de tipo rural más utilizada sigue siendo la de Lodos Activados, con un 72%, seguido de lejos por la fosa séptica, con un 9%. En tercer lugar, se encuentran los lombrifiltros, con un 8% respecto del total.

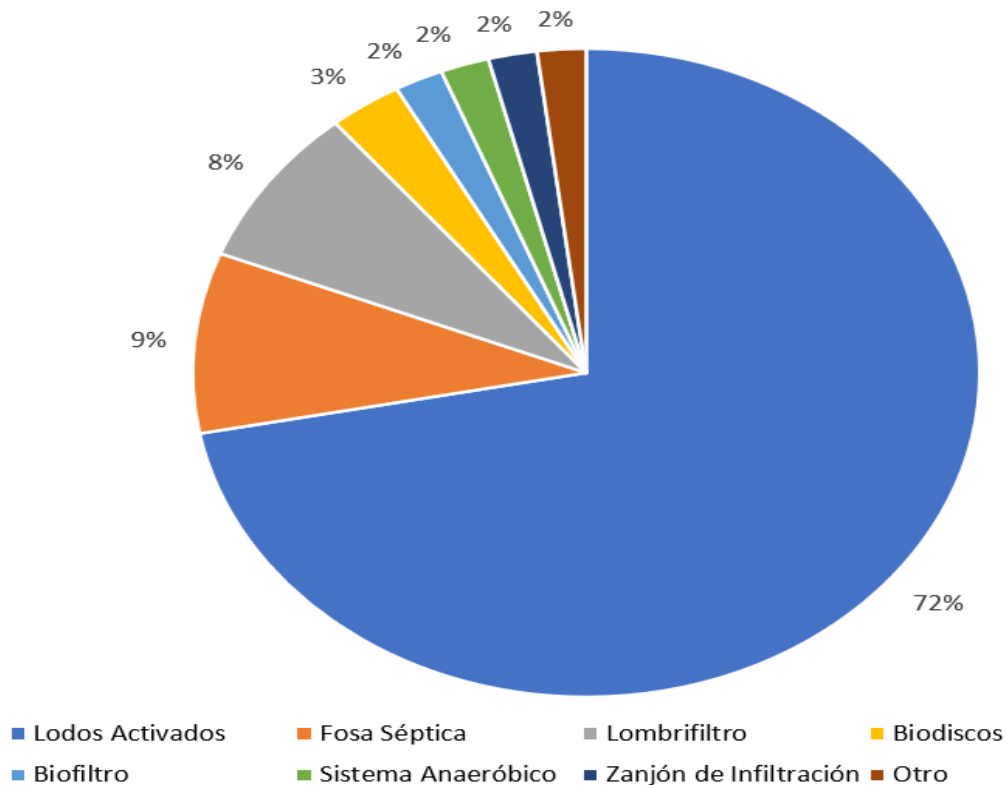


Figura 5. Participación porcentual de tecnologías de tratamiento aplicada en las PTAS de zonas rurales en Chile. Fuente: Vera et al. 2016.

1.6. Planes de Seguridad del Agua (PSA)

Los peligros para la seguridad del agua potable en la cuenca deben ser analizados de forma íntegra y detallada, es decir, desde la captación del agua hasta la distribución a los hogares generalmente a través de grandes tuberías, convirtiendo a los PSA en una forma efectiva para el correcto desarrollo del proceso hídrico en una ciudad o localidad (Monteiro, 2015).

1.6.1. Descripción de un PSA

Un PSA es una herramienta que está centrada en la gestión del riesgo, y tiene como principal objetivo garantizar sistemáticamente la aceptabilidad y seguridad del agua de consumo suministrada por un determinado sistema de abastecimiento. (International Water Association, 2009).

Otra definición, para complementar a la anterior, dice que los PSA "son un instrumento preventivo que permiten identificar y priorizar los peligros y riesgos en el sistema de abastecimiento de agua potable, desde la cuenca de captación hasta el consumidor. Con ello se busca cautelar un suministro de agua para consumo humano en cantidad y calidad compatible con los requerimientos de protección de la salud de las personas, y también asegurar un adecuado abastecimiento de agua para otros usos, como riego, energía, industria y acuicultura, entre otros." (Baeza et al., 2018).

Tanto en países en vías de desarrollo como los que ya alcanzaron ese nivel, los puntos de partida para establecer patrones de calidad del agua, incluyendo los microbiológicos, son las Directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Estos lineamientos son, en su mayoría, evaluaciones de riesgos para la salud y se basan en la mejor evidencia disponible hasta ese momento, sumado a una gran participación y posterior consenso entre expertos en el ámbito científico (Bartram, 2001).

1.6.2. Elaboración y aplicación de un PSA

Con relación a un PSA, el planteamiento para la elaboración y aplicación para cada sistema de abastecimiento de agua de consumo es ilustrado en la Figura 6.

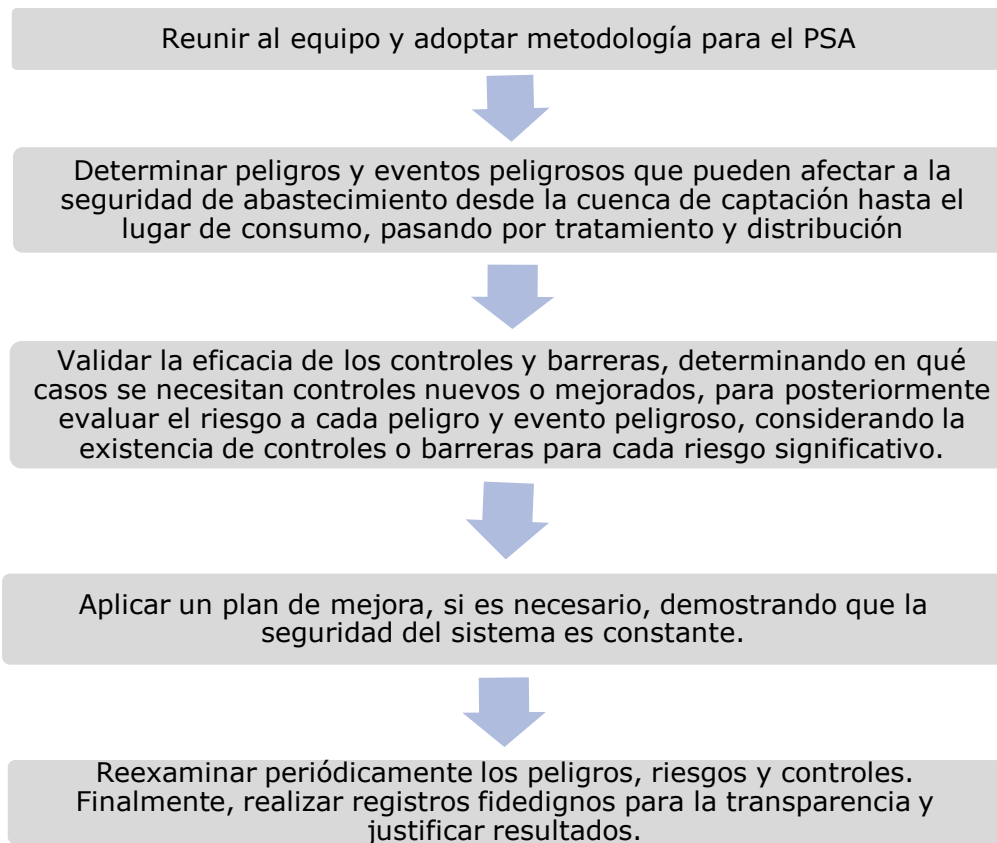


Figura 6: Esquema resumen de la elaboración y aplicación de un PSA. Fuente: OMS, 2010.

1.6.3. Ventajas y Barreras asociadas a una implementación de PSA

Existen varios estudios y experiencias de implementación de los PSA que han evidenciado las ventajas, barreras o desafíos para su implementación. Baeza et al (2018) realiza una revisión bibliográfica que recopila estas experiencias y resumen las más relevantes (Tabla 5).

Tabla 5: Ventajas y Desventajas de un PSA

Ventajas	Barreras
Mejora la calidad, acceso y apariencia del agua potable, además de permitir un cumplimiento mayor en las regulaciones asociadas al recurso hídrico, sumado a la continuidad del servicio.	Resistencia al cambio, deficiente comunicación, personal líder no involucrado, falta de conciencia, barreras culturales y disputa con otros proyectos.
Conocimiento más acabado sobre los riesgos entre los operadores de agua.	Considerado como una carga adicional al trabajo ya existente para el personal.
Identificación de peligros y priorización de recursos sobre puntos de control. Posibilidad de discutir acciones de mejora a corto, medio y largo plazo.	Toda la organización, especialmente el grupo técnico, debe ser activos en el proceso.
Como sistema de gestión, el documentar requiere un buen desarrollo de procedimientos explícitos y bien definidos.	La escasez de datos causado por la poca cultura de recopilar y almacenar datos.
Permite una fluida comunicación entre operador/proveedor, autoridades y otras partes interesadas, además de permitir una buena inspección de la autoridad.	Limitaciones de costo/tiempo. (miedo de los proveedores de tener que invertir nuevamente), además de falta de políticas de apoyo y existencia de contexto regulatorio.
Cambios en la estructura de organización. Hay una mejor comprensión de procesos técnicos dentro del personal, además de valorizar el trabajo en equipo.	En algunos países se describe la poca vigilancia en salud pública para identificar incidentes de enfermedades y cuantificar los efectos del PSA en el control de estas.
Reducción de costos en el tratamiento del agua, debido a un aumento en la eficiencia de la operación del proceso.	La poca protección de cuencas, causado por usuarios y actividades asociadas, y de zonas de captación.
Mayor satisfacción en consumidores, aumentando la confianza en estos y por consiguiente una baja en los reclamos	Falta o poco acceso de apoyo técnico, además de falta para capacitaciones constantes.

Fuente: Baeza et al., 2018.

1.6.4. PSA en el mundo

Los PSA se han implementado durante varios años y en muchas regiones del mundo, incluyendo a Europa, América del Norte, el sudeste de Asia, África, el Pacífico oeste, diversos países de Latinoamérica y África (Vidal et al., 2009).

La aceptación de un PSA en los países de ingresos bajos y medianos (PIBM) en general ha aumentado, aunque todavía existe preocupación sobre la adopción en algunas regiones, como por ejemplo el continente africano (Kanyesigye, 2019, como se citó en Herschan et al., 2020). Aquí se expuso la necesidad de una mayor comprensión sobre los beneficios asociados con la implementación de un PSA (Williams, 2008, como se citó en Herschan et al., 2020).

Los suministros pequeños de agua potable se definen generalmente por distintos criterios, como, por ejemplo:

- Población atendida.
- Volumen de agua suministrado.
- Número de conexiones de servicio
- Tipo de tecnología del suministro.

A continuación, se presentan dos casos de estudios breves en distintos lugares del mundo, sobre evaluaciones locales de vulnerabilidad climática y cómo se relacionan con un PSA:

1. East Bay, California, Estados Unidos: La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) publicó una evaluación realizada por el Distrito Municipal de Servicios Públicos de East Bay sobre su vulnerabilidad al cambio climático. Dos estudios paralelos llegaron a importantes conclusiones, como, por ejemplo, que la nieve se derretirá más temprano en la temporada. Los cambios en la precipitación anual total y los impactos en las sequías no fueron concluyentes, pero se predijo un escenario con una mayor frecuencia y duración de las sequías. Se informó que la variabilidad en el clima en general aumentaría. Toda esta información podría ser utilizada para desarrollar planes con el fin de abordar el impacto de las inundaciones, aumento del nivel del mar, aumento de temperatura y las sequías a través de la reducción de precipitaciones en el suministro de agua.
2. Bajo Mekong, Tailandia y Laos: La ONG START International realizó un estudio con modelos hidrológicos de cada subcuenca, para evaluar los impactos del

cambio climático en el valle del río Mekong, centrándose en los afluentes de Tailandia y Laos. El estudio mostró que el número de días calurosos (definidos como superiores a 33 ° C) podría aumentar hasta en dos a tres semanas por año. El estudio también proyectó posibles aumentos en las precipitaciones, entre 10% y 30%, especialmente en las regiones orientales y bajas de Laos. El estudio también postuló que la mayoría de las subcuencas tendrían mayores descargas fluviales, aunque en años con sequía los vertidos pueden ser menores. Esta información tiene consecuencias para la disponibilidad de agua, probabilidad de inundaciones y demanda de agua (WHO, 2017).

No obstante, no existe una definición acordada en la comunidad internacional. Los suministros pequeños de agua potable se diferencian de los más grandes en función de sus disposiciones operativas y de gestión. (UNECE, 2011, como se citó en Herschan et al., 2020).

A continuación, en Tabla 6 se expone un resumen con ejemplos de PSA de diferentes países, en donde se define la fuente de agua captada (si es superficial, subterránea o una mezcla de ambas), si el sistema es rural o urbano y las conclusiones y resultados obtenidos de la aplicación del PSA en ese territorio.

Tabla 6: Resumen de ejemplos de Planes de seguridad del agua aplicados

País; Sistema agua potable urbano o rural	Tipo de agua captada (subterránea, superficial)	Resultados y conclusiones del PSA aplicado
Australia; Urbano	Fuentes aguas superficiales y subterráneas.	<ul style="list-style-type: none"> -Reducción tasa de incidentes hasta menos de 1/año. -PSA sometidos a revisión profunda cada 2 años.
Inglaterra y Gales; Urbano	70% es fuentes superficiales y 30% de aguas subterráneas.	<ul style="list-style-type: none"> -Durante los tres primeros años de la ejecución del PSA, la autoridad reguladora orientó y asesoró sobre su desarrollo, pero no instauró una metodología PSA. Instó a las empresas a desarrollar sus propios PSA. En general, desde 2004, las empresas de agua implementaron un PSA. Es una industria compleja pero bastante avanzada en comparación a otros países.
Nigeria; Rural	Fuentes superficiales y subterráneas.	<ul style="list-style-type: none"> -Las fuentes de agua producen agua relativamente limpia, y prácticas de gestión del agua son relativamente segura, excepto algunas comunidades. -Re-contaminación de la fuente de agua durante transporte y almacenamiento siguió siendo la principal dificultad para garantizar el consumo de agua potable.
Fiyi; Rural	Fuentes subterráneas	<ul style="list-style-type: none"> -Mejor capacidad de comités locales para comprender sus sistemas de suministro y en la identificación de riesgos clave para el suministro de agua potable. -Ppal. peligro monitoreado: Rotura tuberías transporte. -Cinco temáticas destacadas: Documentación, identificación y ex. de riesgos, seguridad del agua, seguridad hídrica y asistencia técnica y de capital. -Procesos de PSA son sostenibles, pero deben ser adaptados a aldeas y comunidades.
Uganda; Urbano	Fuente superficial (Lago Victoria).	<ul style="list-style-type: none"> -Uso de mapas de riesgo ayuda a la identificación de eventos peligrosos en sistema de distribución, mejorando la gestión en seguridad del agua. -Respaldo de alta dirección esencial para actividades en pro del servicio, y trabajo intenso y bien hecho entre comunidades y servicios públicos. -Aplicación de PSA rentable y costos más bajos de control de calidad.
Singapur; Urbano	Distintas fuentes de agua según empresa.	<ul style="list-style-type: none"> -Proveedores deben implementar un PSA para presentar al Director General de Servicios Públicos de la NEA (Agencia Ambiental Nacional) para aprobación antes de ser implementado. Si encuentra fallas se debe cambiar y presentar otra vez.

Fuente: International Water Association, 2009; WHO, 2010; MDG FUND, 2013; Ekwere et al., 2020; Gatto D'Andrea, 2011; String et al., 2020; Howard et al., 2017; ONU, 2015; WHO, 2017; WHO, 2018.

1.6.5. Planes de seguridad del agua en Chile

En Chile no hay ejemplos claros de la aplicación de un PSA. El único caso que se puede mencionar ocurrió en el sur, entre los años 2019 y 2020, específicamente en los sectores de Trapén, Chinquihue Alto y Panitao, conformando el Sistema APR Trachipán, ubicado en la región de los Lagos.

En esa oportunidad, el Concejo Municipal de la ciudad subvencionó \$30 millones de pesos para la extensión de la red del comité, incluyendo la instalación de tuberías de 90 milímetros y conexión con medidor para cada hogar, existiendo 40 nuevas familias beneficiadas, pertenecientes a distintas JJ.VV.

El resultado final de este ejemplo de PSA fue que 8 juntas de vecinos involucradas de todos los sectores ya mencionados se vieron beneficiadas, abarcando a más de 1.600 familias en total, mejorando así notablemente su calidad de vida, y terminando con largos años de uso de pozos o de agua entregada por camiones aljibes (Municipalidad de Puerto Montt, 2019).

1.7. Planes de Seguridad de Saneamiento

El aumento del estrés hídrico, sumado a una urbanización cada día más desarrollada, obligan a las personas a utilizar aguas residuales como un suministro alternativo, especialmente para el riego en agricultura. Aunque esta modalidad es usada en muchas partes del mundo y tiene una larga historia y tradición, sin un tratamiento adecuado y con medidas de protección deficientes, el uso de aguas residuales presenta grandes riesgos para el medio ambiente y sobre todo para la salud humana (Winkler et al., 2017).

Sobre lo anterior, y así como se encuentra un Manual para el desarrollo de PSA, la OMS publicó un manual de PSS, el cual brinda orientación práctica paso a paso para ayudar en la implementación sobre un uso seguro de aguas residuales, excretas y aguas grises publicadas en el 2006. Sin embargo, el enfoque y herramientas en el manual pueden aplicarse a todos los sistemas sanitarios para garantizar que el sistema cumpla con los objetivos de salud.

La planificación de la seguridad del saneamiento (PSS) es una herramienta de gestión basada en el riesgo para los sistemas de saneamiento, permitiendo a los distintos usuarios:

- Identificar y gestionar continuamente el riesgo para la salud a lo largo de la cadena de saneamiento;

- Encaminar la inversión basada en riesgos reales a fin de promover los beneficios para la salud y disminuir al máximo los impactos adversos en la salud;
- Brindar garantías al público y autoridades respecto a la seguridad de los servicios y productos asociados al saneamiento. (OMS, 2016).

Los encargados de desarrollar un PSS deben lograr eliminar ciertas percepciones sobre la dificultad de implementar este plan. Por ej.:

- Los servicios públicos incurrirán en un alto costo de desarrollo del plan.
- Es una carga de trabajo adicional.
- Un PSS es un plan que debe desarrollar sí o sí un consultor externo contratado, entre otros factores (Bakir, 2020).

1.7.1. Descripción de un PSS y su relación con el Convenio de Estocolmo

Como es en el caso de los PSA, los PSS son una herramienta de gestión basada en el riesgo para los sistemas de saneamiento. Se basan en el marco de Estocolmo para la evaluación y gestión preventiva de riesgos y usa métodos y procedimientos del APPCC (Análisis de peligros y de puntos críticos de control).

El Convenio o Marco de Estocolmo está relacionado con los peligros microbiológicos y su interacción en el agua, proporcionando el marco conceptual de las directrices de la OMS de 2006, siendo sus elementos claves:

- La evaluación de los riesgos y la salud pública;
- Los objetivos de salud;
- El riesgo aceptable y la gestión del riesgo basada en la exposición ambiental informada (OMS, 2016).

El manual asociado, creado por la OMS, se centra en el uso seguro de residuos, y está ideado para distintos usuarios, desde gerentes de empresas públicas de alcantarillado hasta ciertas Organizaciones No Gubernamentales (ONG), autoridades locales, reguladoras, de salud, empresas públicas de alcantarillado, de saneamiento, agricultores y organizaciones pertenecientes a la comunidad. Un PSS permite reunir a actores de sectores diferentes para identificar riesgos para la salud en el sistema de saneamiento y llegar a un acuerdo sobre las mejoras y el monitoreo regular.

Un PSS consta de seis módulos presentados en la Figura 7.



Figura 7: Esquema resumen de la elaboración y aplicación de un PSS.

Fuente: OMS, 2016.

1.7.1. Ejemplos de PSS a nivel mundial:

En la Tabla 7 se muestran ejemplos de ciudad y país donde se aplica el PSS, las características del PSS y las organizaciones que se encuentran involucradas:

Tabla 7: Planes de seguridad de saneamiento aplicados internacionalmente.

Ciudad y País	Características del PSS	Organizaciones involucradas
Bangalore, India	En sitios de eliminación de desechos sólidos se incluye la producción agrícola a pequeña escala	Consejo municipal de Devanahalli y Suministro de agua urbana de Karnataka
Hanoi, Viet Nam	2 sitios en donde se usan aguas residuales tratadas: En sistemas de agricultura y en una planta municipal de compostaje orgánico	Para el sitio 1: Suministro de agua de Hanoi, y para el sitio 2: Planta de compostaje orgánico
Kampala, Uganda	Recolección y tratamiento de aguas residuales, con posterior descarga de desechos sanitarios en un área determinada de cultivo de humedales, usando el efluente y aguas residuales crudas combinadas para riego	Autoridad de la ciudad capital de Kampala y la Corporación Nacional de abastecimiento de agua y alcantarillado
Baliwag y Quezon, Filipinas	Tratamiento y eliminación de residuos de lodos fecales en dos sitios	Distrito de Agua de Baliwag; y Compañía de Servicios de agua Maynilad
Benavente, Portugal	Sistema de saneamiento y alcantarillado entre ciudades que incluye sistema de recolección de lluvias, plantas de tratamiento de aguas residuales, reutilización de efluentes agrícolas.	Municipio de Benavente y empresa responsable del sistema de saneamiento y abastecimiento de agua, que atiende a siete municipios de Portugal.
Lima y Distrito de Lurigancho, Perú	-Sitio de Lima: En parque público (Parque Zonal Huáscar) ocurre el riego de aguas residuales tratadas. -Sitio del distrito de Lurigancho: Aguas residuales de río contaminado, también con aguas residuales, usadas para agricultura de forma indirecta, incluyendo usos como piscicultura.	-Sitio de Lima: Servicios de parques de la ciudad. -Sitio del distrito de Lurigancho: Junta de usuarios del río Rimac

Fuente: Winkler, 2017.

En cuanto a algún caso de PSS aplicado en Chile, no existen registros oficiales de que se haya realizado o se tenga proyectado realizar.

1.8. Similitudes y diferencias entre PSA y PSS

A grandes rasgos, los PSS generalmente operan en un entorno normativo que se encuentra menos definido, con objetivos variados, con más grupos de interés y abordando distintos grupos expuestos. Para mayor detalle de las similitudes y diferencia entre los PSA y PSS se presentan la Tabla 8 y 9, respectivamente.

Tabla 8: Similitudes entre PSA y PSS

FACTOR	PSA	PSS
Referente	OMS, a través de guías para la calidad del agua potable	OMS, a través de las Directrices entregadas para el uso seguro de aguas residuales, excretas y aguas grises.
Aplicación	Aplica la gestión del riesgo, APPCC y el marco de Estocolmo	
Componentes esenciales	1: Evaluación del sistema; 2: Monitoreo; 3: Gestión	
Saneamiento	Sigue la cadena del abastecimiento del agua de bebida	Sigue la cadena del saneamiento

Fuente: Extraído del Manual para el uso y la disposición segura de aguas residuales, aguas grises y excretas. OMS, 2016.

Tabla 9: Diferencias entre PSA y PSS

FACTOR	PSA	PSS
Grupos expuestos a los peligros microbiológicos, físicos y químicos	Sólo un grupo de exposición (consumidores del agua de bebida)	Múltiples grupos expuestos
Procesos abarcados	Desde la captación del agua hasta el punto de entrega del agua de bebida	Desde la generación de residuos hasta el uso y descarga en el ambiente
Marco normativo asociado	Usualmente opera con un marco normativo bastante claro	Usualmente no tiene un marco normativo claro – los roles y responsabilidades los comparten diferentes sectores y niveles
Objetivos	Asegurar de manera consistente la seguridad y aceptabilidad del abastecimiento del agua de bebida y reducir el riesgo de contaminación del agua de bebida	Reducir los impactos negativos a la salud, derivados del uso de aguas residuales, excretas o aguas grises y maximizar los beneficios de su uso
Entidad ejecutora	Empresa de agua o asociación comunitaria en los sistemas de abastecimiento pequeños	Varía dependiendo de los objetivos, habilidades y recursos

Fuente: Extraído del Manual para el uso y la disposición segura de aguas residuales, aguas grises y excretas. OMS, 2016.

1.9. Normativa aplicable al agua potable en el sector rural

La ley más importante para los SSR es la 20.998/2017 del Ministerio de Obras Públicas, con su respectivo nuevo reglamento (Decreto 50/2020). En cuanto a fiscalización del agua potable, esto corresponde al Ministerio de Salud, utilizando el Reglamento de los

Servicios de Agua Potable Destinados al Consumo Humano, oficializado mediante el D.S. N°735/1969 del Ministerio de Salud. Para el año 2006, se introdujeron modificaciones a ciertos artículos, actualizando algunos requisitos, conforme a las Guías para la Calidad del Agua Potable Vol. 1 1995 de la OMS a la Norma Chilena NCh409/1. Of. 2005. La última norma, resume los requisitos de calidad exigidos por la autoridad sanitaria que deben cumplir los servicios de APR (SUBDERE, 2018).

1.9.1. Ley 20.998 y su Reglamento

La presente ley tiene por objeto establecer un marco institucional y jurídico que pueda regular la prestación de servicios sanitarios rurales, entendiéndose por tal la provisión de agua potable, así como la recolección y tratamiento de aguas servidas (BCN, 2017).

Esta nueva ley establece el siguiente marco regulatorio:

- El MOP, además de velar por el abastecimiento de agua potable, deberá abordar el saneamiento de aguas servidas en zonas rurales.
- Crea la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales (SSR), entidad dependiente de la DOH, la cual asume tareas como gestión de proyectos de inversión, de forma directa o indirecta, y asesoría a la administración y operación de los SSR. Además, la SISS deberá ejercer labores de fiscalización y fijar tarifas para todos los sistemas de SSR.
- Se constituyen Consejos Regionales y Consejo Consultivo nacional para que la Subdirección consulte respecto de las políticas de asistencia y asesoría.
- Reconoce a las organizaciones sociales que presten servicios sin fines de lucro y hayan recibido un aporte del Estado (hoy cooperativas y comités de agua potable rural que están encargados de diferentes tareas, tales como adquisición de insumos, cloración del agua y cobro por el servicio), como los encargados de la administración y operación de los servicios. Para ello, pasarán a ser Licenciarios por tiempo indefinido, luego deberán inscribirse en el Registro administrado por el MOP, y también cumplir ciertas obligaciones y requisitos en materias contables, operacionales y administrativas (DOH, 2020).

Con relación a las principales características de la ley 20.998, es que le da institucionalidad al sector sanitario rural, se cambia APR por SSR, y se crea el concepto de asesoría y fiscalización.

Además, la SISS tendrá tres nuevos roles, los cuales son:

- Calculará las tarifas: La SISS debe fijar y regular las tarifas para cada servicio, por una vigencia de 5 años, reajustables cada año de acuerdo con el IPC. Además, se considera la información de gastos incurridos en los últimos 3 años. Finalmente, se establece un fondo de reinversión y reposición de infraestructura de largo plazo para los servicios medianos y mayores.
- Ejercerá atribuciones y facultades fiscalizadoras.
- Podrá aplicar multas por Incumplimiento a lo establecido en Ley 20.998: La SISS puede aplicar multas entre 0 a 100 UTM, siendo el primer intervalo entre 0 y 20 UTM, luego 5 a 50 UTM, y finalmente entre 5 y 100 UTM, cada intervalo con distintos niveles de gravedad, refiriéndose el primer intervalo a no acatar plazos y obligaciones, y el más grave se relaciona a la afectación en la calidad, cantidad y continuidad del servicio (SISS, 2021).

El reglamento de la ley antes mencionada fue aprobado y publicado, luego de muchos meses, a finales de octubre de 2020 en el Diario Oficial, entrando en vigor unas semanas después. El reglamento establece una modificación radical en la forma de administración y gestión de los actuales sistemas de Agua Potable Rural (APR), así como el rol que ha desarrollado el MOP a través del Programa de APR de la DOH y la SISS. Así a partir de noviembre de 2020, todos los sistemas de APR del país están bajo la tutela del MOP.

1.9.2. Registro de Operadores

Es un sistema de información que abarca los datos correspondientes a organizaciones comunitarias que tienen a su cargo la administración de los servicios ya citados, debiendo contar con una "Licencia" otorgada por el MOP. Se podrá solicitar inscripción, actualización y modificación de los antecedentes mostrados.

Los Operadores se clasifican en tres tramos, según la población que abastecen:

- a) Menor, hasta 300 arranques
- b) Mediano, entre 301 y 600 arranques inclusive.
- c) Mayor, de 601 o más arranques. (Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales, 2021).

1.9.3. Decreto Supremo 735: Reglamento de los servicios de agua destinados al consumo humano.

Sobre el DS 735, el cual relaciona la calidad del agua potable para el consumo y salud humana, existen 29 artículos, pero para efectos de esta investigación sólo se mencionarán y explicarán los tres más importantes.

Según el Artículo 4, corresponde al Servicio Nacional de Salud comprobar las condiciones sanitarias de todo servicio de agua potable, vigilar su funcionamiento y hacer cumplir las disposiciones del presente Reglamento, sin perjuicio de las atribuciones de los Ministerios de Obras Públicas y Transportes y de la Vivienda y Urbanismo.

El Artículo 7 clasifica las aguas en cuatro grupos de acuerdo con el tratamiento que requieran: Aguas que requieran de simple cloración o su equivalente, aguas que requieren de tratamiento completo de filtración con cloración ulterior, aguas que requieren de tratamiento auxiliar, además de filtración y cloración, aguas que requieren de almacenamiento preliminar prolongado.

Finalmente, el Artículo 8 limita concentraciones límites de sustancias nocivas en el agua destinada al consumo humano, como máximo 0,05 mg/l de Arsénico, 0,01 mg/l de Plomo, entre otros (MINSAL, 1969).

2. PREGUNTA DE INVESTIGACION

En función de la revisión bibliográfica expuesta y lo aprendido en este marco teórico, los PSA y PSS son buenas herramientas de gestión de riesgos para apoyar los servicios sanitarios urbanos y rurales de cualquier tamaño. Es por esto por lo que en este estudio se busca identificar claramente las problemáticas del SSR en Villa Mercedes, como caso de estudio, a través de un enfoque asociado a ambas metodologías (PSA y PSS).

Además, se muestra una problemática importante en la localidad, en lo que respecta a la seguridad del agua y sus consecuencias en la salud de la población. Dado lo anterior, es que en este estudio se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son los peligros y eventos peligrosos más relevantes asociados al Servicio Sanitario Rural (SSR) de Villa Mercedes?

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar el Servicio Sanitario Rural de Villa Mercedes, a través del enfoque de PSA y PSS.

3.2. Objetivos específicos

- 1).- **Analizar** el Servicio Sanitario Rural en la localidad de Villa Mercedes.
- 2).- **Determinar** los peligros y eventos peligrosos asociados al Servicio Sanitario Rural en la localidad de estudio.
- 3).- **Proponer** medidas de mejoras para el Servicio Sanitario Rural en la zona en estudio.

4. METODOLOGÍA

4.1. Área de estudio

La localidad de estudio (Villa Mercedes) está en la comuna de Quilleco, la cual cuenta con una población de 9.587 habitantes: 4.720 hombres (representando un 49,2% del total) y 4.867 mujeres (siendo 50,8% del total de habitantes), la mayoría inmersos en un ámbito de empresas forestal y con una economía altamente dependiente de la agricultura, a la luz de los recientes datos entregados por el Censo 2017 y otras fuentes estadísticas. En lo que respecta a las viviendas de la comuna, son 3.880 las que existen, de las cuales el 67% tiene conexión a una red pública de agua (INE, 2017).

Villa Mercedes es una localidad perteneciente a la comuna de Quilleco, provincia del Biobío, Región del Biobío. Tiene una superficie de 116,2 km² y una población total de 4.303 personas, de las cuales 3.517 son parte de la población urbana y 786 pertenecen al ámbito rural. Existen 1.613 viviendas, siendo 1.290 urbanas y 323 rurales (INE,2019).

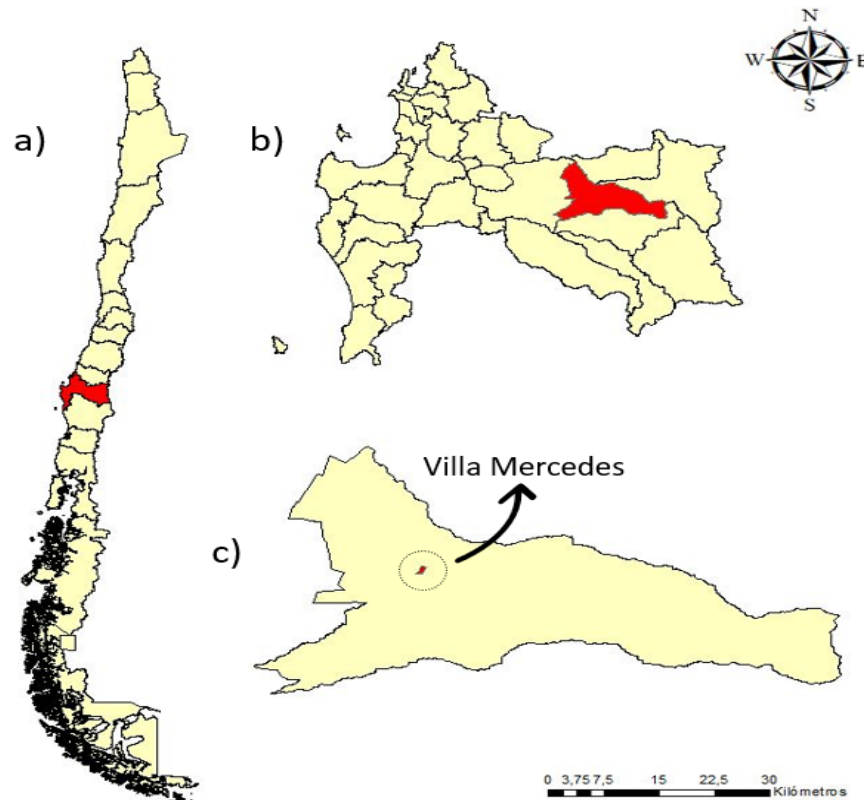


Figura 8: Localización. En a) se ilustra la Región del Bio-Bío, en b) la comuna de Quilleco y en c) Villa Mercedes. Elaborado con Software ArcGIS, en base a BCN, 2019; IDE, 2019.

4.2. Red Hídrica de Villa Mercedes

La Comuna de Quilleco pertenece a la cuenca hidrográfica Río Biobío, de 24.368,8 km² y en la subcuenca hidrográfica del Río Duqueco, con 1.710,8 km². Es atravesada de oriente a poniente por el río del mismo nombre, Estero Paulín, Estero Cañicura, Río Quilleco, Río Raninco, Estero Quilleco y Río Coreo (Municipalidad de Quilleco. 2018). La Figura 9 ilustra la red hídrica correspondiente al sector de Villa Mercedes y alrededores.

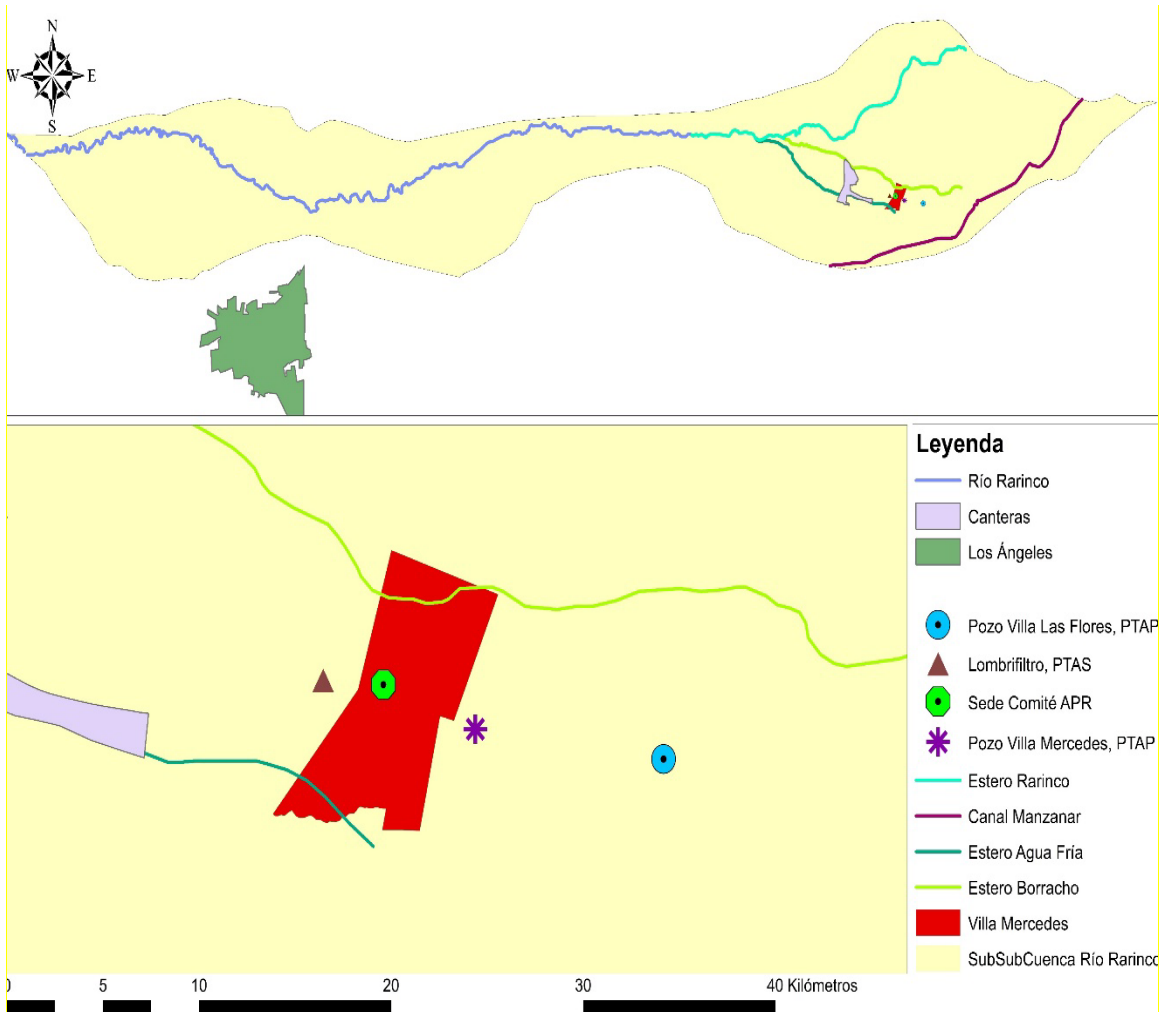
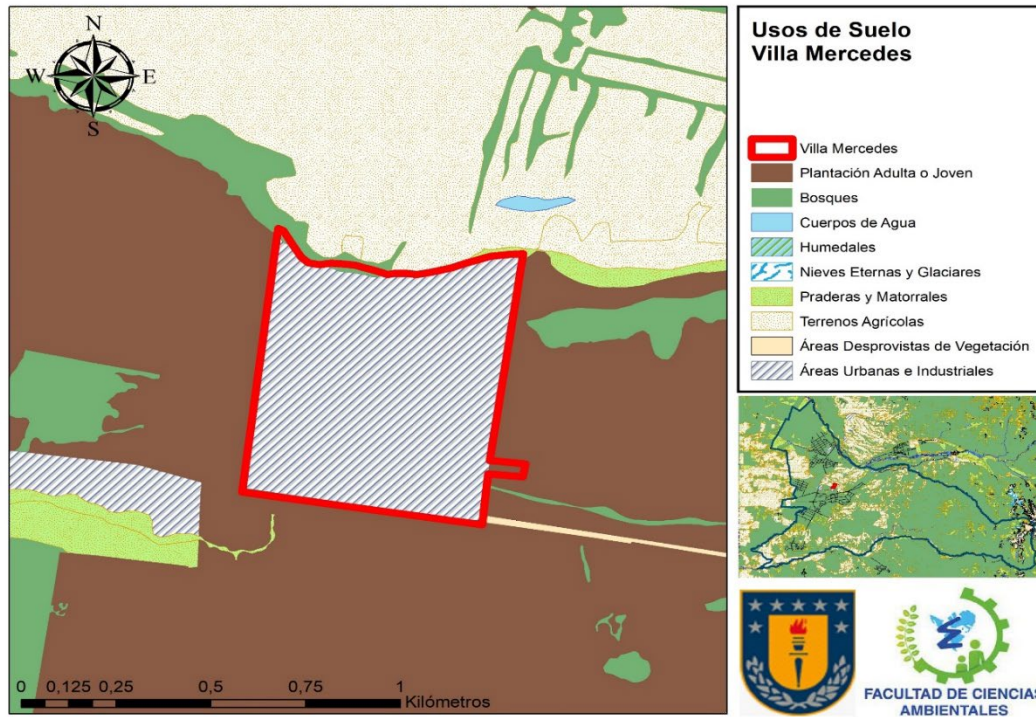


Figura 9: Red hídrica correspondiente al sector de Villa Mercedes y alrededores.

Elaborado con Software ArcGIS, en base a BCN, 2019; IDE, 2019.

4.3. Uso de Suelo de Villa Mercedes

La Figura 10 ilustra el uso de suelo de Villa Mercedes y alrededores, el cual se asocia principalmente a un área urbana, rodeado por plantaciones forestales.



Figura

10: Uso del suelo de Villa Mercedes y alrededores. Elaborado con Software ArcGIS, en base a BCN, 2019; IDE, 2019.

La Tabla 10 presenta diversas características de la zona analizada:

Tabla 10: Caracterización del área de estudio-Villa Mercedes

Región	Biobío
Provincia	Biobío
Comuna	Quilleco
Localidad	Villa Mercedes
Clima	Templado meso termal con régimen de humedad subhúmedo seco
Temperatura media anual (°C)	12,7
Precipitación media anual (mm)	1.393 mm
Actividades económicas	Agrícola, Forestal
Habitantes Villa Mercedes	4.303

Fuente: PLADECO, Municipalidad de Quilleco, 2018; AGRIMED, 2017.

4.4. Enfoque metodológico


En Villa Mercedes se estudiaron los sistemas de agua potable y de saneamiento rural, basado en los PSA y PSS, herramientas que permiten evaluar y gestionar los riesgos.

Los planes de seguridad de agua y seguridad de saneamiento tienen distintas etapas, las cuales van desde su preparación (etapa que incluye la formación de los equipos de trabajo); evaluación de los sistemas, monitoreos operativos constantes, gestión y comunicación, hasta la retroalimentación y mejora (idealmente continua) del proceso. Este estudio comprendió solo las actividades asociadas a la etapa de evaluación de los sistemas para obtener la identificación de peligros y eventos peligrosos.

La investigación trató fundamentalmente sobre el proceso completo del agua de uso humano en la localidad en estudio, incluyendo agua potable y agua servida. Se analizó la captación, producción, tratamiento y entrega del agua a las viviendas, con un enfoque de estudios de PSA y PSS a nivel internacional.

4.5. Actividades realizadas para dar cumplimiento a cada objetivo planteado.

Para dar cumplimiento al objetivo N°1, (“Analizar el Servicio Sanitario Rural en la localidad de Villa Mercedes”) se realizaron las siguientes actividades:

-  a) Recolección de información del SSR en Villa Mercedes, a través de:
- Visitas a terreno para inspección de las instalaciones y entrevistas semiestructuradas con:
 - Directiva del comité de Villa Mercedes.
 - Operador del APR Villa Mercedes y del operador de la PTAS de la localidad.Esto fue para recolectar diferentes datos, como, por ejemplo: volumen de agua tratada, cantidad de agua procesada, flujo que presenta el APR y la PTAS, compuestos químicos usados para desinfección, tecnología usada, entre otros.
 - Solicitud de información a Subsecretaría de Agricultura (SEREMI de Agricultura), Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), DIRPLAN, SUBDERE, SISS, DOH, Seremi de Salud (a través de la ley de transparencia), MOP, entre otros, para saber diferentes variables, como por ejemplo los establecimientos pecuarios asociados a la cuenca de captación,

calidad del suelo, minerales presentes en la zona de estudio, características técnicas del APR, si existe informe de calidad de agua, etc.

- b) Determinación de actividades antrópicas y características del territorio que afectan la seguridad del agua para su consumo.
 - Identificación en el área de estudio de los territorios con influencia directa a captación de agua.
 - A través de estudios científicos, páginas web de instituciones del estado, noticias de la zona, comunicación con operario APR, PTAS y Municipalidad de Quilleco.
- c) Análisis de información obtenida del SSR, considerando los siguientes aspectos:
 - Características de diseño del SSR.
 - Datos operacionales del SSR, en función de las actividades antrópicas de la actividad anterior.

Para dar el cumplimiento con el objetivo N°2 ("Determinar los peligros y eventos peligrosos asociados al Servicio Sanitario Rural en la localidad de estudio") se realizaron las siguientes actividades:

2.1) Revisión bibliográfica de estudios de casos de PSA y PSS:

- Análisis de casos de estudio a través de bibliografía de diferentes PSA a nivel internacional y nacional (SSR Trachipán), sumado a los distintos PSS en el mundo, para después analizar con la información levantada en Villa Mercedes obtenida como resultados del objetivo específico N°1.

2.2) Elaboración matriz y eventos peligrosos:

- De acuerdo con la búsqueda bibliográfica realizada, se confeccionó una matriz de peligros y eventos peligrosos para el APR y la PTAS, anexando a evidencia fotos sobre el SSR en Villa Mercedes, ya sea obtenidas por mi o enviadas a través de algún funcionario de medioambiente de la municipalidad, operador del APR o

integrantes de la Junta de Vecinos, y sobre la PTAS de lombrifiltro. Adicionalmente, el operador envió videos del funcionamiento del SSR, ayudando así al análisis posterior.

Para dar cumplimiento al objetivo N°3 (“Proponer medidas de mejora para el Servicio Sanitario Rural en la zona en estudio.”) se realizaron las siguientes actividades en orden cronológico:

3.1) Identificación de medidas de mejora a los sistemas:

- Revisión de las posibles medidas de mejora que se pueden incorporar a los sistemas de agua y planta de tratamiento de aguas servidas a través de una revisión bibliográfica. Estas medidas se plantearon en función de lo obtenido en el objetivo específico N°2 (OE2).

3.2) Análisis de las mejoras según realidad local:



- Para esta actividad, se debió diferenciar, en conjunto con personal del SSR, las posibles futuras soluciones a corto, mediano y largo plazo.

4.6. Fuentes de Información

Las fuentes de información para esta investigación son: búsqueda bibliográfica, visitas a terreno, entrevistas a miembros del Comité APR Villa Mercedes (presidenta y secretaria), operarios de APR y PTAS, además de solicitar información a través de Ley de Transparencia.

a) Información obtenida de Visita a Terreno:

Se realizaron tres visitas a terreno a Villa Mercedes: El 9 de junio, 22 de julio y 2 de septiembre, todas en el año 2021. En la primera visita, se pudo conversar con personal del Comité de Agua Potable Rural de Villa Mercedes, y se pudo observar las características de la localidad en estudio. Para la segunda visita, se conversó con el operario del APR, obteniendo registro fotográfico del comité, de los pozos del sistema (Villa Mercedes y Villa Las Flores) y de la PTAS. La última visita fue para obtener información pendiente de las visitas a terreno 1 y 2.

La información obtenida con las visitas a terreno y los contactos telefónicos fue la siguiente:

- Planilla de Datos Básicos de Producción y consumo del APR.
- Planilla Color Residual, asociada a la cantidad de cloro disponible en el sistema APR.
- Registro de niveles freáticos de los pozos de Villa Mercedes y Villa Las Flores
- Informes Bacteriológicos/Fisicoquímicos del SSR.
- Acta de toma de muestras.
- Planilla Registro Consumos mensuales.
- Boletas asociadas al consumo de energía eléctrica del sistema.
- Ubicación de principales establecimientos asociados a la zona de estudio.
- Bitácora, la cual es completada diariamente por los operarios del APR y PTAS.
- Registro visual de las captaciones de Villa Mercedes y Villa Las Flores.
- Características generales de las captaciones (cantidad y profundidad de pozo, cantidad de agua que sale, etc.)
- Lista de Chequeo, asociada a las problemáticas detectadas en el sistema (problemas con la gestión del APR, capacidad que soporta el sistema, problemas en la seguridad de los operarios, entre otros).

b) Instrumentos de Consulta a actores relevantes:

La elaboración de entrevistas semiestructuradas se basó en los siguientes documentos:

- Estudio de soluciones sanitarias de Subsecretaría de Desarrollo Regional (SUBDERE), 2018.
- OMS, 2010. Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología Pormenorizado De gestión De Riesgos Para Proveedores De Agua De Consumo (Vol. 390). World Health Organization
- OMS, (2016). Planificación de la seguridad del saneamiento: manual para el uso y la disposición seguros de aguas residuales, aguas grises y excretas.

En este estudio se realizaron entrevistas semiestructuradas a:

- Operador APR
- Operador PTAS.

También se realizaron conversaciones con: presidenta y secretaria del Comité APR, y otros operarios pertenecientes al lombrifiltro.

c) Información obtenida por Ley de Transparencia:

Esta ley entró en vigor en abril del 2009, con el nombre de Ley de Transparencia de la función Pública y de Acceso a la Información de la Administración del Estado (Ley 20.285), y se desarrolla en dos dimensiones:

-La primera, trata del acceso permanente a la información, a través de sitios web de organismos públicos; y la segunda dimensión se relaciona con el deber que tienen los organismos públicos de recibir solicitudes de información y entregar ésta, salvo que exista un motivo de secreto o reserva.

La información que no estaba disponible de forma presencial o no poseía el comité de APR, se solicitó por internet, a través de Ley de Transparencia.

Los documentos requeridos fueron los siguientes:

- Registros técnicos del Sistema Sanitario Rural de Villa Mercedes: Diseño original del sistema de agua potable rural y de la planta de tratamiento de aguas servidas. Lo anterior, con el objetivo de poder comparar con los levantado con el personal administrativo y operarios del Comité de APR.
- Establecimientos pecuarios asociados a la cuenca de captación de agua de la localidad. Esto se solicitó con el fin de poder determinar si es que existían posibles fuentes de contaminación del agua, la cual se podía infiltrar a las napas subterráneas, afectando la calidad del recurso hídrico asociado a Villa Mercedes.

-Composición del suelo asociado a la zona de estudio: Carpeta ENAMI Mina Malancura. Este documento, podría tener información valiosa respecto a qué minerales y materiales tiene el suelo de la zona en estudio.

Todas las peticiones anteriores obtuvieron respuesta formal a través de correo electrónico, pero no se pudieron tener los documentos solicitados.

4.7. Elaboración de matriz de peligros y eventos peligrosos en los sistemas de agua potable y de aguas servidas.

Luego de analizar la información obtenida en terreno y por entrevistas semiestructuradas a actores claves, se elaboraron dos matrices de peligros y eventos peligrosos. Una para

el sistema de agua potable rural de Villa Mercedes, a partir de la metodología de los Planes de Seguridad del Agua, y otra para el sistema de aguas servidas de Villa Mercedes, basada en la metodología de los Planes de Seguridad de Saneamiento. El formato de la matriz utilizada se ilustra en la Tabla 11.

En función de ello se construyó la matriz de peligros y eventos peligrosos, la cual se clasifica, para el sistema de agua potable rural en 3 componentes:

- Captación y tratamiento;
- Distribución;
- Otros (asociado a diferentes aspectos, tales como organizacionales, situaciones de emergencia, factores financieros o externos).

Con respecto al medio de identificación de eventos peligrosos, se estableció la siguiente simbología:

- I: Inspección;
- DC: Datos de calidad de Agua;
- IB: Información Bibliográfica;
- ES: Entrevista Semiestructurada.

De acuerdo con la causa del origen del evento peligroso, se asignó la siguiente simbología:

- D: Diseño,
- O: Operación,
- M: Mantenimiento y
- E: Factores externos.

Los peligros fueron clasificados en:

- B: Biológico.
- Q: Químico,
- F: Físico,
- I: Asociado a la infraestructura daño a las instalaciones
- C: Asociado a la cantidad de agua y
- G: Asociado a la gestión del sistema.

Para el sistema de aguas servidas la simbología es la misma, excepto en la clasificación de los componentes, los cuales son:

- Pretratamiento;
- Tratamiento secundario;
- Tratamiento terciario;
- Otros, (al igual que en APR, se asocia a diferentes aspectos, tales como factores externos, situaciones de emergencia, organizacionales, financieros, entre otros).

Tabla 11. Matriz de peligros y eventos peligrosos para sistema de agua potable y de aguas servidas de Villa Mercedes, Región del Biobío

Componente del sistema	Medio de identificación evento peligroso	Evento peligroso				Peligro						
		Evento	Clasificación				Clasificación					
			D	O	M	E	B	Q	F	I	C	G

Fuente: Almuna, 2019.

5. RESULTADOS

A nivel nacional, existen 2.836 sistemas APR, con 683.712 arranques. Un arranque se define como hogares que se conectan con un sistema de APR. Del total de arranques, se benefician más de 2,1 millones de personas (MOP, 2020), abasteciendo, según la Asociación Nacional de Empresas de Servicios Sanitarios (ANDESS) a prácticamente el 100% de la población de zonas rurales concentradas. En lo que respecta al programa APR-MOP, este cubre 1.936 sistemas en el país, los que abastecen a 593.712 arranques.

En particular, para la Región del Biobío, existen 167 Sistemas de Agua Potable Rural y 40.340 arranques instalados (MOP, 2020).

Aunque desde el 20 de noviembre de 2020, los APR son Servicios Sanitarios Rurales (sólo que, para efectos de este estudio, el SSR se divide en: APR y PTAS. Esto con el fin de discutir y concluir en base a un PSA y PSS, respectivamente.)

El SSR es amparado por el MOP (independiente del origen que tengan), el cual aborda el saneamiento de aguas servidas en zonas rurales. Además, se crea la nueva Subdirección de SSR, dependiente de la DOH, la cual tiene por objetivo asesorar a la administración y operación de los SSR y la gestión de proyectos de inversión.

Una de las funciones del MOP es mantener un registro público de los operadores de SSR, con las licencias y la información relevante de cada servicio.

Un punto importante por considerar es que todos los comités y cooperativas existentes deberán inscribirse en un plazo no superior a 2 años.

La Superintendencia de Servicios Sanitarios en cambio, ejerce labores de fiscalización y establece las tarifas para todos los SSR del país (DOH, 2020).

5.1. Situación de distribución de agua potable en la comuna de Quilleco, Región del Biobío

Según estadísticas de la Empresa de Servicios Sanitarios del Bio Bio S.A, se indica que Quilleco tiene una cobertura mayor al 90% de agua potable y alcantarillado.

En Quilleco existen cuatro Programas de Agua Potable Rural (APR), además de existir 3 estaciones con niveles de pozos vigentes, pero no existen estaciones fluviométricas.

Sobre el servicio eléctrico presente en la comuna, se puede decir que da cobertura casi al 100% de las localidades cercanas presentes, no detectándose situaciones donde no se tenga este servicio.

5.2. Villa Mercedes: Características generales y servicios existentes

Villa Mercedes posee una escuela básica, dos plazas pequeñas, un cuartel de bomberos, una sede social, una cancha de fútbol, un sistema de APR, dos jardines infantiles y dos salas cunas. Con relación al centro de salud, las personas de la localidad asisten al CESFAM ubicado en la localidad contigua de Canteras.

5.2.1. Erosión de Suelos y Riesgos Forestales/Naturales

Diferentes procesos hidrológicos han afectado a la localidad, principalmente al norte de Villa Mercedes. El uso intensivo en relación con las plantaciones forestales con especies exóticas y la dinámica de fractura y descomposición química del material geológico del suelo y subsuelo; han producido procesos erosivos ligeros a moderados en la zona. Si bien en el sector oriente de Villa Mercedes se han generado cortas y quemas controladas de plantaciones forestales (las cuales se encuentran a menos de 300 metros de la localidad), aun así, ocurren de forma frecuente incendios forestales. La mayor incidencia de estos es principalmente en verano y hacia sectores donde existen pastizales, matorrales y plantaciones forestales de pino insigne/eucaliptus (ver Anexo 1) (Municipalidad de Quilleco, 2018).

Para prevenir, ARAUCO lleva adelante una estrategia integrada de Prevención y Protección, en la cual se encuentra la Red de Prevención Comunitaria. Aquí confluyen diversos actores, como municipios, organizaciones vecinales, CONAF, empresas

forestales y eléctricas, junto con instituciones como Bomberos y Carabineros. Una de las localidades en la cual se ha implementado esta estrategia es en Canteras, localidad próxima a Villa Mercedes, en donde se busca disminuir la ocurrencia de incendios, junto con proteger las zonas habitadas y el patrimonio natural (ARAUCO, 2017).

Otros riesgos asociados a la localidad de Villa Mercedes, y en general a la comuna de Quilleco, son la sequía y los incendios estructurales.

El primer riesgo se asocia a la situación global que sufrimos en la actualidad, por la falta de lluvias durante un periodo largo de tiempo, afectando de mayor manera a los territorios más vulnerables, tales como las localidades más apartadas o de bajos estratos socioeconómicos.

Los incendios estructurales pueden suceder en cualquier vivienda con conexión a luz o gas, ocurriendo por una mala manipulación de gas, cocinas, estufas y artefactos eléctricos en general, o un deficiente estado de estos, sobrecarga de energía, poco cuidado con braseros, entre otros factores.

5.2.2. Exposición al cambio climático

La exposición al cambio climático es un factor que afecta directamente las fuentes de captación de agua potable, ya sea al disminuir los niveles de los pozos o la disponibilidad de agua, reducir los caudales de cuerpos superficiales, empeorando la calidad por el aumento de eventos de contaminación de aguas superficiales, o por una disminución en la dilución de minerales en aguas de pozos (SUBDERE, 2018).

En Chile, los estudios realizados coinciden en que el cambio climático se manifiesta en una disminución de los recursos hídricos e incremento de temperaturas en zonas cercanas a la cordillera.

En lo que respecta a las precipitaciones anuales, estudios realizan predicciones de disminución superior al 30% en algunas áreas del país para el año 2040. Desde Antofagasta a Puerto Montt disminuirán entre un 20 a 25 % las precipitaciones, aumentando nuevamente desde Chiloé al sur. Las consecuencias de lo anterior son: un aumento en la aridez en el norte y centro de Chile, llegando hasta aproximadamente la Región del Bío-bío. Finalmente, la frecuencia con que ocurre estos eventos extremos coincide con el aumento de las temperaturas hacia el interior y zonas cordilleranas, en particular para la Región del Bío-bío, dado estudios sobre cambio climático. (CONAMA, 2008, como se citó en Rojas & Parra, 2010).

En esta región, hacia fines de 2018, existía un déficit de precipitaciones del orden del 40% respecto de un año normal. Durante 2018 llovió aproximadamente un 25% menos que el 2017, por lo tanto, existía una menor disponibilidad de agua durante el próximo periodo estival del 2018. (ANDESS, 2018).

En general, las precipitaciones de la Región del Biobío disminuirán paulatinamente, y aumentarán las temperaturas, excediendo en verano los 5°C en la Cordillera de los Andes (Rojas & Parra, 2010), zona habitada por pueblos indígenas, los cuales se verán aún más afectados por los impactos del cambio climático.

Esto se debe a diversas razones: el deficiente control de las crecidas e inundaciones; la poca oferta de espacio natural para actividades de esparcimiento y recreación, ya que se irán degradando con las altas temperaturas; la deficiente conservación de la naturaleza, especialmente del bosque nativo ubicado en las cabeceras de las cuencas, por la introducción de plantaciones forestales, y la escasa producción de recursos hídricos para los distintos usos.

5.2.3. Contaminación con metales pesados en la zona

En 2019, vecinos del sector Tres Esquinas de Quilleco, denunciaron que el pozo de agua ubicado en ese sector tiene serios problemas de contaminación con materiales pesados (hierro y magnesio), según lo que ellos pudieron extraer y analizar, además de malos olores. Una de las opciones es anexar la conexión a la red del APR Villa Mercedes, pero desde los vecinos responden que eso no es viable, ya que el sistema de Villa Mercedes no da abasto para población adicional (Radio Bio Bío, 2020)

En general, la calidad de las aguas subterráneas de Villa Mercedes corresponde a procesos naturales de mineralización natural, debido a las características geológicas de los suelos y la disolución de minerales en las diferentes zonas de los acuíferos (ver anexo 2) (SUBDERE, 2018).

5.2.4. Disponibilidad de agua en Villa Mercedes

Villa Mercedes, y por consiguiente Quilleco, se encuentran insertas en el subacuífero 3 (ver anexo 3) en donde existe una importante sensibilidad al cambio en la calidad del agua.

El descenso del nivel freático ocurre principalmente debido al aumento en la explotación de los caudales. Es decir, en la medida que se sigan recargando los acuíferos (mediante la infiltración de precipitaciones y variaciones/movilidad de napas subterráneas), pero

también se mantengan las extracciones legales actuales del recurso, mediante los derechos constituidos y no constituidos, se espera que el acuífero presente en Villa Mercedes siga disminuyendo en cantidad, provocando un agotamiento en la disponibilidad de agua para futuros proyectos de agua, sobre todo a las perforaciones realizadas de pozo/puntera, y eso sin considerar las extracciones ilegales, las que ocurren en toda la región y país.

Las descargas a quebradas, aguas superficiales, por infiltración directa al suelo, o mediante ductos no declarados a la SISS ni a la autoridad sanitaria, de RILES y de aguas servidas sin tratar, constituyen un riesgo ambiental y sanitario, ya que en Quilleco existe superficie destinada a la agricultura de consumo, regada mediante canalización superficial y a través de explotación de pozos. (Municipalidad de Quilleco, 2018).

Misma confianza que se ha perdido con distintos episodios, como el de 2017, cuando 600 familias que viven en Villa Mercedes-Villa Las Flores, atravesaron un grave problema de falta de agua, el cual fue provocado por los cortes de electricidad que se originaron por los incendios forestales. Este fenómeno se ha ido incrementando con el pasar de los años, y lo más probable es que siga pasando, dado que las napas subterráneas se van agotando día tras día (Radio Bio-bío, 2017).

Por otro lado, el tener menos ingreso va de la mano con poca disponibilidad de agua o un difícil acceso a ella, y en ese sentido, como Villa Mercedes es una zona alejada de los polos industriales y de desarrollo, se estima, según datos extraídos desde la Encuesta CASEN (Caracterización Socioeconómica Nacional), que existe un 17,7% de la población comunal que se encuentra en situación de pobreza, quedando sobre el promedio regional, el cual es de un 17,6%, y sobre el promedio nacional, en donde la pobreza es de un 11,7% (Ministerio de Desarrollo Social, 2015).

Todo este conjunto de variables negativas da pie a un futuro complejo en torno a la obtención del agua en la comuna, porque se agrava la exposición que sufre y sufrirá la población perteneciente a Villa Mercedes (Municipalidad de Quilleco, 2018).

El alcantarillado de estas localidades es un sistema colectivo de tratamiento de aguas servidas, el cual tiene ejecución y financiamiento municipal, dando cobertura al 70 % de la población, pero se está ampliando por la mayor demanda que tendrá, debido a las cerca de 200 nuevas viviendas que se están construyendo.

5.3. Sistema de Agua Potable Rural en Villa Mercedes

En Canteras-Villa Mercedes se abastecen a través de un sistema de agua potable rural, el cual, mediante un sondaje para la Localidad de Canteras, permite una producción de 10,96 l/seg., y un sondaje para la Localidad de Villa Las Mercedes, con una producción de 12,9 l/seg., produciendo un total de 23,86 l/seg.

En contraparte a lo anterior, como hay personas que viven en los extremos de la localidad (y no son parte del APR), se les debe distribuir agua en camiones aljibes, siendo un total de 285.250 litros/semanales, 2 veces a la semana, conformando 815 personas beneficiarias (aproximadamente 240 familias). Esto se da porque los pozos particulares de las familias de la localidad se han ido secando con el pasar de los años, desde 2012 hasta el día de hoy. En general, las familias tienen sistemas de almacenamiento en PVC o fibra de vidrio, ya sea en torres de elevación o a nivel superficial, pero muchos sin sistemas o kit básicos de potabilización del agua. (Municipalidad de Quilleco, 2018).

El sistema APR tiene una captación en Villa Las Flores, localidad próxima, la cual impulsa el agua a los estanques ubicados en la captación de Villa Mercedes (ver Anexo 4), y la empresa eléctrica asociada al sistema de agua potable rural es FRONTEL (Empresa eléctrica de la Frontera S.A).

La Tabla 12 presenta las características del SSR de Villa Mercedes:

Tabla 12: Características del SSR Villa Mercedes

Nombre comité	Comité Agua Potable Rural Villa Mercedes
Dirección	Calle Laja N° 162 Villa Mercedes, Quilleco/Clasificador 28, Quilleco
Cantidad de Pozos realizados en captación Villa Mercedes	3 pozos (2 en funcionamiento y 1 de reserva)
Material tubos	Metálicos
Dueño	A nombre del comité
Concesión	No
Financiamiento	Comité APR
Año de puesta en marcha estanque 1	1979
Año de puesta en marcha estanque 2	1987
Cantidad de agua pozo 1 (L/s)	5
Profundidad (m)	100
Pulgadas (")	12
Material	Malla cría
Cantidad de agua pozo 2 (L/s)	33
Profundidad (m)	50
Pulgadas (")	8
Material	Malla cría
Cantidad de pozos realizados en captación Villa Las Flores	1 pozo
Número totales de arranques instalados	648
N° total arranques con medidor en buen estado/mal estado	645/3
Tipo de captación	Subterránea (para ambas captaciones)
Tipo de bomba de impulsión	Sumergible (para ambas captaciones)
Potencia máxima bomba de impulsión (HP)	40
Año instalación bomba	2013
Tarifa	4.000 tarifa base
Fuente de energía	Suministro eléctrico

Fuente: Comunicación Interpersonal con Operarios APR y PTA, 2021; Comunicación Interpersonal con Miembros Comité APR, 2021.

Figuras 11 a la 18 se presentan diferentes gráficos asociados a la operación del sistema de agua potable rural, obtenidos a través de las visitas a terreno realizadas al Comité de APR de Villa Mercedes:

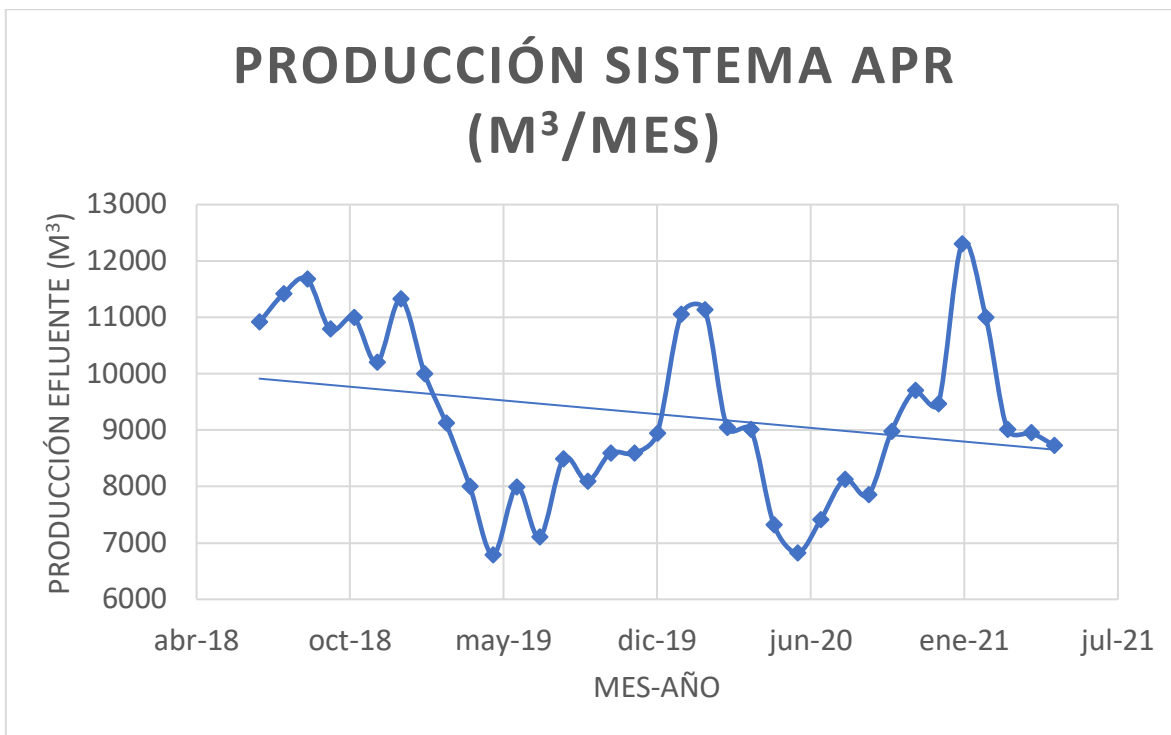


Figura 11. Gráfico producción de agua en sistema APR. Fuente: Documentos obtenidos en terreno, junto a comunicación Interpersonal Operador APR Villa Mercedes, 2021.

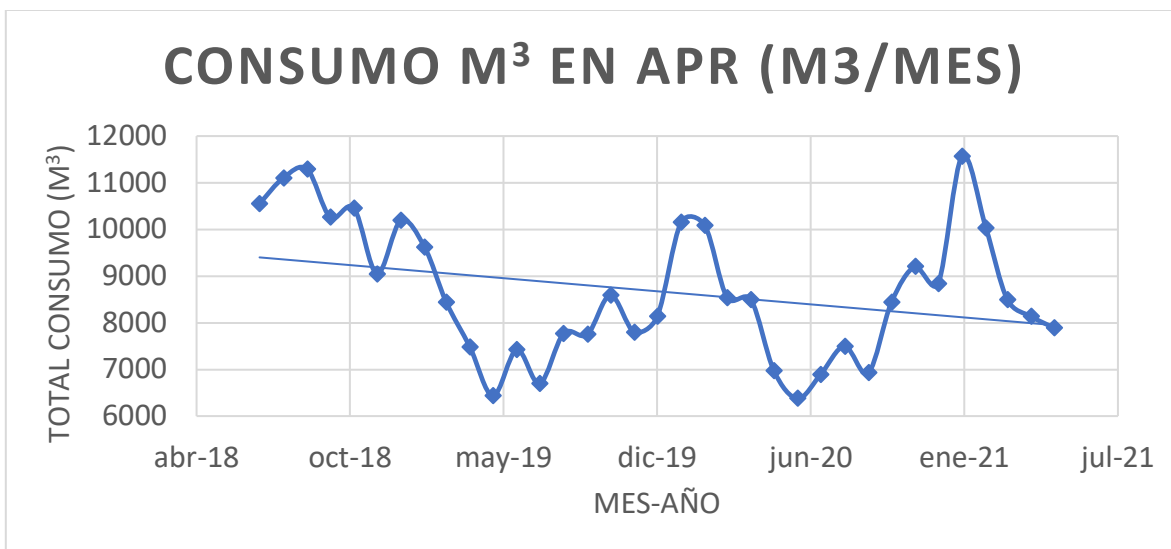


Figura 12. Gráfico consumo de agua sistema APR. Fuente: Documentos obtenidos en terreno, junto a comunicación Interpersonal Operador APR Villa Mercedes, 2021.

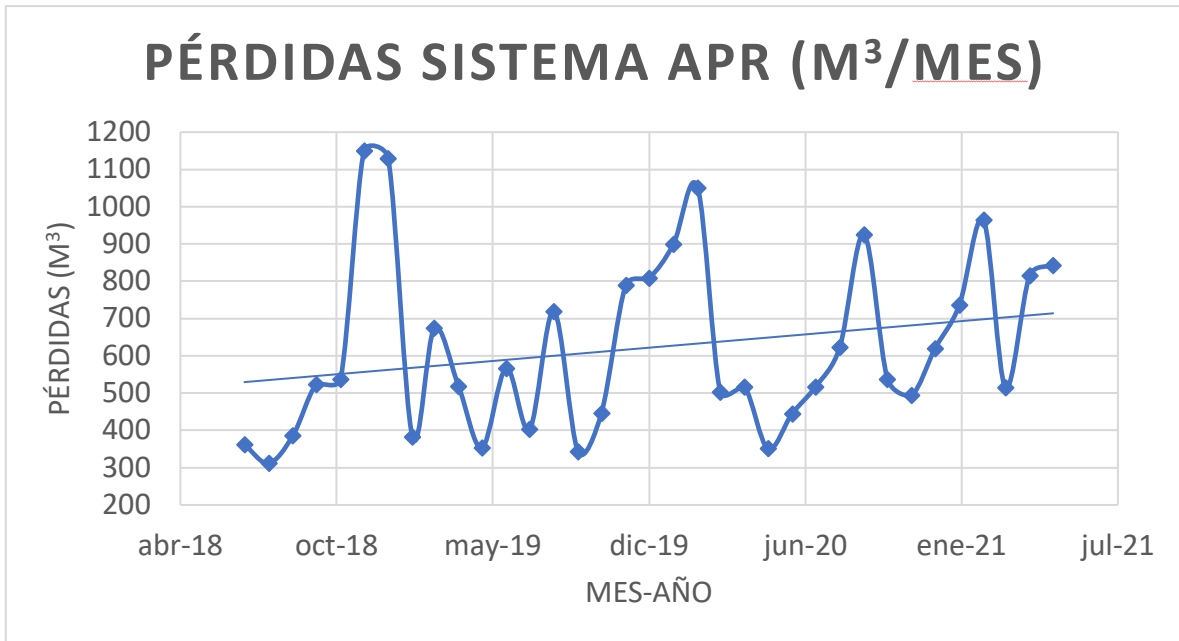


Figura 13. Gráfico pérdidas de agua en sistema APR. Fuente: Documentos obtenidos en terreno, junto a comunicación Interpersonal Operador APR Villa Mercedes, 2021.

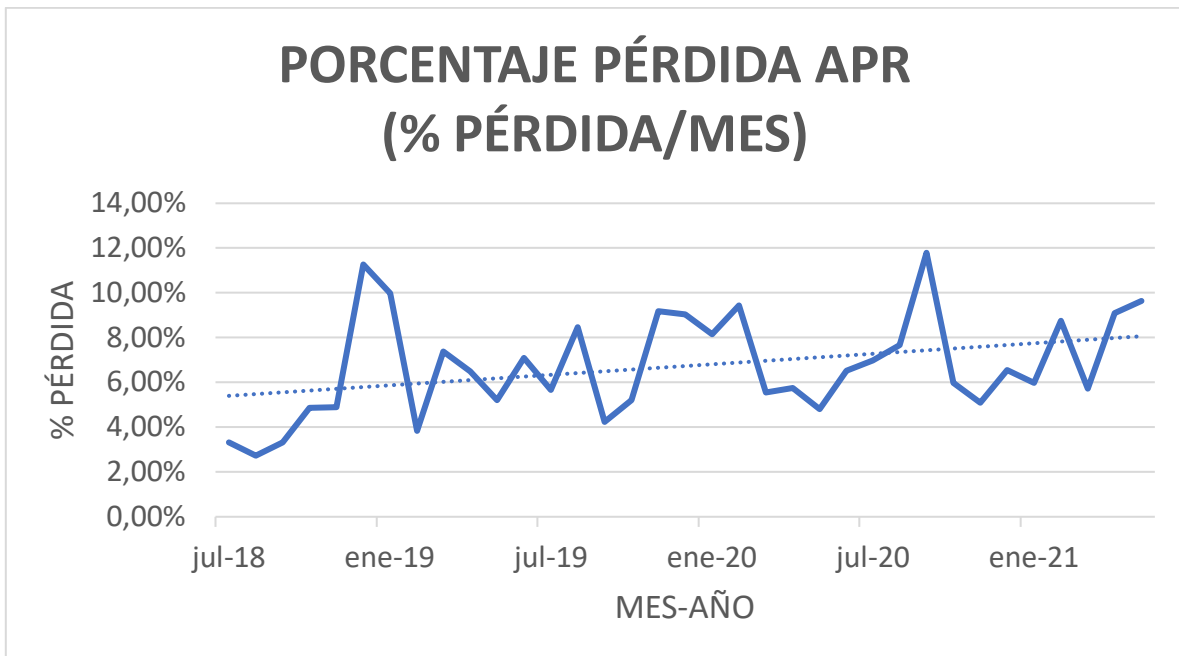


Figura 14. Gráfico porcentaje pérdida agua sistema APR. Fuente: Documentos obtenidos junto a comunicación Interpersonal Operador APR Villa Mercedes, 2021.

CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA APR (KWH/MES)

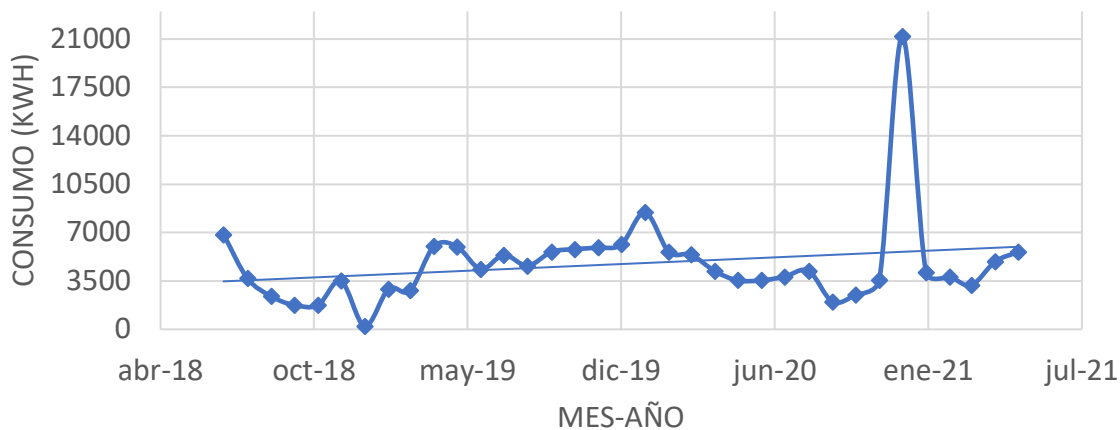


Figura 15. Gráfico consumo energía eléctrica sistema APR. Fuente: Documentos obtenidos junto a comunicación Interpersonal Operador APR Villa Mercedes, 2021.

CONSUMO PRODUCTOS QUÍMICOS (TAMBORES UTILIZADOS/MES)

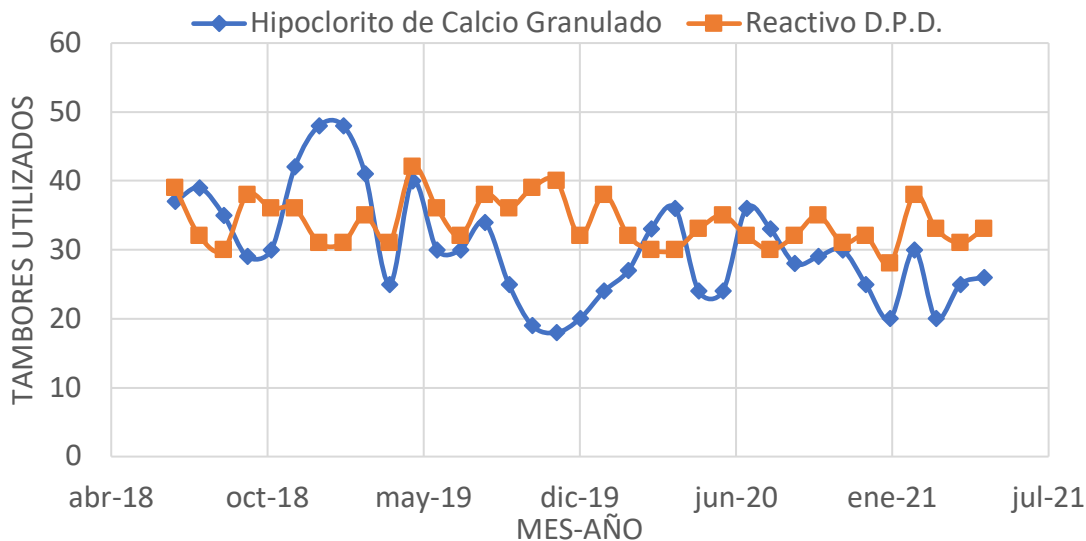


Figura 16. Gráfico consumo productos químicos sistema APR. Fuente: Documentos obtenidos junto a comunicación Interpersonal Operador APR Villa Mercedes, 2021.

5.3.1. Productos Químicos usados en el SSR Villa Mercedes

La producción de agua potable requiere que se ocupan ciertos productos químicos para desinfectar el agua al final del proceso y para medir las concentraciones de cloro en el agua producida y distribuida en la localidad. A continuación, se describen los productos químicos utilizados en el SSR de Villa Mercedes:

- Hipoclorito de Calcio Granulado: Es un sólido en formato de gránulos finos de color blanco con olor penetrante, parecido al del gas de cloro, usado para potabilización de agua, clorador y sanitizante, tratamiento de aguas industriales, agroindustrias, blanqueador, entre otros. Generalmente viene en tambores sellados de 45 kilos (Especificaciones se presentan en Tabla 13).

Tabla 13: Especificaciones del Hipoclorito de Calcio Granulado

Humedad	7% Máximo
pH	10,4-10,8 (en solución acuosa al 1%) a 25°C
Temperatura de Descomposición	170-180°C
Solubilidad en agua	18% aproximadamente a 25°C

Fuente: Elaboración propia, en base a Hoja Técnica del producto. Multiquímica, 2014.

- Reactivo D.P.D (N,N-dietil-p-fenilendiamina): Reactivo que determina la concentración de cloro o de bromo residual libre en aguas de consumo, industriales, de piscinas, entre otras, a través del contacto de la tableta con agua clorada o bromada, produciendo una coloración de tipo rosácea.(Especificaciones en Tabla 14).

Tabla 14: Especificaciones del Reactivo D.P.D.

Aspecto	Polvo
Color	Blanco
Presentación	Sobres

Fuente: Elaboración propia, en base a Hoja Técnica del producto.

Uno de los archivos que tenía disponible el Comité de APR, y que es importante para determinar el funcionamiento de la bomba sumergible en cada una de las captaciones, es el de cuánta agua se produce en los dos pozos: Villa Mercedes y Villa Las Flores, durante el mes de junio de 2021. En la Tabla 15 y Tabla 16 se presenta la data recolectada de producción de agua en el pozo de Villa Mercedes y Villa la Flores, respectivamente. En ambas Tablas en color rojo se destacan ciertas anomalías detectadas, y que son discutidas más adelante en el ítem "discusión".

Tabla 15: Producción de agua Pozo Villa Mercedes

POZO VILLA MERCEDES			POZO VILLA MERCEDES		
Día	M3 Producidos	Horas de trabajo bomba	Día	M3 Producidos	Horas de trabajo bomba
1	19	1	16	40	2
2	54	2	17	70	2
3	49	1	18	97	5
4	65	3	19	39	1
5	65	2	20	85	3
6	87	3	21	88	4
7	76	3	22	41	1
8	271	12	23	73	3
9	28	1	24	61	2
10	60	1	25	103	4
11	95	4	26	309	14
12	149	6	27	80	4
13	24	1	28	95	3
14	67	3	29	78	3
15	72	2	30	71	3
RESUMEN MENSUAL					
M3 Producidos:		2495	Horas de trabajo bomba:		97

Fuente: Elaboración propia, en base a documentos obtenidos en terreno con Comité APR Villa Mercedes, 2021.

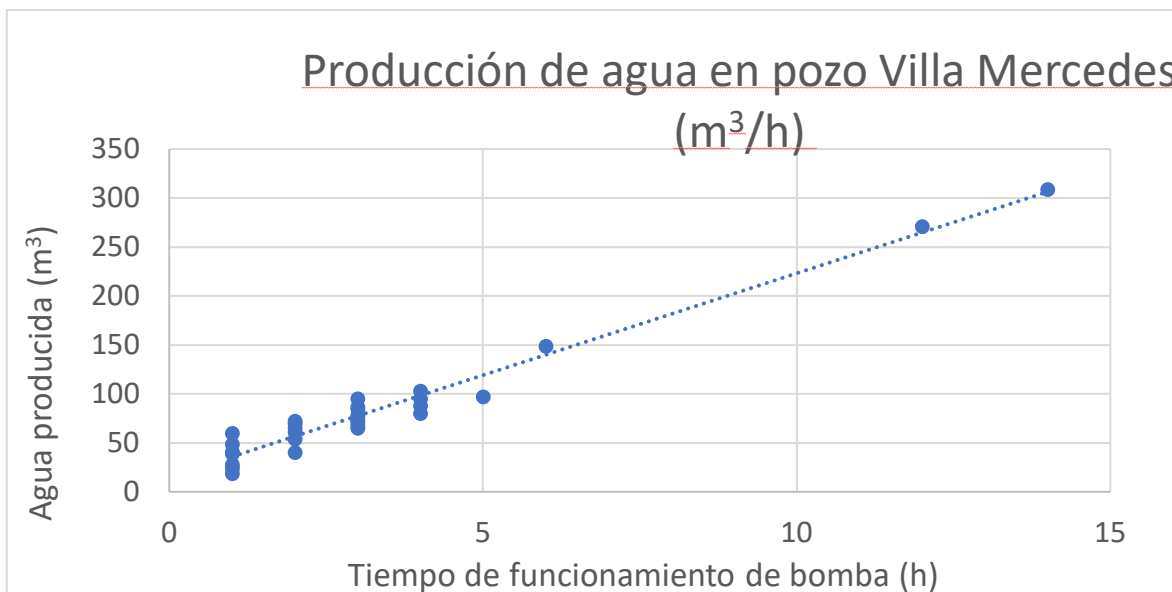


Figura 17: Gráfico de agua producida vs horas de trabajo de bomba en pozo Villa Mercedes. Fuente: Documentos obtenidos en terreno APR Villa Mercedes, 2021.

Tabla 16: Producción de agua Pozo Villa Las Flores

POZO VILLA LAS FLORES			POZO VILLA LAS FLORES		
Día	M3 Producidos	Horas de trabajo bomba	Día	M3 Producidos	Horas de trabajo bomba
1	235	5	16	204	4
2	267	5	17	220	5
3	195	4	18	271	6
4	218	5	19	192	4
5	218	5	20	238	5
6	241	5	21	255	6
7	228	5	22	181	4
8	103	2	23	223	4
9	174	4	24	205	6
10	221	5	25	146	12
11	243	5	26	210	2
12	295	6	27	221	5
13	161	4	28	229	3
14	202	4	29	236	4
15	226	5	30	205	7
RESUMEN MENSUAL					
M3 Producidos:		6043	Horas de trabajo bomba:		141

Fuente: Elaboración propia, en base a documentos obtenidos en terreno con Comité APR Villa Mercedes, 2021.

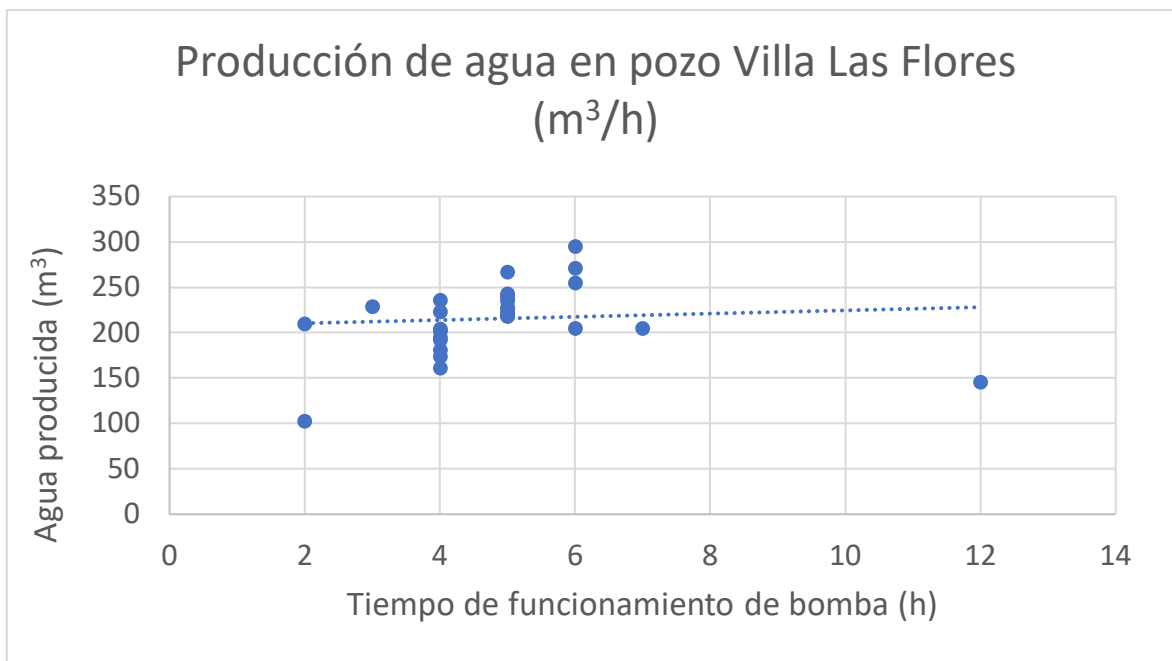


Figura 18: Gráfico de agua producida vs horas de trabajo de bomba en pozo Villa Las Flores. Fuente: Documentos obtenidos en terreno APR Villa Mercedes, 2021.

Otro resultado a destacar es el informe de parámetros evaluados del Agua potable rural, realizado por el MINSAL.

En Tabla 17 se presentas los resultados de este estudio. En rojo están los resultados en la zona de estudio y en otra columna el "límite máximo permitido por la normativa vigente".

Tabla 17: Parámetros evaluados - APR


¿APR?, Nombre Pozo	Organismo encargado	Fecha recepción de muestras/Fecha emisión informe	Ensayo/Método	Límite máximo permitido normativa	Expresión/Unidad de medida	Resultados
APR; Villa Mercedes	MINSAL	08-04-2021/ 19-04-2021	Cadmio	0.01	mg/L	<0.01
			Cromo	0.05	mg/L	<0.05
			Plomo	0.05	mg/L	<0.05
			Mercurio	0.001	mg/L	<0.001
			Arsénico	0.01	mg/L	<0.002
			Manganeso	0.1	mg/L	<0.1
			Zinc	3	mg/L	<0.2
			Magnesio	125	mg/L	5,2
			Hierro	0.3	mg/L	<0.2
			Cobre	2	mg/L	<0.8
			Turbidez	4	N.T.U	<1.0
			Sólidos Disueltos Totales	1500	mg/L	89
			Fluoruro	1.5	mg/L	<0.3
			Nitrito	3	mg/L	<0.1
			Nitrato	50	mg/L	<5.0
			Sulfato	500	mg/L	<5.0
			Cloruro	400	mg/L	<5.0
Cianuro	0.05	mg/L	<0.01			
Amonio	1.5	mg/L	<0.05			
pH	6.5-8.5	Unidad de pH	7.0			
Color verdadero	20	Unidad Pt-Co	<20			

Fuente: SEREMI Salud, 2021.

5.3.2. Determinación de eventos peligrosos y peligros del sistema de agua potable.

Antes de determinar los peligros y eventos peligrosos, es necesario clasificar los distintos tópicos a analizar en subgrupos, tal como se informa en la Tabla 18.

Tabla 18: Conformación de subgrupos para identificación de eventos peligrosos y peligros asociados al APR

Componentes:	 Captación y tratamiento
	Distribución
	Otros (aspectos externos, que afecten cantidad y continuidad de servicio)
Medio de identificación de eventos peligrosos:	IB: Información Bibliográfica
	ES: Entrevista Semiestructurada
	I: Inspección Visual
	DC: Datos de calidad de agua
Clasificación de las causas de los eventos peligrosos:	E: Externo
	O: Operación
	D: Diseño
	M: Mantenimiento
Peligros:	B: Biológico
	Q: Químico
	F: Físico
	G: Gestión
	I: Infraestructura
	C: Cantidad de agua

Fuente: Elaboración propia, en base a Almuna, 2019.

5.3.3. Identificación de eventos peligrosos y peligros en el sistema de agua potable de la localidad de Villa Mercedes:

Tabla 19: Identificación de peligros y eventos peligrosos en sistema de agua potable de Villa Mercedes

Componente del sistema	Medio de identificación de eventos peligrosos	Evento Peligroso	Clasificación de las causas de los eventos peligrosos	Clasificación del Peligro
Captación y tratamiento:	IB	Disminución de precipitaciones/Sequía	E	B, Q, C
	I, ES	Falta de iluminación en casetas	M	G, F
	I	Generador eléctrico en mal estado	O, M	I, G
	ES	Perímetro de captación superado por animales y niños	D	I
	ES	Interrupción del suministro eléctrico	E	B
Distribución:	I	Falta de pernos asociado a las tuberías ubicadas en las captaciones de pozos	O, M	I
	ES	Disminución de presión de agua	O, M	C
	I, ES, DC	Falta de seguimiento en algunos parámetros de agua potable	O, M	Q

I	Falta de registros específicos sobre fallas en equipos	E	G
ES	Falta de recursos económicos para facilitar EPP al operador, mantención de sede, lugar de captación.	E	G
I, ES	Falta de protocolos para emergencias graves (incendio, etc)	E	G
I	Falta de capacitación para trabajadores, necesario para llevar registro de todo en forma digital.	E	G
ES	No existe un procedimiento de operación normal del sistema	D	G
ES	No existe un operario suplente para reemplazar a operario principal	E	G
ES	Comité no dispone del proyecto original de APR	E	G

Otros:

Fuente: Elaboración Propia, en base a Informe Laboratorio EULA, 2021; SEREMI Salud, 2021; Visita Terreno a Comité APR Villa Mercedes, 2021; Comunicación Interpersonal con Operador APR Villa Mercedes, 2021.

En la Figura 19 se muestra la cantidad y el porcentaje de los medios de identificación de eventos peligrosos.

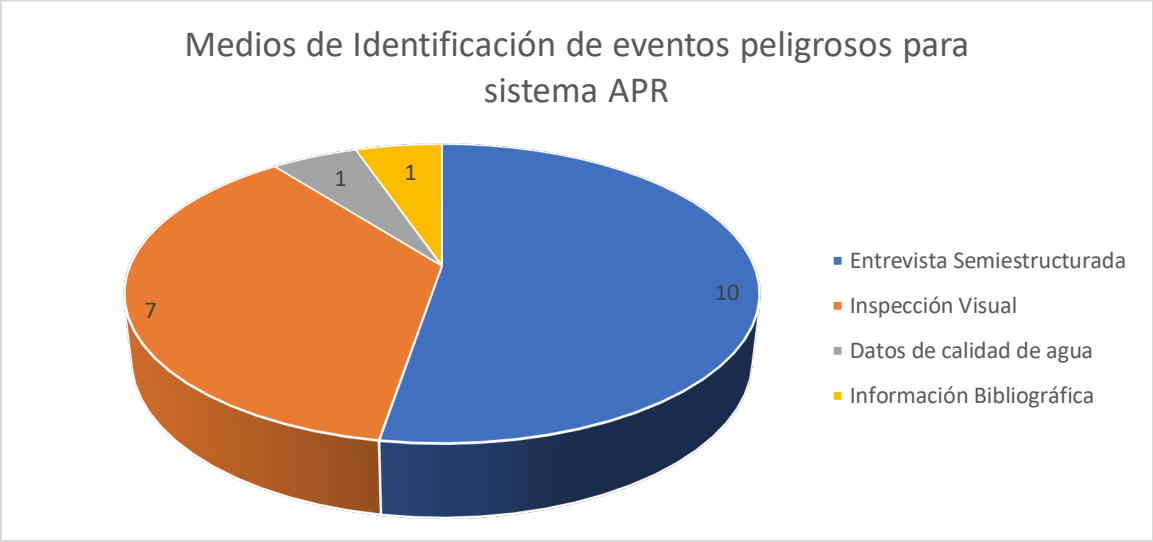


Figura 19: Medios de identificación de eventos peligrosos. Fuente: Elaboración Propia, en base a visita Terreno Comité APR Villa Mercedes, 2021; Comunicación Interpersonal con Operador APR Villa Mercedes, 2021.

Del gráfico se observa que el principal medio de identificación de eventos peligrosos es la entrevista semiestructurada, realizada a los operarios de la PTAS y APR, con un 52,6%; luego viene la inspección visual, apoyada por las visitas a terreno realizadas, con un 36,8%; para finalmente encontrar la información bibliográfica y los datos de calidad de agua, con un 5,3% cada uno.

En la Figura 20 se muestra la cantidad de eventos peligrosos identificados en el sistema de agua potable por componente.

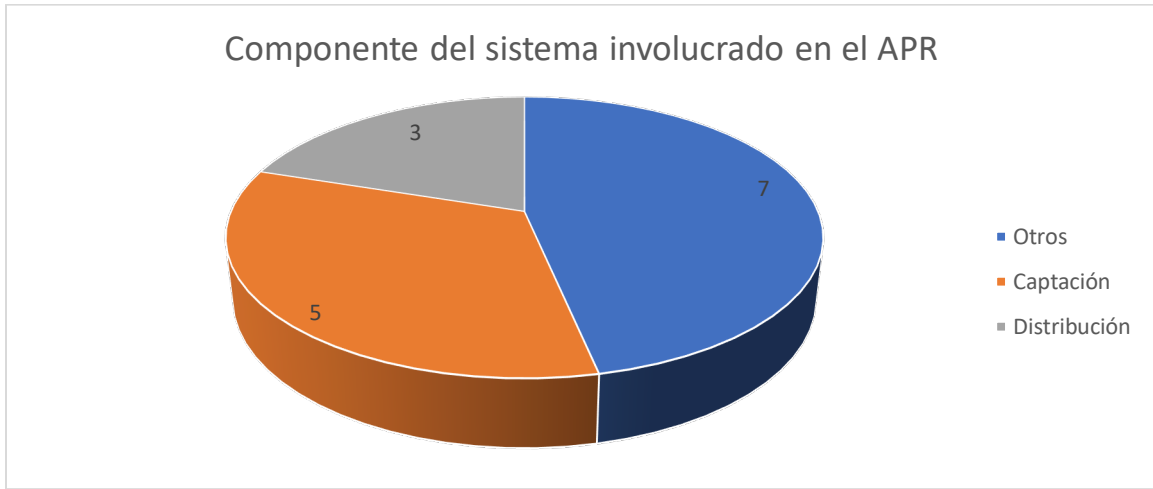


Figura 20: Componente del sistema involucrado en el APR. Fuente: Elaboración Propia, en base a visita Terreno Comité APR Villa Mercedes, 2021; Comunicación Interpersonal con Operador APR Villa Mercedes, 2021.

El principal componente del sistema involucrado en el APR es el componente "otros", con un 46,7%. Esto se da por la gran cantidad de eventos externos, es decir, que no provienen de la captación ni la distribución del sistema. En segundo lugar, está el componente captación, con 33,3%, y al final está la distribución, con un 20%.

En la Figura 21 se muestra la clasificación de las causas de los eventos peligrosos.



Figura 21: Clasificación de las causas de los eventos peligrosos. Fuente: Elaboración Propia, en base a visita Terreno Comité APR Villa Mercedes, 2021; Comunicación Interpersonal con Operador APR Villa Mercedes, 2021.

Del gráfico se observa que la principal causa de los eventos peligrosos asociados al APR proviene de factores externos, con un 42,1%; seguido del diseño, con un 26,3%. En tercer lugar, se encuentra la operación, con un 21,1%; y finalmente el mantenimiento, con un 10,5%.

En la Figura 22 se muestra la clasificación del peligro:

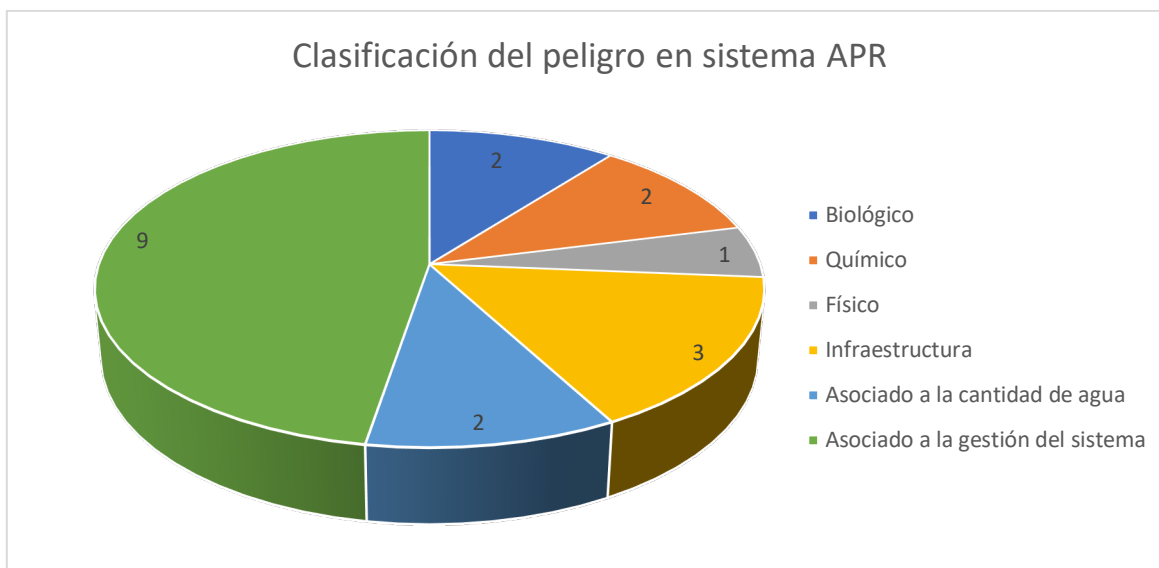


Figura 22: Clasificación del peligro en sistema APR. Fuente: Elaboración Propia, en base a visita Terreno Comité APR Villa Mercedes, 2021; Comunicación Interpersonal con Operador APR Villa Mercedes, 2021.

Del gráfico se observa que la clasificación de los peligros asociados al APR proviene de la gestión que se tiene del sistema, con un 47,4%; seguido de la infraestructura, con un 15,8%. En tercer lugar, se encuentran el peligro biológico, químico y los asociados a la cantidad de agua, todos con un 10,5%; y finalmente el peligro físico, con un 5,3%.

5.4. Planta de Tratamiento de Aguas Servidas

5.4.1. Lombrifiltro (Sistema Tohá)

El lombrifiltro es también llamado también Sistema Tohá, denominado así por José Tohá, fundador en Chile sobre la utilización de lombrices para el tratamiento de efluentes en la Universidad de Chile (Miranda, 2005, como se citó en Bravo, 2019).

El objetivo del lombrifiltro es resolver problemas que se presenten en relación con la escasez de agua, manejando correctamente el efluente, removiendo los principales parámetros de interés, incluido el nitrógeno. Se ha implementado con gran éxito en pequeñas comunidades, cuya eficiencia de remoción de los principales parámetros de

interés son altas, mejorando la calidad de vida de la comunidad u organización en donde esté inmerso el sistema. (SUBDERE, 2018).

El lombrifiltro puede ser considerado como el único sistema de tratamiento de riles y aguas servidas que proporciona una entrada o posible ingreso económico, esto por la generación de lombrices, humus y agua, variables que hoy en día tienen un valor en el mercado (Careau, 2016).

Este sistema es un biofiltro que opera mediante dos grandes componentes: un agente biológico activo, el cual es la lombriz, y otro elemento inerte, el que generalmente es un material poroso. El efluente desciende por acción de la gravedad y atraviesa las capas, obteniéndose un líquido tratado y clarificado, consiguiéndose un degradado de la materia orgánica, transformándola en humus, agua, CO₂ y otros gases. (SUBDERE, 2018).

En lo que respecta a la estructura, los lombrifiltros están compuestos generalmente por 4 etapas de distintos materiales. En la capa superior, los sólidos suspendidos quedan atrapados y son consumidos por las lombrices. Luego, existe una capa de arena fina para una segunda filtración del Residuo Industrial Líquido (RIL) y finalmente las últimas dos capas están compuestas de gravilla o rocas de distintos tamaños, produciendo así una buena aireación y permeabilidad del sistema (Bravo, 2019).

Las lombrices están en gran cantidad en la capa superior, y el tipo de lombriz más usado es la lombriz roja californiana, en simbiosis con comunidades de microorganismos encargados de producir la degradación de la materia orgánica presente en aguas servidas domésticas y riles (Hernández, 2005, como se citó en Parra & Chiang, 2013).

Las condiciones ideales del hábitat para la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) están presentadas en la Tabla 20.

Tabla 20: Rangos de Parámetros para sobrevivencia de *Eisenia foetida*

Parámetro	Óptimo	Adecuado	Inadecuado
Temperatura (°C)	20	15-24	<5; >37
Humedad (%)	75	70-80	<70; >85
pH	6,5-7,5	6-8	<4,5; >8,5

Fuente: Bollo, 1999, como se citó en Bravo, 2019.

En la Tabla 21 se presentan las principales características para el dimensionamiento del sistema de tratamiento.

Tabla 21: Principales características para el dimensionamiento del sistema de tratamiento

Parámetro	Óptimo
Carga volumétrica (kgDBO/m³/d)	0,2-0,3
Tasa superficial (m³/m²/d)	0,6-0,8
Altura Lecho	1,0
Carga de Concentración de Sólidos	700-1000 mg/L
Sistema de distribución del agua servida en el lombrifiltro	Aspersores Tipo <u>Wofler</u> (diámetro de salida 6-8 mm)
Reposición Anual de viruta	Corresponde al 20% del volumen, la que se realiza en forma manual.

Fuente: SUBDERE, 2018

En Tabla 22 se determina un resumen de la eficiencia de remoción.

Tabla 22: Resumen eficiencias de remoción de tecnologías

Parámetro	% Remoción
DBO	75-90
Nitrógeno	60-70
Fósforo	60-80
Sólidos suspendidos	80-90
Coliformes fecales	60-99

Fuente: (SUBDERE, 2018)

En Tabla 23 hay ejemplos de lombrifiltros en Chile y el mundo, y las dificultades que se determinaron en su operación.

Tabla 23: Ejemplos de lombrifiltro a nivel nacional e internacional

UBICACIÓN	DIFICULTADES EN LA OPERACIÓN
<i>El Salado, Región de Atacama, Chile.</i>	Dado los 18 aluviones sufridos en 2015, se implementó con mucho éxito el lombrifiltro en la PTAS de la localidad, generando un recurso útil para riego.
<i>Los Libertadores Km 53, Región Valparaíso, Chile.</i>	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas del Enjoy Casino & Resort, en donde se trata agua servida, y sale con calidad de riego, según Norma Chilena 1.333
<i>Quiñipeumo, Talca, Región del Maule, Chile.</i>	PTAS es manejada por municipalidad pero no tenía operador encargado, encontrándose carente de un control operacional y de mantención. El efluente cumple con los parámetros exigidos por la normativa vigente para la descarga, excepto el DBO que muestra un 50% de eficiencia de remoción, el nitrógeno Kjeldahl no alcanza el grado de nitrificación requerido, los sólidos suspendidos y la calidad bacteriológica, debido a que el sistema de desinfección actúa ineficientemente por falta de control.
<i>Combaillaux, Francia</i>	En Combaillaux, comuna pequeña de 1.300 habitantes situada cerca de Montpellier, al sur de Francia, se instaló un Lombrifiltro, iniciativa ecológica para Europa.
<i>Municipio de Tinjacá- Boyacá, Colombia</i>	De los 123 municipios de Boyacá, Tinjacá es uno de los 84 municipios (68%) que no tiene PTAS, siendo necesario dar cumplimiento a la normatividad vigente y procurar el cuidado de la salud pública y medio ambiente. Para esto se propuso un diseño basado en la tecnología lombrifiltro adaptado a requerimientos del municipio.
<i>Itauguá, Departamento Central, Paraguay</i>	Los operadores tienen dificultades al medir la eficiencia del tratamiento. El riego lo hacen manualmente y con incertidumbre. No hay parámetros de riego y no se lleva un control constante del caudal de entrada ni de salida, tampoco un registro de humedad en el sistema.

Fuente: Cárdenas, 2017; Castro, 2019; Gobernación Provincial de Chañaral, 2017; RFI, 2006; Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental, 2015; SUBDERE, 2018.

En tabla 24 se postulan las principales ventajas y desventajas de un sistema tipo lombrifiltro.

Tabla 24: Ventajas y Desventajas del lombrifiltro

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Remoción de los parámetros contaminantes.	En climas extremadamente fríos puede afectar a la proliferación de lombrices en el lecho.
Bajos costos de inversión y operación: Sólo requiere de energía eléctrica para activar las bombas de una planta elevadora y los equipos de desinfección por radiación ultravioleta.	Necesidad de horqueteo, el cual consiste en abrir el lecho con horqueta para mantener un correcto esponjamiento y permitir que sólidos retenidos en la superficie se incorporen al lecho. Esto complica su aplicación en grandes instalaciones.
Genera Humus como subproducto: Este Humus se puede usar como abono para los proyectos de tipo agrícola, además las lombrices pueden ser comida de aves, y las eficiencias de remoción de NKT (Nitrógeno de Kjeldahl total) y PT (fósforo total) son altas y pueden asemejarse a las de un lodo activado	Sensibilidad a rápidos cambios de carga orgánica y parámetros químicos de agua residual. Las variaciones bruscas de carga orgánica no constituyen un peligro al sistema a excepción de las grandes variaciones de parámetros químicos o la descarga clandestina de sustancias tóxicas, en cual debe ser evitado en lo posible. No soporta variaciones grandes de carga ni caudal.
Sistema modular y ampliable, según requerimientos y necesidad de la empresa.	Necesidad de incorporar viruta de madera cada ciertos meses para no alterar el tratamiento, por lo que no soporta grandes periodos sin alimentación
Requiere un espacio reducido para su funcionamiento.	Requiere de grandes volúmenes de reactor para realizar el Tratamiento Secundario.
Fácil mantención y operación , además de cumplir con las normas de descarga para la que sea diseñado.	Requiere de un proceso de adaptación-Arranque complejo.
No produce lodos inestables, olores molestos, contaminación acústica. El sistema no se impermeabiliza.	No es recomendable para tratar grandes volúmenes de efluente ni tampoco sustratos con altas cantidades de proteínas, porque la lombriz no las asimila, se inflama el cuerpo y muere (síndrome Proteico).

Fuente: Hernández, 2005; Miranda, 2005; Cerda, 2013, SUBDERE, 2018.

5.4.2. Lombrifiltro: Esquema

La Figura 23 ilustra el esquema de un lombrifiltro, con sus respectivas etapas:

- 1) Desbaste y desarenado.
- 2) Trat. Secundario (Biofiltro)
- 3) Trat. Terciario (Cloración)

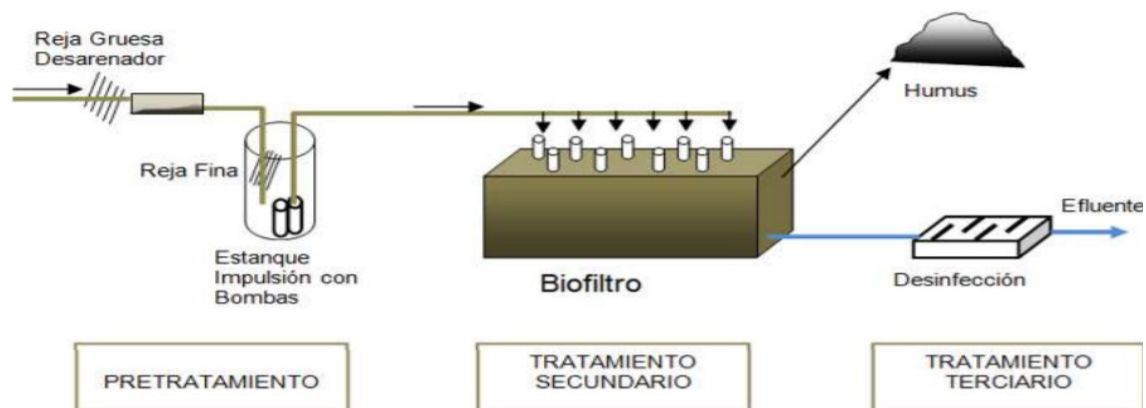


Figura 23. Esquema lombrifiltro. Fuente: FESAN, 2019.

5.4.3. Lombrifiltro: Composición

La Figura 24 muestra las capas que tiene un lombrifiltro:

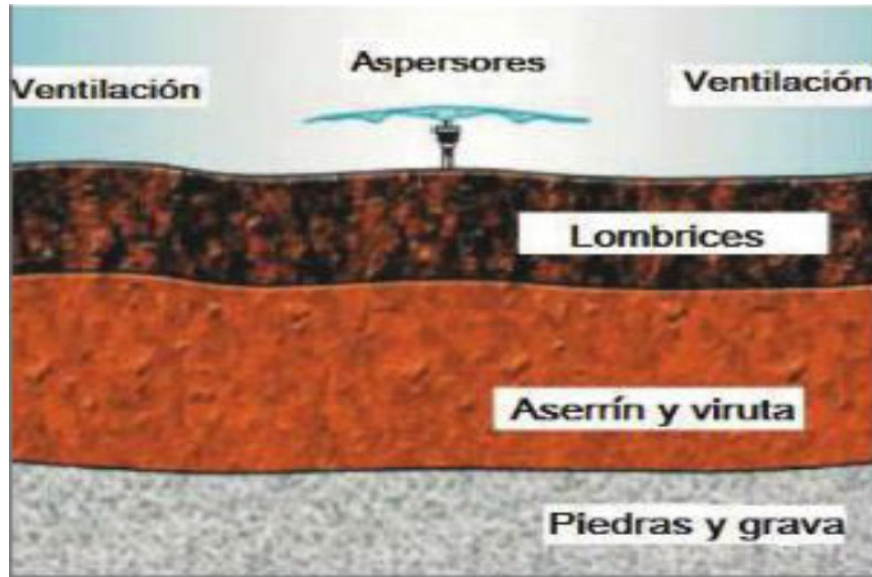


Figura 24: Capas de un lombrifiltro. Fuente: Jiménez, 2016.

Dentro del sistema, el ser vivo utilizado es la lombriz, único animal en el mundo que no transmite ni padece enfermedades, pero si muchas veces es indefenso ante las aves, las cuales pueden acabar poco a poco con lombrices que están al aire libre, solucionándose con una red sobre la superficie de las aves. Las hormigas también son un depredador natural de la lombriz y pueden acabar en poco tiempo con ellas. Son atraídas principalmente por la secreción azucarada que la lombriz produce (Martínez, 2004).

En un lombrifiltro, se pueden tratar $0,6 \text{ m}^3/\text{día}$ de aguas servidas con un área unitaria de $0,75 \text{ m}^2/\text{hab.}$ (Vidal & Araya, 2014).

5.4.4. Lombrifiltro en Villa Mercedes

En Villa Mercedes, el tipo de Planta de tratamiento usado es el ya mencionado lombrifiltro, el cual tiene distintas etapas, explicadas en la Figura 24.

Al ingresar, el afluente tiene el primer "filtro", siendo éste el tamizado. Esto corresponde a una reja gruesa ubicada al inicio del proceso, para así poder retener todos los sólidos gruesos que intenten ingresar (palos, madera, desechos, ramas, vestimenta, zapatos, artículos de aseo, entre otros). Luego, el fluido sigue su curso hasta el tambor/colador, el cual separa los sólidos pequeños que superaron el primer filtro, limpiando aún más el afluente. Posteriormente, se pasa a la piscina de las bombas, para luego, a través de tuberías, llegar a las naves. Ahí es donde se encuentra el lombrifiltro, etapa donde actúan

las lombrices, quienes están en la capa superior. Luego, atravesando las capas del lombrifiltro, el fluido avanza, llegando a la etapa de cloración. Ahí el afluente se traslada por una serie de "canales", para luego, ya como efluente, salir de la PTAS en dirección al Estero Borracho, al norte de la localidad en estudio. La figura 25 ilustra las etapas del proceso de tratamiento de aguas servidas en Villa Mercedes:

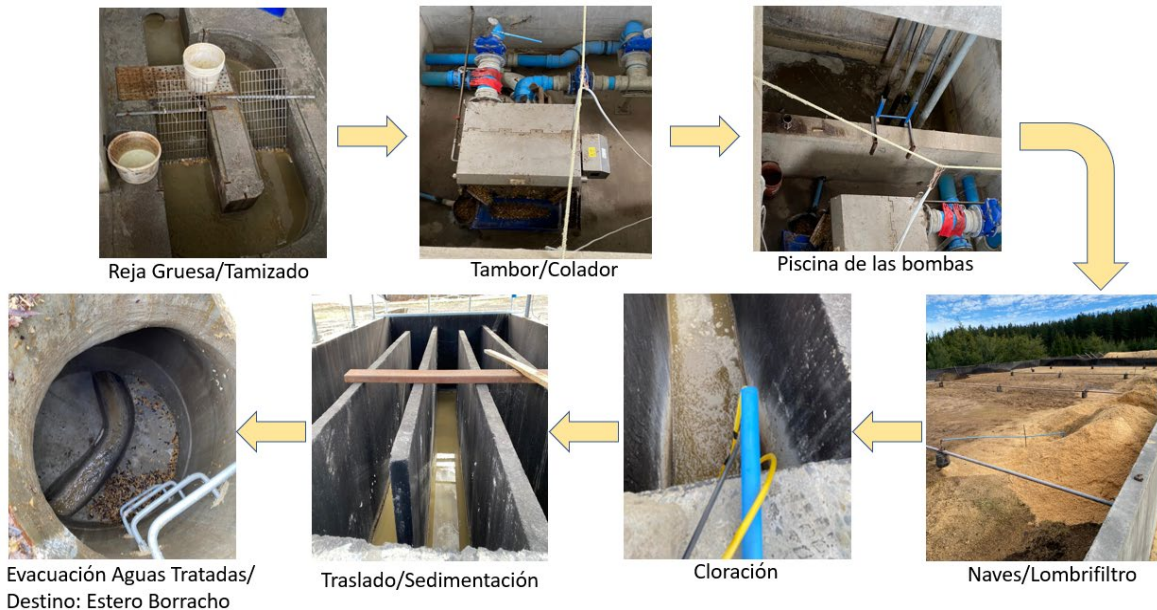


Figura 25: Proceso lombrifiltro Villa Mercedes. Fuente: Elaboración propia, en base a Visita a terreno PTAS, 2021; Comunicación Interpersonal con Operador PTAS Villa Mercedes, 2021.

Es vital determinar los valores de distintos parámetros que están inmersos en el proceso del lombrifiltro. Por ejemplo, saber la cantidad de aceites y grasas que entra y sale de la PTAS, ayuda a poder determinar futuras soluciones o detectar algún problema en la planta.

En la tabla 25 se resumen distintos parámetros y valores asociados al afluente y efluente de la PTAS y se destaca en rojo el parámetro "fósforo total", ya que es el único que aumenta entre el afluente y efluente.

En base a esto último, el valor del efluente es mayor que al de afluente, que puede sugerir la variabilidad del fósforo en el tiempo respecto al tiempo de residencia del lombrifiltro, o puede existir alguna condición de operación que permita este efecto, se requiere un seguimiento más acabado del sistema para entender lo sucedido con este parámetro.

Tabla 25: Parámetros evaluados – RIL en PTAS

¿PTAS o APR? Nombre	Organismo encargado	Fecha Recepción Muestras/ Fecha Emisión Informe	Parámetro en RIL	Unidad	Valor AFLUENTE	Valor EFLUENTE
PTAS, Lombrifiltro Villa Mercedes	Centro EULA Chile	22-07-2021/ 13-08-2021	DBO5	mgO2/l	309,0	162,3
			DQO	mgO2/l	770	476
			Fósforo Total	mg/l	11,05	18,01
			Grasas y Aceites	mg/l	71,5	14,8
			Hidrocarburos Fijos	mg/l	30,0	<10,0
			Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	124,48	71,90
			Poder Espumógeno	mm	39	31
			Sól. Suspendidos Totales	mg/l	166,0	116,4

Fuente: Elaboración propia, en base a Informe EULA 2021.

5.4.5. Determinación de eventos peligrosos y peligros en el sistema de aguas servidas.

La Tabla 26 muestra los distintos subgrupos formados para la identificación de peligros y eventos peligrosos asociados a la PTAS

Tabla 26: Conformación de subgrupos para identificación de eventos peligrosos y peligros asociados a la PTAS

Componentes:	Pre-Tratamiento
	Tratamiento Secundario
	Tratamiento Terciario
	Otros (aspectos externos, que afecten la cantidad y continuidad del servicio)
Medio de identificación de eventos peligrosos:	ES: Entrevista Semiestructurada
	I: Inspección Visual
Clasificación de las causas de los eventos peligrosos:	E: Externo
	O: Operación
	D: Diseño
	M: Mantenimiento
Peligros:	B: Biológico
	Q: Químico
	F: Físico
	G: Gestión
	I: Infraestructura

Fuente: Elaboración Propia, en base a Almuna, 2019.

5.4.6. Matriz de eventos peligrosos y peligros en el sistema de aguas servidas de la localidad de Villa Mercedes

Al igual que en el sistema de agua potable, se identificaron los eventos peligrosos en los diferentes componentes de un sistema de aguas servidas: pretratamiento, tratamiento secundario, tratamiento terciario y otros. Lo anterior, se ve reflejado en la Tabla 27 a continuación:

Tabla 27: Identificación de peligros y eventos peligrosos en sistema de aguas servidas de Villa Mercedes

Componente del sistema	Medio de identificación de eventos peligrosos	Evento Peligroso	Clasificación de las causas de los eventos peligrosos	Clasificación del Peligro
Pretratamiento:	ES, I	Falta de cámara desarenadora y desengrasadora	D	I
	ES	Equipos no adecuados para el desarrollo del proceso	D	I
	I	Recolección de diversos elementos que llegan a la PTAS, desde casas de personas conectadas al alcantarillado	O	B, Q
Tratamiento secundario:	I	Falta de registro en la cantidad de abono generado	O	G
	I	Falta de espacio para alojar el aserrín ocupado en el lombrifiltro y el abono generado	D	I
Tratamiento Terciario:	I	Presencia de ratones cerca de naves	M	B, Q, F
	I	Cloro almacenado a ras de piso	M	I
	I	Falta de reutilización del efluente de PTAS	D	G, I
	I	Presencia de vectores a las afueras de la PTAS	E	G
	ES	Falta de EPP adecuados para los operarios	O	B, Q, F

Otros:	I, ES	Operadores no usan EPP facilitados	O		B, Q, F
	I, ES	Falta de protocolos para emergencias graves (terremotos, incendios)	E		G
	I	Falta de capacitación para trabajadores	O		G
	ES	Operadores no se encuentran vacunados contra diversas vacunas (Hepatitis A, Rabia, Tétanos, Fiebre Tifoidea, etc.)	O		G, B
	ES	Falta de medición de eficiencia del lombrifiltro	O		G
	ES	Lluvia extrema	E		B, Q, F
	ES	No hay un encargado para notificar algún accidente	O		G
	ES	No existe un procedimiento de operación normal	E		G
	I, ES	Falta de recursos económicos para mejoramiento del sistema	E		G
	I	Caída de operario en escalera	D		I, F

Fuente: Elaboración propia, en base a Informe Laboratorio EULA, 2021; SEREMI Salud, 2021; Visita a Terreno Comité APR Villa Mercedes, 2021; Comunicación Interpersonal con Operador PTAS Villa Mercedes, 2021.

En la Figura 26 se muestra la cantidad y el porcentaje de los medios de identificación de eventos peligrosos.

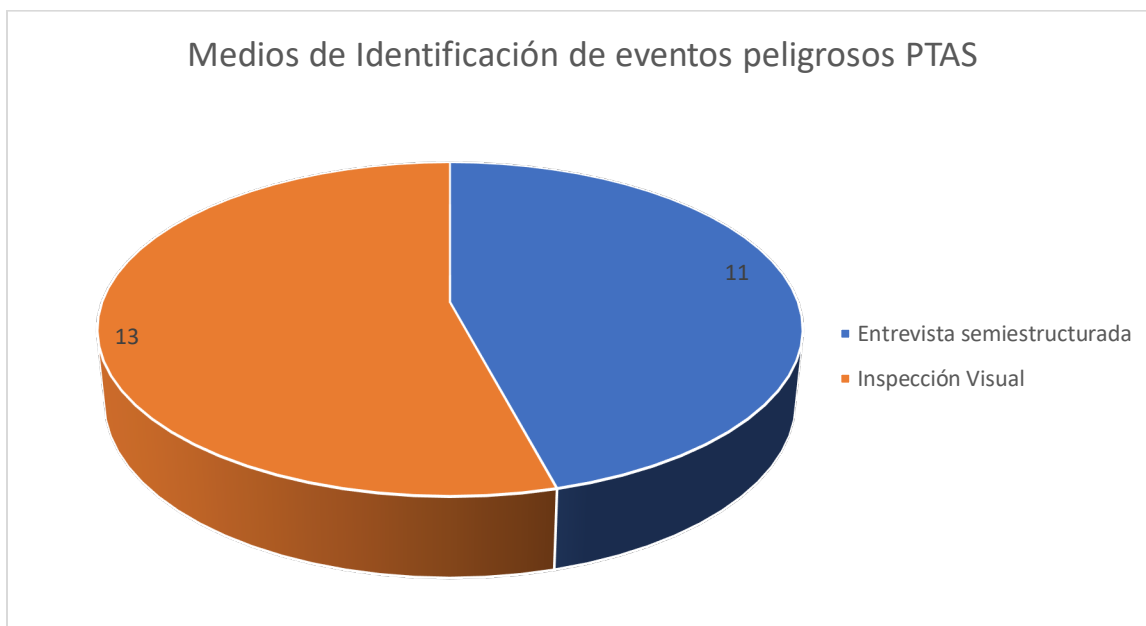


Figura 26: Medios de identificación de eventos peligrosos en la PTAS. Fuente: Elaboración propia, en base a Visita Terreno Comité APR Villa Mercedes, 2021; Comunicación Interpersonal con Operador PTAS Villa Mercedes, 2021.

Del gráfico se observa que el principal medio de identificación de eventos peligrosos en el lombrifiltro es la inspección visual, con un 54,2%; luego viene la entrevista semiestructurada, con un 45,8%.

En la Figura 27 se muestra la cantidad de eventos peligrosos identificados en el tratamiento de aguas servidas por componente.

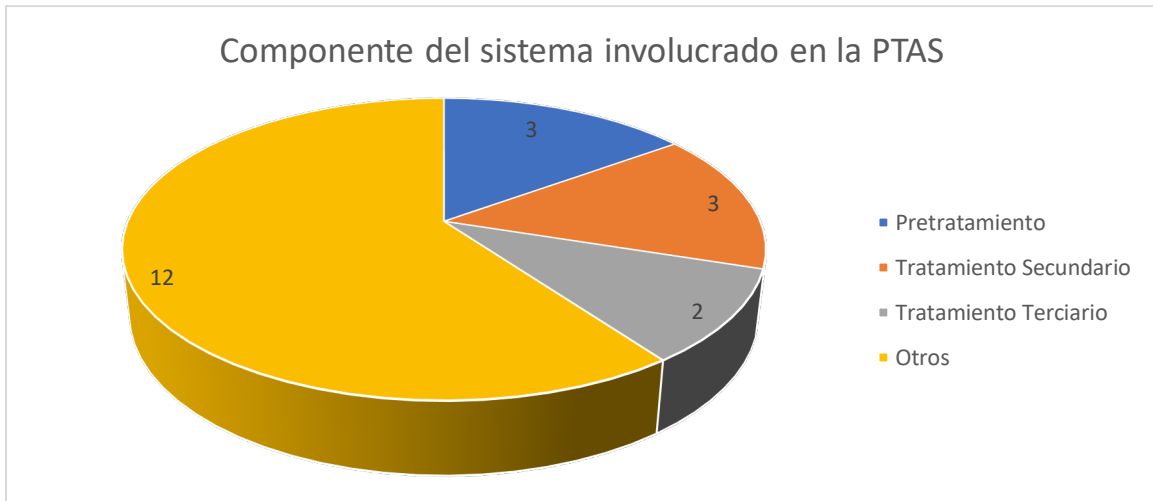


Figura 27: Componente del sistema involucrado en la PTAS. Fuente: Elaboración propia, en base a Visita Terreno Comité APR Villa Mercedes, 2021; Comunicación Interpersonal con Operador PTAS Villa Mercedes, 2021.

Del gráfico se observa que el principal componente del sistema involucrado en el lombrifiltro es el componente "otros", con un 60%, seguido del pretratamiento, tratamiento secundario y distribución, cada uno con un 15%. Finalmente está el tratamiento terciario, con 10%.

En la Figura 28 se muestra la clasificación de causas de eventos peligrosos en la PTAS:

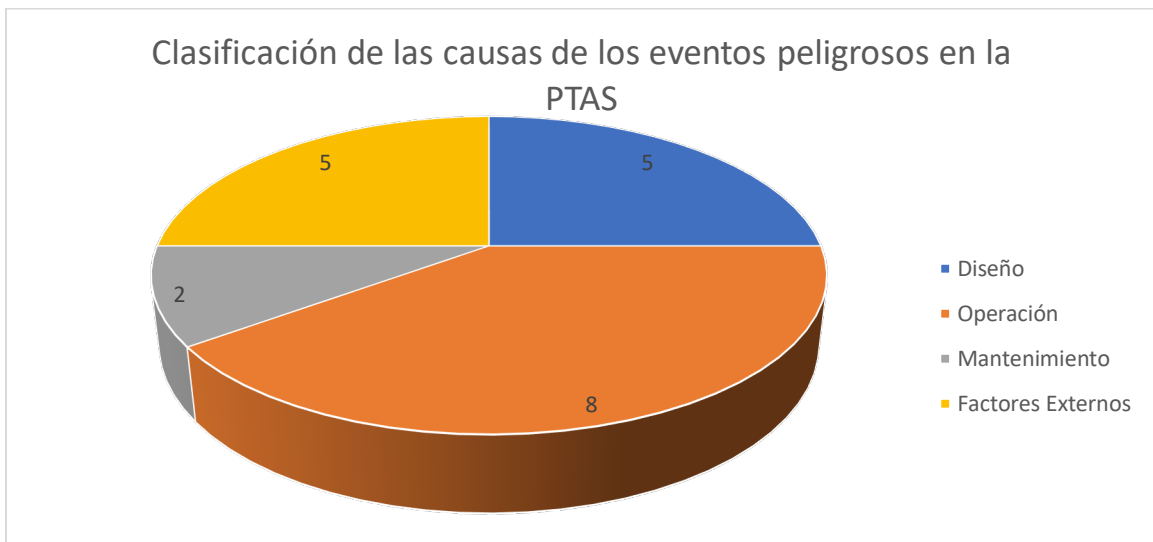


Figura 28: Clasificación de las causas de los eventos peligrosos en la PTAS. Fuente: Elaboración propia, en base a Visita Terreno Comité APR Villa Mercedes, 2021; Comunicación Interpersonal con Operador PTAS Villa Mercedes, 2021.

Del gráfico se observa que la principal causa de los eventos peligrosos asociados a la planta de tratamiento proviene de la operación, con un 40%; seguido de factores externos y diseño, con un 25%. Finalmente se encuentra el mantenimiento, con un 10%.

En la Figura 29 se muestra la clasificación del peligro en la PTAS.

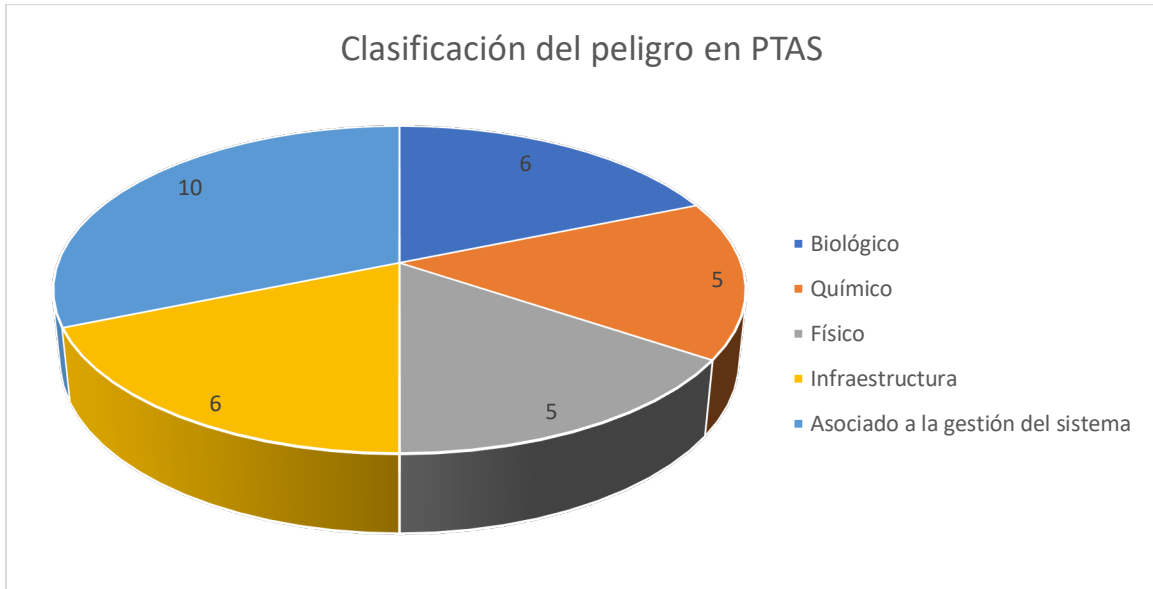


Figura 29: Clasificación de las causas de los eventos peligrosos en la PTAS. Fuente: Elaboración propia, en base a Visita Terreno Comité APR Villa Mercedes, 2021; Comunicación Interpersonal con Operador PTAS Villa Mercedes, 2021.

Del gráfico se observa que la clasificación de los peligros asociados al lombrifiltro proviene de la gestión del sistema, con un 31,2%; seguido del peligro biológico e infraestructura, ambos con 18,8%. En cuarto y quinto lugar, se encuentran el peligro químico y físico, con 15,6% cada uno.

5.6. Sugerencias y recomendaciones generales para SSR Villa Mercedes

-Fiscalizar de formar continua, ambiental y sanitariamente los puntos de descargas autorizados en la Comuna, regulando así el uso de borde y eventuales extracciones ilegales que ocurren en la zona de estudio.

-Crear una Comunidad de Aguas Subterráneas (CASUB) en donde existan personas interesadas en aprender sobre el tema "agua", con capacitación para ellos/as por parte de la academia y personas pertenecientes al ámbito sanitario.

- Implementar un Programa participativo, el cual tenga en el centro al vecino de la localidad, y que funcione como apoyo a la gestión territorial integrada que se busca lograr.
- Fortalecer las iniciativas relacionadas al ámbito tecnológico, con un énfasis en el análisis de datos, fundamental en el mundo de hoy.
- Determinar la composición de RILES y descargas de establecimientos industriales presentes en la cuenca hacia los cursos de aguas superficiales.
- Evitar la instalación de actividades productivas que tengan un alto impacto o puedan poner en riesgo la calidad de las aguas/salud de las personas.
- Conocer y medir la calidad fisicoquímica de los cursos de aguas superficiales y subterráneas, a través de diversos estudios científicos.

5.6.1. Medidas de mejora y recomendaciones para el sistema de agua potable.

Luego de identificar y determinar los peligros y eventos peligrosos en el sistema de agua potable se realizan las siguientes recomendaciones sobre el Sistema Sanitario Rural de Villa Mercedes:

- Seguir realizando limpieza en el sector donde se encuentra la captación y alrededor de ella, además de efectuar mantenciones al tablero eléctrico.
- Realizar limpieza de tuberías de manera periódica, y así evitar posibles accidentes o detenciones en el sistema de la localidad.
- Identificar y registrar correctamente los equipos críticos, para que cuando falle alguno, se pueda tener claridad de lo que se debe arreglar o en definitiva cambiar.
- Realizar mantención periódica al equipo de cloración.
- Con respecto al punto anterior, es muy necesario, sobre todo para localidades apartadas como la estudiada en este informe, el tener piezas de recambio o repuesto (por ejemplo: bombas), y así mantener un servicio constante.
- Continuar con los registros mensuales asociados a los niveles freáticos de los pozos que se utilizan para abastecer con agua al sistema.

-En caso de emergencias, tales como inundaciones, incendios y terremotos, entre otros, se sugiere elaborar y aplicar un protocolo con medidas a seguir.

-Los productos químicos utilizados deben estar almacenados en lugares apropiados, y no a ras de piso, sobre todo por la gran humedad presente en la zona, lo que podría afectar el rendimiento del químico.

-Los productos utilizados en el sistema deben ser manipulados con Elementos de Protección Personal (EPP), sobre todo los que tengan cierto peligro para el operar, como, por ejemplo, el cloro.

-Realizar un seguimiento al parámetro de nitratos y así tomar medidas de control.

-Se recomienda que una vez la SEREMI o el laboratorio encargado realice la entrega de los resultados de calidad de agua potable, estos sean revisados en conjunto entre los operadores del sistema y personas encargadas del comité.

5.6.2. Medidas de mejora y recomendaciones para el sistema de aguas servidas.

Luego de identificar los peligros y eventos peligrosos en el sistema de aguas servidas se realizan las siguientes recomendaciones al Comité de Agua Potable Rural de la localidad de Tomeco:

-Mantener y limpiar periódicamente tuberías en el sistema de alcantarillado.

-Identificar y registrar correctamente los equipos críticos, para que cuando falle alguno, se pueda tener claridad de lo que se debe reparar o cambiar.

-Con respecto al punto anterior, es muy necesario, sobre todo para localidades apartadas como la estudiada en este informe, el tener piezas de recambio o repuesto (por ejemplo: bombas), y así mantener un servicio constante.

-Seguir realizando mensualmente los análisis de calidad de agua en el afluente y efluente de la PTAS, y si fuera posible, aumentar los parámetros a evaluar.

-Crear un sector en donde se pueda acopiar la viruta. Posterior a eso, ese sector se debe mantener limpio.

-Tener un contenedor en donde se pueda depositar el abono generado por el lombrifiltro, y luego vender o generar asociaciones con entidades locales o comunales, las cuales pueden necesitar de este humus.

-Capacitar a los operadores en el funcionamiento de la PTAS, recalcando la importancia de ciertos procesos vitales al interior de la planta, como también como la exposición a ciertas emergencias.

-Brindar a los operadores un esquema de vacunación contra ciertas enfermedades asociadas a la PTAS (por ejemplo, Influenza, Rabia, Tétanos, Fiebre Tifoidea, Hepatitis A, entre otras), producto de su permanente exposición a patógenos en las aguas residuales.

-Se recomienda tener registrado los parámetros de interés en versión digital, con el objetivo de acceder a la información de manera más expedita, dado que, si se tienen en papel, se pueden perder o borrar.

De acuerdo con los resultados de las entrevistas realizadas al personal del comité (presidenta y operarios), y si bien en las reuniones se conversan de forma periódica los temas de agua, no existen instancias en donde actores que sean expertos en el ámbito sanitario, puedan interactuar con la localidad y con los miembros del Comité de APR, por lo tanto, este estudio puede dar ciertos lineamientos y directrices para poder efectuar este tipo de actividades.

6. DISCUSIÓN

Los pasos fundamentales con relación a los PSA y PSS son determinar los peligros y eventos peligrosos que afecten la seguridad de abastecimiento, las medidas de control existentes y los riesgos de exposición, por lo tanto, es clave realizar visitas a terreno e inspeccionar el sistema, realizar entrevistas a las personas involucradas, tanto del comité como del APR y la PTAS, además de recopilar la mayor información posible que esté disponible.

La discusión realizada en esta sección se dividirá en los dos componentes del SSR: APR y PTAS. Además, existirá un apartado "otros", en el que se discutió de forma más profunda sobre el nuevo reglamento de la ley 20.998/2017, resultados de acuerdo con el decreto supremo 735/1969, archivos solicitados por ley de transparencia y lo que respecta a la contribución a los ODS pertinentes a este estudio.

6.1. APR:

-En lo que se refiere al consumo eléctrico, en diciembre de 2020, el APR calculó un consumo de 21.196 kWh, muy por sobre la media que expone el gráfico denominado "Consumo Energía Eléctrica". La principal causa puede ser la mala digitalización del Operario a cargo, ya que, en diciembre de 2019, el consumo fue de 6.134 kWh, y en diciembre de 2018 el consumo fue 3.500 kWh. Además, están las boletas que acreditan un pago de luz normal (ver anexo 6). Todos los valores mencionados anteriormente son de 4 dígitos, lo que hace aún más extraño el valor tan alto correspondiente al mes de diciembre de 2020. Otras posibles causas pueden ser:

*Evento extraordinario ocurrido ese día, como por ejemplo alguna rotura de tubería, evento de bomberos, entre otros.

*En diciembre de 2020 existieron 17 días con temperaturas que superaron la máxima promedio (AccuWeather, 2021) de la comuna de Quilleco, pudiendo afectar en el mayor consumo de agua por parte de la comunidad de Villa Mercedes.

Por contraparte, en enero de 2019, el consumo fue de 230 kWh. La principal causa puede ser la mala digitalización del Operario a cargo, ya que en enero 2020 el consumo fue de 8.460 kWh y en enero de 2021 de 4.120 kWh, es decir, valores con 4 dígitos. Otras posibles causas pueden ser:

*Ausencia de personas en la localidad en estudio dado el mes, el cual generalmente es usado para vacaciones.

*Camión aljibe repartió, a los hogares que se encuentran más apartados, más litros de agua de lo habitual (al ser verano el consumo de agua de las familias es mayor).

-Con respecto al Cloro Residual Libre, el operador del APR realiza diferentes muestreos en Villa Mercedes: cercanos a la captación de Villa Las Flores y próximo también a la captación de Villa Mercedes, además de otros puntos en la zona de estudio (ver anexo 7). De acuerdo con la imagen insertada en Anexo, los valores de la planilla "Registro Cloro Residual Libre" están dentro del margen de operación normal (ver anexo 7.1) (la NCh 409 recomienda un máximo de 2,0 mg/L en condiciones normales de operación, y un mínimo de 0,2 mg/L) (CiperChile, 2013).

-Para los gráficos de "Producción de agua" asociados a las captaciones de Villa Mercedes y Villa Las Flores, son dispares. Para el primero, se observa una recta inclinada en 45°, con valores que están dentro de la lógica, es decir, mientras más trabaja la bomba, más agua produce y extrae de la napa. De todas formas, hay valores anormales de trabajo de bomba, por ejemplo, el día 8 y 26, con 12 y 14 horas, respectivamente. El punto a favor es que se produjo mucha más agua de la que se produce normalmente, con 271 m³ y 309 m³ respectivamente.

En cuanto a Villa Las Flores, el gráfico muestra una producción de agua que tiende a ser constante. Es decir, por ejemplo, en 2 horas de trabajo para el 26, se producen 210 m³, pero para el día 30, en 7 horas de trabajo de bomba, se producen 205 m³. Además, para el día 25, la bomba trabajó 12 horas, generando 146 m³. Sin duda que son resultados singulares, y que se pueden deber a diferentes factores: cantidad de agua disponible en el acuífero, problemas asociados a la bomba sumergible, error en el resultado asociado al operario, entre otros.

-Para los parámetros evaluados en el agua potable para consumo humano por parte del MINSAL, en base al Decreto Supremo 735, los resultados fueron buenos, no superando ninguno el límite máximo.

-La matriz de peligros y eventos peligrosos asociada al APR posee 15 eventos peligrosos, con 3 componentes asociadas al sistema y diferentes medios de identificación, con ciertas clasificaciones de las causas y los peligros. Por otro lado, la matriz de peligrosos y eventos peligrosos asociadas a la PTAS posee 19 eventos peligrosos, con 4 componentes asociadas al sistema y distintos medios de identificación y causas.

Con respecto a la Figura 20, el mayor medio de identificación es la entrevista semiestructurada, con un total de 10 (52,3%), y posteriormente la inspección visual, con 7 (36,8%). Estos resultados tienen relación a las diversas visitas a terreno que sucedieron en los meses que se desarrolló la investigación, en donde se pudieron preparar preguntas para los actores del sistema, con una lista de chequeo asociada. Sumado a eso, se pudo visitar las instalaciones asociadas a los pozos de Villa Mercedes y el lombrifiltro de la comunidad. La información bibliográfica fue bastante poca, con 1 (5,3%), teniendo este número bastante lógica, ya que si bien se puede encontrar información de Quilleco (y hasta de Canteras), distinto es para la localidad de Villa Mercedes, la cual se encuentra apartada y distante del centro mismo de la comuna.

El principal componente del APR mencionado en esta investigación es el componente "otros". Eso va ligado a la principal causa de los eventos peligrosos asociados, la cual proviene de factores externos.

-También es importante leer el reglamento de la ley 20.998/2017, y discutir lo que sucede en la zona de estudio con lo que pide la ley, y en ese ámbito, el artículo 42 habla sobre "Continuidad del Servicio" (nivel de presión mínima del servicio). El inciso "a" estipula que la "disminución de presión, se avisará mediante comunicación escrita a los afectados", lo cual el operador APR nos mencionó que hace algunos meses/años no se estaba cumpliendo, ya que el operador anterior no tenía abierta las llaves completamente, recibiendo la población un servicio que podría haber sido mejor.

El artículo 44, inciso h, menciona el derecho del usuario a asistir a todo acto o reunión convocada para los usuarios del sistema. En conversación con integrantes del comité, se pudo determinar que los asistentes a reuniones son bastante poco (menos del 20% de los vecinos que son parte del SSR), aunque se extiende la invitación a todos los vecinos.

6.2. PTAS:

-Con respecto a los diferentes casos de lombrifiltros expuestos en el informe, es necesario relacionarlos con lo sucedido en Villa Mercedes:

*Itauguá, Departamento Central, Paraguay: Los operadores, aunque tienen dificultades para medir la eficiencia del tratamiento, lo intentan realizar. Para Villa Mercedes en cambio, no se mide la eficiencia que tiene el lombrifiltro, y si el objetivo es poder brindar agua libre de parámetros contaminantes, es necesario calcular la eficacia que tiene la Planta de Tratamiento.

*Quiñipeumo, Talca, Región del Maule, Chile: Planta manejada por la municipalidad, pero sin un operador encargado. Esto conlleva resultados deficientes, siendo algunos ejemplos claros, como el DBO, el cual sólo muestra un 50% de eficiencia de remoción, y el nitrógeno Kjeldahl no alcanza el grado de nitrificación requerido. Por su parte, el lombrifiltro en Villa Mercedes, el cual, si tiene un control constante de operación y mantención, existiendo, al momento de haber realizado la visita a terreno y por consiguiente entrevista semiestructurada, dos operadores en la Planta. Al tener dos operadores, existe una mayor posibilidad de tener buenos resultados en la medición de rendimiento, ya que, si uno de los dos no puede realizar alguna tarea, el otro operador lo puede cubrir y realizar la función respectiva.

*Los otros dos lombrifiltros mencionados en Chile (Localidad El Salado, Chañaral, Región de Atacama, y el ubicado en Autopista Los Libertadores Km 53, Rinconada, Región de Valparaíso), estos han sido implementados de forma correcta, generando recurso útil para el riego, algo de lo cual también debe ser implementado en la PTAS de Villa Mercedes, ya que al momento de la visita, el agua que salía de la planta, la cual a la vista de todos era de buena calidad, iba a parar al Estero Borracho, pero sin un uso secundario.

*Para Colombia y Francia, se propusieron diseños basados en la tecnología de lombrifiltro, adaptado a requerimientos de los municipios (cantidad de habitantes). El operario de la PTAS, según entrevista semiestructurada, nos comentó que el lombrifiltro está operando cercano al máximo de su capacidad, lo cual viene a ratificar la importancia del diseño inicial de estos proyectos, los cuales debe ser pensados para un aumento importante en la población durante los próximos años. En general el lombrifiltro, para varios países sudamericanos y sobre todo Europa, es una iniciativa ecológica, la cual podría ser aún más difundida.

-En cuanto al porcentaje de eliminación de diversos parámetros evaluados en la PTAS de Villa Mercedes:

*Ningún parámetro superó el 80% de remoción de algún contaminante, y en comparación con las 4 referencias bibliográficas anexadas, el rendimiento no es el esperado. Los únicos 2 parámetros que superaron a la referencia de "Estudio de Soluciones Sanitarias Rural, 2017. Planta de Quiñipeumo, Talca" es Nitrógeno Total Kjeldahl, con un 42,24% por sobre un 17%; y aceites y grasas, el cual se pudo remover cerca del 80%, mientras que en la referencia aparece un 58% (ver anexo 8).

Con respecto a la referencia "Evaluación de la eficiencia del sistema lombrifiltro empleando a la especie *Eisenia foetida* en la remoción de nutrientes de las aguas residuales domésticas", se superó el parámetro Nitrógeno Total, ya que la referencia tiene un valor de 33,72%, y en Villa Mercedes es de 42,24%.

Las posibles causas al rendimiento mostrado en el lombrifiltro pueden ser por:

- La ausencia de cámara desarenadora y desengrasadora.
- El tamaño del lombrifiltro, ya que las referencias suelen ser experimentos con aguas residuales domésticas en espacios reducidos, y la PTAS de Villa Mercedes supera los 150-200 metros cuadrados aproximadamente (dato no exacto, ya que no se pudieron obtener las medidas exactas del lombrifiltro), según lo visto en visita a terreno.
- Equipos usados en la PTAS, según lo comentado por Operario y por integrantes del Comité de APR, no son los adecuados para un buen rendimiento de la planta.

-También es interesante analizar y discutir resultados de tabla de parámetros evaluados del RIL en PTAS y los "Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales", asociados al D.S 90 (ver anexo 9). El resultado es muy preocupante, ya que en los parámetros DBO5, Fósforo, Nitrógeno Total Kjeldahl, Poder espumógeno y sólidos suspendidos totales, superan el máximo permitido de cada parámetro de la norma, indicando un bajo rendimiento del lombrifiltro.

-Con respecto a la figura 27, los dos medios de identificación para los eventos peligrosos fueron la inspección visual y la entrevista semiestructurada. La primera fue levemente más determinante para los resultados, con un 54,2%, pero los dos medios se originan principalmente por las visitas a terreno realizadas a la zona de estudio, pudiendo así determinar los eventos peligrosos que se generen en la planta de tratamiento.

Al igual que en el APR, el mayor componente involucrado en la PTAS es el componente "otros". Esto se puede asociar a la segunda causa más importante de los eventos peligrosos, que viene siendo los "factores externos".

La primera causa de los eventos peligrosos detectados en el lombrifiltro es la "operación". Esto se puede deber a lo comentado por el operario de PTAS y Comité de ARP: Equipos no son los idóneos para el proceso, falta de espacio para humus generado o aserrín depositado, nula reutilización de efluente de la planta, entre otros factores.

Para el gráfico de “clasificación de peligros en la PTAS”, se une lo expresado en el último párrafo, ya que el mayor peligro es la “gestión del sistema de agua potable rural”. Eso se refleja en que las medidas y equipos de seguridad para los operarios (guantes, vestimenta, EPP, calzado, protocolos, supervisión, entre otros) pueden mejorar.

6.3. Otros:

En lo que respecta al reglamento de la ley 20.998/2017, el artículo 45, inciso c, expone que las instalaciones se deben usar correctamente, y no vaciar a los sistemas de recolección objetos, basuras, materiales varios, algo que claramente no se cumple, ya que al visitar la PTAS se aprecian gran cantidad de objetos, de todos los tipos y tamaños (ropa, placas dentales, juguetes, afeitadoras, por mencionar algunos).

En total son 128 artículos, los cuales dan lineamientos importantes para el buen funcionamiento de los sistemas, pero que al principio costará implementar en todo el país, dado que el reglamento menciona muchos ítems que en este momento no todos los comités de APR tienen, y demoran meses o incluso años en poder lograrlos o hacer que funcionen de buena forma (carga variable por el servicio de saneamiento, fondos de reposición y reinversión, entre otros).

Sobre la ley de transparencia y los documentos solicitados, estos no se pudieron obtener por diversos motivos, pero el principal es el tiempo que transcurre desde que se hace la solicitud formal por correo, hasta que la entidad correspondiente envía un documento por correo electrónico, el cual muchas veces no aporta información a la investigación ni menos responde lo solicitado. En ese lapsus de tiempo transcurren varias semanas, cruciales en una investigación de este tipo.

Es importante destacar la gran relación que tiene esta investigación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). De los 17 ODS existentes, la investigación en curso contribuye en 2, los cuales son:

-ODS 3: Salud y Bienestar. El mundo tiene diversos problemas para alcanzar los ODS relacionados con salud. El progreso ha sido distinto entre todos los países, y también como dentro de ellos. La discrepancia es de 31 años entre los países con la esperanza de vida más corta y la más larga. Se debe erradicar la cifra de 1,6 mil millones de personas, las que viven en ambientes frágiles donde las largas crisis, combinadas con servicios sanitarios precarios, presentan un desafío significativo para la salud global.

-ODS 6: Agua Limpia y Saneamiento. El ODS 6 es uno de los más importantes hoy en día. Una de cada tres personas no posee agua potable salubre, dos de cada cinco

personas no tienen una instalación básica destinada a lavarse las manos con agua y jabón, y más de 673 millones de personas aún defecan al aire libre, siendo números aún bastante preocupantes (PNUD, 2021).

Por último, he de mencionar que uno de los principales inconvenientes para esta investigación fue la pandemia, sumado a que la documentación disponible estaba en papel, y no en formato digital. Además, al ser una zona alejada, el contacto con las personas del comité y operarios se dificultó aún más.

7. CONCLUSIONES

Las herramientas de Planes de Seguridad del Agua (PSA) y Planes de Seguridad de Saneamiento (PSS) son eficaces y con un enfoque preventivo, de gran utilidad para el buen funcionamiento de los sistemas de agua potable y aguas servidas.

A priori, la nueva ley 20.998 es una guía para poder realizar un buen trabajo en las localidades rurales, porque busca un mejor servicio, continuo y de calidad. Pero todo lo anterior no se puede realizar sin iniciativas ni estrategias, que vayan de la mano con una correcta planificación y definición de acciones, programas, proyectos y estudios. Para Villa Mercedes, localidad en la cual se centró esta investigación, existen importantes desafíos asociados a la cantidad, calidad y gestión del agua.

Además, para que el SSR mejore o avance, se requiere de apoyo económico, pudiendo así contratar personal capacitado para el funcionamiento de los pozos y el lombrifiltro, mejores estudios hidrogeológicos, más monitoreo para poder evaluar qué pozo tiene más agua, y abastecer correctamente a más población.

En definitiva, en base al objetivo específico 1:

- Se logró realizar una descripción del SSR Villa Mercedes tanto operativamente como de gestión, destacando las siguientes brechas:
 - Ausencia de procedimiento de trabajo
 - Ausencia de EPP y protocolos asociados a un trabajo seguro
 - Deficiencias en infraestructura, especialmente en el Lombrifiltro

Del objetivo específico 2:

- Se determinaron peligros y eventos peligrosos del SSR, donde los más relevantes son:
 - Peligro microbiológico, el cual causa un efecto sobre la salud del operador de la planta de aguas servidas.
 - Contaminación del estero con patógenos
 - Peligros físicos:
 - Por ausencia de señalética en planta, que causa riesgos laborales como caídas de diferentes niveles.
 - Disponibilidad de energía eléctrica, lo que causa parada de operación de bombas en planta de agua potable, disminuyendo disponibilidad de volumen de agua.

Con relación al objetivo específico 3:

- Se propusieron medidas operacionales y de gestión. Dentro de las medidas propuestas se destacaron: 9 de corto de plazo, y 2 de carácter urgente. Además, se propusieron 14 de mediano plazo y 4 de largo plazo.

De acuerdo con el objetivo general, este estudio logra identificar un número relevante de peligros y eventos peligrosos en el contexto del PSA y PSS. Peligros y eventos peligrosos que se analizaron proponiendo medidas para subsanar lo identificado.

Contribución de este estudio a los ODS.

Esta investigación se relaciona con dos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) existentes, los cuales son: ODS 3 (Salud y Bienestar) y ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento). En cuanto al primero, el progreso ha sido distinto entre todos los países, y también como dentro de ellos. La discrepancia es de 31 años entre los países con la esperanza de vida más corta y la más larga. Se debe erradicar la cifra de 1,6 mil millones de personas, las que viven en ambientes frágiles donde las largas crisis, combinadas con servicios sanitarios precarios, presentan un desafío significativo para la salud global. Para el ODS 6, es uno de los más importantes hoy en día, una de cada tres personas no posee agua potable salubre, dos de cada cinco personas no tienen una instalación básica destinada a lavarse las manos con agua y jabón, y más de 673 millones de personas aún defecan al aire libre, siendo números aún bastante preocupantes (PNUD, 2021).

8. REFERENCIAS

- AccuWeather, 2021. Gráfico de temperaturas. Recuperado de: <https://www.accuweather.com/es/cl/quilleco/57637/december-weather/57637?year=2020>. Consultado el 1 de septiembre de 2021.
- AGRIMED, 2017. ATLAS AGROCLIMÁTICO DE CHILE. Tomo IV: Regiones del Biobío y de La Araucanía. Recuperado de: <http://www.agrimed.cl/images/contenido/Tomo4.pdf>. (Consultado el 11 de mayo de 2021).
- Almuna, C. (2019). Peligros y eventos peligrosos para el sistema de saneamiento rural en un contexto de planes de seguridad del agua (PSA) y planes de seguridad de saneamiento (PSS) de un caso estudio.
- Amulén, F. (2019). Pobres de agua. Radiografía del agua rural de Chile: Visualización de un problema oculto. Santiago, Chile. Fundación Amulén.
- ANDESS, (2018). Disponibilidad de agua y apoyo de la industria sanitaria. Sistemas de Agua Potable Rural Verano 2019. Recuperado de: https://www.andess.cl/wp-content/uploads/2019/03/PLAN-APR-2019_web.pdf. (Consultado el 14 de mayo de 2021).
- ANDESS, (2018). Aportamos calidad de vida. Plan Verano 2019. Recuperado de: <https://www.andess.cl/wp-content/uploads/2019/03/PLAN-VERANO-2019.pdf>. Consultado el 14 de mayo de 2021.
- ARAUCO, (2017). Con trabajo conjunto, comunidades, empresas y organismos públicos se unen para prevenir incendios. Recuperado de: <https://www.arauco.cl/chile/trabajo-conjunto-comunidades-empresas-organismos-publicos-se-unen-prevenir-incendios/>. (Consultado el 29 de abril de 2021).
- Baeza, C., Concha, S., Domínguez, A., González, P., Pino, D., Parra, O., Rojas, O., Urrutia, R., Vallejos, S. (agosto, 2018). DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA: ESTUDIO EN LA CUENCA DEL RÍO BIOBÍO. Revista AIDIS, 57, 24-25.
- Bakir, H. (2020). THINK BIG, START SMALL and SCALE UP: A road map to support country-level implementation of water safety plans and sanitation safety plans. DESALINATION AND WATER TREATMENT, 176, 65-65.

- Bartram, J., Fewtrell, L., & Stenström, T. A. (2001). Harmonised assessment of risk and risk management for water-related infectious disease: an overview (pp. 1-16). IWA Publishing, London.
- BCN, 2017. Ley 20.998, Regula los Servicios Sanitarios Rurales. Recuperado de: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1100197>. (Consultado el 15 de mayo de 2021).
- BCN, 2000. Decreto 90: Establece Norma de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. Recuperado de: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=182637>. (Consultado el 2 de junio de 2021).
- Bravo, M. (2019). Diseño y evaluación del uso de lombrifiltro como alternativa al tratamiento de residuos líquidos industriales en el proceso de producción de carragenina.
- Calvo, M. A. A., & Cariola, E. C. (2006). Historia del sector sanitario chileno. De la gestión estatal hasta el proceso de privatización. Instituto de Investigación de las Naciones Unidas para el Desarrollo Social.
- Cárdenas, A., 2017. Diseño y modelación de un sistema de alimentación para lombrifiltros. Múnich, GRIN Verlag. Recuperado de: <https://www.grin.com/document/411853>. (Consultado el 7 de mayo de 2021).
- Castro, E. (2019). Estudio de viabilidad técnica y económica de la implementación del sistema Tohá (lombrifiltro) para el tratamiento de las aguas residuales en el municipio de Tinjacá-Boyacá.
- Cerdeña, J. (2013). Estudio Técnico-económico para la ampliación de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Malalhue, comuna de Lanco. 1-160
- Cerón, L. M., Sarria, J. D., Torres, J. S., & Soto-Paz, J. (2021). Agua subterránea: tendencias y desarrollo científico. Información tecnológica, 32(1), 47-56.
- CiperChile, 2013. Agua Potable – Parte 1 – Requisitos. Recuperado de: <https://ciperchile.cl/pdfs/11-2013/norovirus/NCh409.pdf>. (Consultado el 6 de septiembre de 2021).
- DOH, (2020). Nueva Ley 20.998 sobre Servicios Sanitarios Rurales entra en vigencia a partir del 20 de noviembre. Noticias Agua Potable Rural. Recuperado de:

http://www.doh.cl/APR/Paginas/Detalle_noticia_APR.aspx?item=76. Consultado el 15 de mayo de 2021.

-Echeverría, E. 2015. Normativas y reglamentaciones Calidad del agua para consumo humano. Recuperado de: http://cdn.hannachile.com/hannacdn/marketing/capacitacion/2015/12/Normativas_y_reglamentaciones_Calidad_del_Agua_para_consumo_humano_0.pdf. (Consultado el 18 de mayo de 2021).

- Ekwere, Azubuike & Oyonga, Oyonga & Banda, Maingaila. (2020). Assessment of effectiveness of water safety plans (WSP) on water quality in rural communities of Anambra State, south-eastern Nigeria. *Water Supply*. 21. 10.2166/ws.2020.353.

-EULA, 2021. Informe de Resultados. Laboratorio Ensayos EULA. Informe N° 1379/2021-A.

-Monteiro, T., 2015. OPS/OMS – ETRAS, Lima – Perú.

-FESAN, 2019. Elección de una planta de tratamiento de aguas servidas para un servicio de saneamiento rural (SSR). GESTIÓN TÉCNICA COMERCIAL DE UN SSR. Recuperado de: <https://fesan.coop/wp-content/uploads/2019/10/Manual-Evaluacion-alternativas-PTAS.pdf>. (Consultado el 5 de julio de 2021).

-FONIS, 2020. Evaluar la implementación del enfoque PSA y PSS en comunidades rurales de la Región del Biobío, para la prevención de enfermedades relacionadas con el agua. XVII CONCURSO NACIONAL DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD.

-Gatica García, L. A. (2016). Metodología de redes bayesianas para estimar el costo probable de proyectos de agua potable rural (Doctoral dissertation, Universidad Andrés Bello (Chile)).

-Gatto D'Andrea, M. L., Iribarnegaray, M. A., Fleitas, A. V., Arredondo, F., Cabral, J. D., Copa, F. R., & Seghezzi, L. (2011). Un plan de seguridad del agua para la ciudad de Salta. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 15.

-Gil, C. G. (2018). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): una revisión crítica. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, 140(1), 107-118.

-Gobernación Provincial de Chañaral (2017). Vecinos de la localidad de El Salado son beneficiados con nueva Planta de tratamiento de Aguas Servidas. Recuperado de:

<http://www.gobernacionchamaral.gob.cl/noticias/vecinos-de-la-localidad-de-el-salado-son-beneficiados-con-nueva-planta-de-tratamiento-de-aguas-servidas/> (Consultado el 7 de mayo de 2021).

-HERNÁNDEZ, Y. (2005). ANTEPROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PARA APLICACIÓN DE LOMBRICULTURA AL TRATAMIENTO DE PLANTA LLAU-LLAO DE SALMONERA INVERTEC SA (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE).

-Herschan, J., Rickert, B., Mkandawire, T., Okurut, K., King, R., Hughes, S. J., ... & Pond, K. (2020). Success Factors for Water Safety Plan Implementation in Small Drinking Water Supplies in Low-and Middle-Income Countries. *Resources*, 9(11), 126.

-Howard, G., Godfrey, S., Tibatemwa, S., & Niwagaba, C. (2005). Water safety plans for piped urban supplies in developing countries: a case study from Kampala, Uganda. *Urban Water Journal*, 2(3), 161-170.

-INE, 2017. RESULTADOS CENSO 2017. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS. Recuperado de: <http://resultados.censo2017.cl/Region?R=R08>. (Consultado el 29 de abril de 2021).

-INE, 2019. DIVISIÓN POLÍTICO-ADMINISTRATIVA Y CENSAL, REGIÓN DEL BIOBÍO. DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS. Recuperado de: <https://geoarchivos.ine.cl/File/pub/poblaci%C3%B3n-y-vivienda-biob%C3%ADo.pdf>. (Consultado el 29 de abril de 2021).

-International Water Association. (2009). Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: método pormenorizado de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Organización Mundial de la Salud.

-ISP, 2014. SITUACIÓN DE VACUNACIÓN EN TRABAJADORES Y TRABAJADORAS EN CHILE. Recuperado de: https://www.ispch.cl/sites/default/files/SituacionVacunacion_14072014A.pdf. (Consultado el 6 de septiembre de 2021).

-Jiménez, A. (2016). Estudio de un sistema de un tratamiento de agua residuales proveniente de una fábrica de embutidos. Escuela politécnica nacional.

-JUPER, 2014. Tabletas reactivo DPD Nº1. Recuperado de: http://www.juper.net/tabletas_reactivo_dpd_n1_070372.aspx. (Consultado el 19 de mayo de 2021)

- Lahera, R. (2010). Infraestructura sustentable: las plantas de tratamiento de aguas residuales. Quivera. Revista de Estudios Territoriales, 12(2), 58-69.
- LOPEZ MONTERO, V. J. (2020). PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTIÓN PARA COMITÉS DE AGUA POTABLE RURAL, COMUNA DE SAN JUAN DE LA COSTA.
- Martínez Marchorro, L. G. (2004). Efecto de la densidad de siembra de lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*), en pulpa de café, sobre los aspectos productivos y reproductivos (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
- MDG FUND, 2013. Guía Metodológica para la elaboración de Planes de Seguridad del Agua. Recuperado desde: http://www.mdgfund.org/sites/default/files/ENV_MANUAL_Ecu_Planes%20de%20Seguridad%20del%20agua.pdf (Consultado el 21 de mayo de 2021)
- Ministerio de Desarrollo Social, (2015). Estimaciones comunales de pobreza por ingresos y multidimensional. Encuesta de Caracterización Socioeconómica. Recuperado de: http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/storage/docs/pobreza-comunal/2015/RESULTADOS_estimaciones_pobreza_comunal_2015.pdf. (Consultado el 2 de mayo de 2021).
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia, (2000). Norma de Emisión Descarga Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales. D.S. 90/2000 MINSEGPRES. Recuperado de: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=182637>. (Consultado el 8 de mayo de 2021).
- MINSAL, 1969. Decreto 735, Reglamento de los servicios de los servicios de agua destinados al consumo humano. Recuperado desde: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar/imprimir?idNorma=197226&idVersion=1969-12-19>, (Consultado el 10 de agosto de 2021).
- Miranda, P. (2005). Sistema Tohá; una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas residuales en sectores rurales. Recuperado de Austral-de-Chile. pdf
- Molinos-Senante, M., Muñoz, S. and Chamorro, A. 2019. Assessing the quality of service for drinking water supplies in rural settings: A synthetic index approach. Journal of Environmental Management 247, 613-623.
- Monteiro, T. (2015). Agua, Salud y Desarrollo. Organización Panamericana de la salud. OPS/OMS. OPS/ETRAS. Recuperado de: <https://slideplayer.es/slide/11846009/>. Consultado el 15 de junio de 2021.

- MOP, (2017). Cuenta Pública Regional. INFORME REGIÓN DEL BIOBÍO. Recuperado de: https://www.mop.cl/participacion_ciudadana/Documents/2017/Cuenta_Publica_2017_Biobio_Informe.pdf. (Consultado el 14 de mayo de 2021).
- MOP, 2020. Aporte de Emergencia Operación Sistemas APR. Comisión especial sobre Recursos Hídricos, Desertificación y Sequía. Recuperado de: https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmID=198246&prmTipo=DOCUMENTO_COMISION. (Consultado el 13 de septiembre de 2021).
- MOP, 2020. REGLAMENTO DE LA LEY N.º 20.998, QUE REGULA LOS SERVICIOS SANITARIOS RURALES. Recuperado de: http://www.doh.cl/APR/Documents/Reglamento_Servicios_Sanitarios_Rurales_Ley_20_998_DO.pdf (Consultado el 11 de abril de 2021).
- MOP, 2020. Mesa Nacional del Agua. Primer Informe. Recuperado de: https://www.mop.cl/Prensa/Documents/Mesa_Nacional_del_Agua_2020_Primer_Informe_Enero.pdf. (Consultado el 5 de agosto de 2021).
- Multiquímica, 2014. Hoja Técnica Hipoclorito de Sodio. Recuperado de: <https://www.multiquimica.cl/files/fichas-prod/hipoclorito-calcio-ft.pdf>. (Consultado el 19 de mayo de 2021)
- Municipalidad de Puerto Montt, 2019. APR Trachipán beneficiará a más de 40 familias con nueva extensión de redes. Recuperado de: <https://www.puertomontt.cl/2019/05/22/apr-trachipan-beneficiara-a-mas-de-40-familias-con-nueva-extension-de-redes/> (Consultado el 28 de mayo de 2021).
- OLBRICH, J. P. S. (2017). 50 AÑOS DE PROGRAMA DE AGUA POTABLE RURAL EN CHILE (Doctoral dissertation, Pontificia Universidad Católica de Chile)
- Omar, Y. Y., Parker, A., Smith, J. A., & Pollard, S. (2017). Risk management for drinking water safety in low and middle income countries - cultural influences on water safety plan (WSP) implementation in urban water utilities. *The Science of the total environment*, 576, 895–906.
- OMS. (2009). Más que palabras. Marco Conceptual de la Clasificación Internacional para la Seguridad del Paciente Informe Técnico Definitivo Enero de 2009. Oms, 1–160. Recuperado de: http://www.who.int/patientsafety/implementation/icps/icps_full_report_es.pdf (Consultado el 8 de mayo de 2021).

- OMS, 2010. Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: Metodología Pormenorizado De Gestión De Riesgos Para Proveedores De Agua De Consumo (Vol. 390). World Health Organization.
- OMS, (2016). Planificación de la seguridad del saneamiento: manual para el uso y la disposición seguros de aguas residuales, aguas grises y excretas. Organización Mundial de la Salud. Recuperado de: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/250331> (Consultado el 15 de abril de 2021).
- OMS, 2018. Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). Recuperado de: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/millennium-development-goals-\(mdgs\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/millennium-development-goals-(mdgs)) (Consultado el 11 de abril de 2021).
- OMS/UNICEF, 2017. Progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene: informe de actualización de 2017 y línea de base de los ODS. Ginebra, OMS/UNICEF. Recuperado de: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/260291?locale-attribute=es> (Consultado el 9 de agosto de 2021).
- ONU, 2015. Objetivos de Desarrollo del Milenio. Informe de 2015. Recuperado desde: https://www.undp.org/content/dam/undp/library/MDG/spanish/UNDP_MDG_Report_2015.pdf
- ONU, 2018. Sustainable Development Goal 6: Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation. Nueva York, Naciones Unidas. www.unwater.org/app/uploads/2018/07/SDG6_SR2018_web_v5.pdf
- Osorio, M. (2013). Estudio y análisis técnico económico de planta de tratamiento de aguas residuales.
- Osseiran, N. (2017). 2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro. Comunicado de prensa GINEBRA.
- Parra, I., & Chiang, G. (2013). Modelo integrado de un sistema de biodepuración en origen de aguas residuales domiciliarias. Una propuesta para comunidades periurbanas del centro sur de Chile. *Gestión y Ambiente*, 16(3), 39-51.
- PNUD, 2021. Objetivo 3: Salud y bienestar. Recuperado de: <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-3-good-health-and-well-being.html>. Consultado el 5 de julio de 2021.

-Radio Bio Bio, 2017. Escasez hídrica en Quilleco: 600 familias piden con urgencia un pozo profundo. Recuperado de: <https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-del-bio-bio/2017/02/03/escasez-hidrica-en-quilleco-600-familias-piden-con-urgencia-un-pozo-profundo.shtml> (Consultado el 13 de mayo de 2021).

-Radio Bio Bio, 2020. Vecinos de Quilleco denuncian que pozo de agua presenta contaminación de materiales pesados. Recuperado de: <https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-del-bio-bio/2020/03/09/vecinos-de-quilleco-denuncian-que-pozo-de-agua-presenta-contaminacion-de-materiales-pesados.shtml>.(Consultado el 12 de abril de 2021)

-RFI, (2006). El 'lombrifiltro' de Combaillaux. Medio Ambiente. Recuperado de: http://www1.rfi.fr/actues/articles/075/article_452.asp. (Consultado el 7 de mayo de 2021).

-Rojas, J., & Parra, O. (2010). Cambio climático local: la Región del Bío Bío en Chile en contexto global 1. 2009-2011.

-Ruiz, P. R. (2001). Abastecimiento de agua. Edición Agosto-2001.

-SISS (2019). Informe de gestión del Sector Sanitario. Recuperado de: https://www.siss.gob.cl/586/articles-17955_recurso_1.pdf. (Consultado el 14 de mayo de 2021).

-SISS, 2021. Plan de la SISS para asegurar el buen desempeño de los SSR, en el marco de la ley N°20.998 y su Reglamento. Recuperado de: <https://www.aidis.cl/wp-content/uploads/2021/06/2-SISS-Juan-Carlos-Gonzalez-Juan-Pablo-Jaque.pdf>. (Consultado el 8 de junio de 2021).

-Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental, (2015). INFORME PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS CASINO RINCONADA S.A. OCTUBRE-NOVIEMBRE- DICIEMBRE. Recuperado de: <https://snifa.sma.gob.cl/v2/General/DescargarInformeSeguimiento/97945>. (Consultado el 7 de mayo de 2021).

-String, G. M., Singleton, R. I., Mirindi, P. N., & Lantagne, D. S. (2020). Operational research on rural, community-managed water safety Plans: case study results from implementations in India, DRC, Fiji, and Vanuatu. *Water Research*, 170, 115288.

-SUBDERE, 2018. Estudio de Soluciones Sanitarias para el Sector Rural. Unidad de Saneamiento Sanitario. Recuperado de:

http://www.subdere.gov.cl/sites/default/files/documentos/estudio_de_soluciones_sanitarias_para_el_sector_rural_1.pdf. (Consultado el 06 de mayo de 2021).

-Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales, 2021. IMPLEMENTACIÓN LEY 20.998. Territorios Operacionales y Nuevos Servicios. Recuperado de: <https://www.aidis.cl/wp-content/uploads/2021/06/1-SSR-Alvaro-Sola.pdf>. (Consultado el 7 de junio de 2021).

-UNICEF. (2017). Progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene. Disponible en línea: < <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/260291/1/9789243512891-spa.pdf>> [Fecha de acceso: 28 de febrero de 2019]

-UNFPA, 2021. Total population in millions, 2021. Recuperado de: <https://www.unfpa.org/es/data/world-population-dashboard> (Consultado el 24 de abril de 2021).

- Vera, A. B. M. (1998). Facultad de Ciencias Veterinarias Instituto de Medicina Preventiva Veterinaria (Doctoral dissertation, Universidad Austral de Chile).

-Vera-Puerto, Ismael & Jorquera, Camila & Lopez, Daniela. (2016). Humedales construidos para tratamiento y reúso de aguas servidas en Chile: reflexiones. TECNOLOGIA Y CIENCIAS DEL AGUA. 7. 19-35.

-Vidal, A. P., Lozada, P. T., & Vélez, C. H. C. (2009). Planes de seguridad del agua. Fundamentos y perspectivas de implementación en Colombia. Ingeniería e Investigación, 29(3), 79-85.

-Vidal, G., & Araya, F. (2014). Las aguas servidas y su depuración en zonas rurales: situación actual y desafíos. Grupo de Ingeniería y Biotecnología Ambiental (GIBA). Universidad de Concepción, Chile.

-Winkler, M. S., Jackson, D., Sutherland, D., Lim, J. M. U., Srikantiah, V., & Samuel Fuhrmann, K. M. (2017). Sanitation safety planning as a tool for achieving safely managed sanitation systems and safe use of wastewater. WHO South-East Asia journal of public health, 6(2), 34-40.

-World Health Organization, & International Water Association. (2015). A practical guide to auditing water safety plans.

-WHO, (2017). Climate-resilient water safety plans: managing health risks associated with climate variability and change. Geneva: World Health Organization; 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

-WHO (2017). Global status report on water safety plans: a review of proactive risk assessment and risk management practices to ensure the safety of drinking-water. Geneva. Recuperado de: http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/global-status-report-on-water-safety-plans/en/. (Consultado el 22 de abril de 2021).

-WHO, (2018). Strengthening operations and maintenance through water safety planning: a collection of case studies (No. WHO/CED/PHE/WSH/18.69). World Health Organization.

-WHO, (2019a): monitoring health for the SDGs, sustainable development goals. Geneva: World Health Organization; 2019. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

-WHO, (2019b). National systems to support drinking-water: sanitation and hygiene: global status report 2019: UN-Water global analysis and assessment of sanitation and drinking-water: GLAAS 2019 report.

-WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO). 2019. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás. París, UNESCO.


9. ANEXOS

Anexo 1: Evidencias asociadas a tablas de identificación de eventos peligrosos y peligros en SSR de Villa Mercedes:

A continuación, se anexa una tabla con los eventos peligrosos, el medio por el cual se pudo obtener la evidencia, o si fue una entrevista y lo expresó algún operador, y la fecha en la que se obtuvieron las imágenes:

Simbología:

- I: Inspección
- ES: Entrevista Semiestructurada
- DC: Datos de calidad de agua

Evidencia	
Fecha	9-6-2021
Medio de Identificación	IB
Evento Peligroso	Disminución de precipitaciones/Sequia

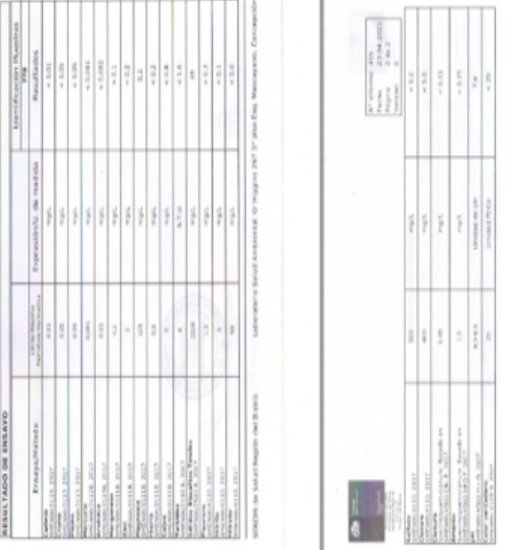
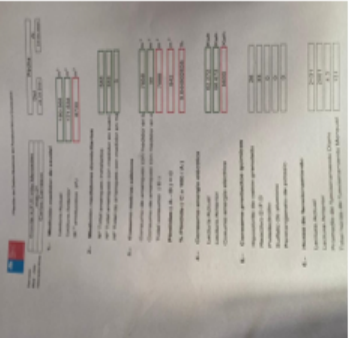
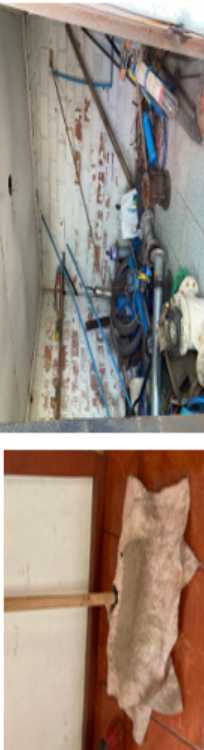


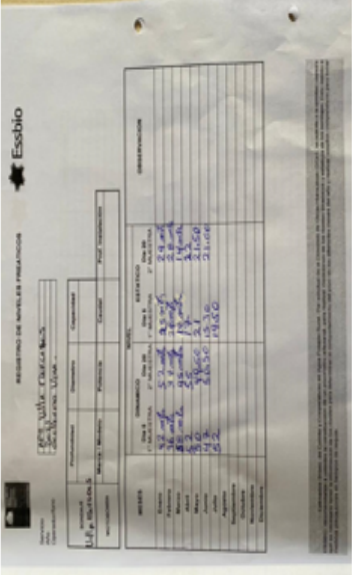
Falta de iluminación
en casetas

I

9-6-2021

<p>Perímetro de captación superado por animales y niños</p>	<p>ES</p>	<p>9-6-2021</p>		
<p>Falta de pernos en tuberías asociadas a captaciones de pozos</p>	<p>I</p>	<p>9-6-2021</p>		
				



<p>Falta de seguimiento en algunos parámetros de agua potable</p>	<p>I, ES, DC</p>	<p>9-6-2021</p>	
<p>Falta de capacitación tecnológica para trabajadores del APR</p>	<p>I</p>	<p>9-6-2021</p>	
<p>Falta de recursos económicos para facilitar Epp al operador, mantención de sede, lugar de captación.</p>	<p>ES</p>	<p>9-6-2021</p>	




Falta de protocolos para emergencias graves (incendio, etc)

I, ES

22-7-2021

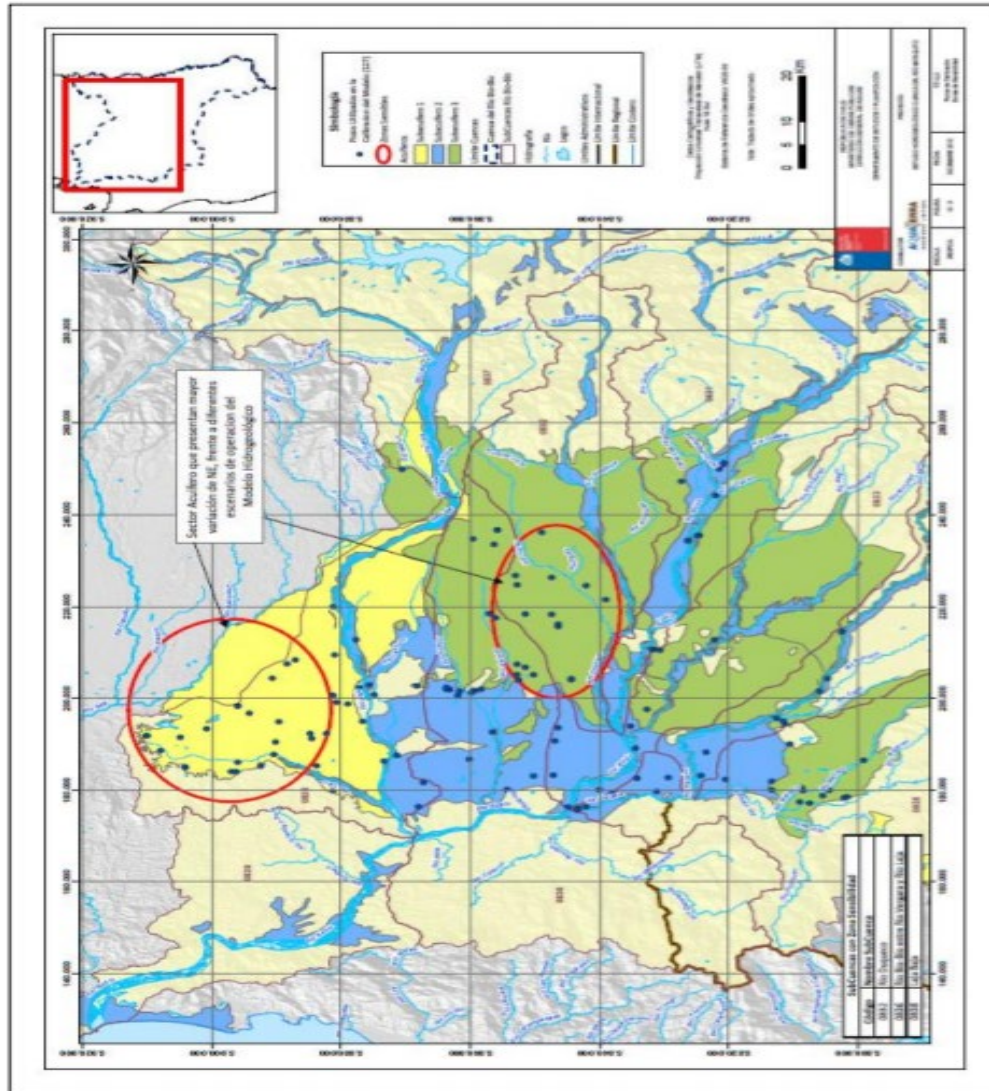
Evento Peligroso	Medio de Identificación	Fecha	Evidencia
Falta de cámara desarenadora y desengrasadora	ES, I	22-7-2021	
Recolección de diversos elementos que llegan a la PTAS, desde casas de personas anexadas al Sistema	I	22-07-2021	

<p>Falta de contenedor para alojar abono generado</p>	<p>I</p>	<p>22-07-2021</p>	
<p>Ausencia de cancha de acopio para aserrín</p>	<p>I</p>	<p>22-07-2021</p>	

	
<p>Cloro almacenado a ras de piso</p>	<p>No existe reutilización del efluente de la PTAS</p>
<p>I</p>	<p>I</p>
<p>22-07- 2021</p>	<p>22-07- 2021</p>

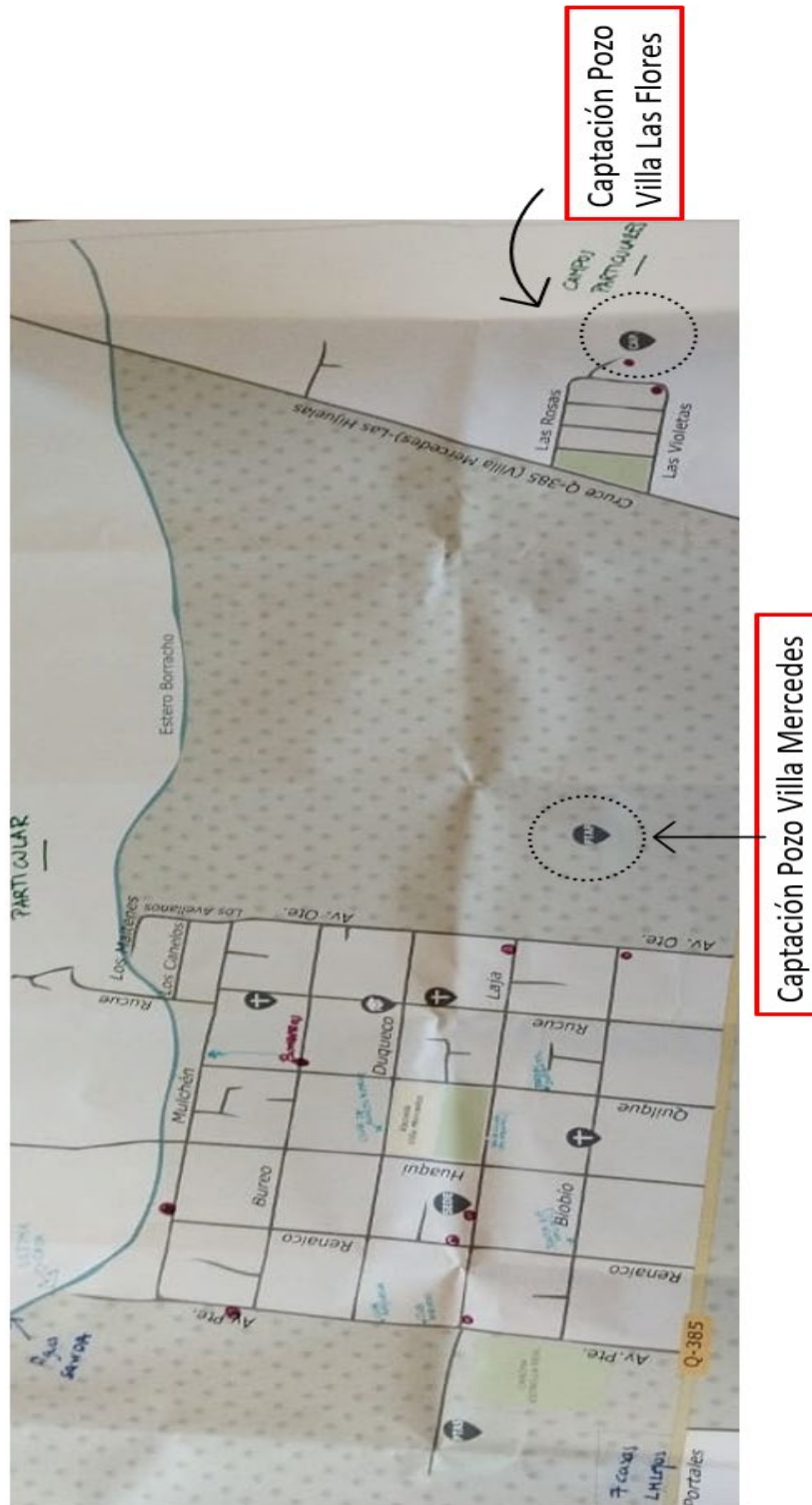
Caída de operario en escalera	I	22-07-2021	
-------------------------------	---	------------	--

Anexo 3: Acuíferos existentes en la región y en la comuna de Quilleco



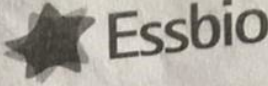
Fuente: Aquaterra, Ingenieros Ltda, 2012.

Anexo 4: Mapa de Villa Mercedes-Villa Las Flores:



Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Planilla registros consumo mensual enero – APR Sector Villa Las Flores



PLANILLA REGISTRO CONSUMOS MENSUALES

APR VILLA MERCEDES
ENERO 2021
GUILLERMO VERA
43-1973923

FECHA	LECTURA MEDIDOR ENERGIA ELECTRICA	KW CONSUMIDOS	LECTURA MEDIDOR CAUDAL	M3 PRODUCIDOS	LECTURA HOROMETRO	HORAS DE TRABAJO BOMBA	OBSERVACION
1			144679	138	1348	3	
2			144844	169	1351	3	
3			144992	148	1355	4	
4			145143	151	1358	3	
5			145297	154	1362	4	
6			145443	146	1365	3	
7			145588	145	1368	3	
8			145736	148	1371	3	
9			145887	151	1374	3	
10			145985	98	1377	3	
11			146156	175	1380	3	
12			146300	144	1384	4	
13			146438	138	1387	3	
14			146585	147	1390	3	
15			146705	120	1393	3	
16			146835	130	1395	2	
17			146975	140	1398	3	
18			147217	242	1404	6	
19			147497	287	1410	6	
20			147884	387	1419	9	
21			148291	407	1428	9	
22			148671	380	1436	8	
23			149400				
24							
25			149900	1229	1463	27	
26			150281	381	1471	8	
27			150614	333	1479	8	
28			150936	322	1486	7	
29			151184	248	1491	5	
30					1500		
31			151577	393	1500	9	

RESUMEN MENSUAL

KW CONSUMIDOS	
M3 PRODUCIDOS	6.898
HORAS DE TRABAJO BOMBA	152

Anexo 6: Planilla de datos básicos de producción y consumo completada por operario PTAS – enero 2021

Planilla de Datos Basicos de Produccion y Consumo

Servicio Més - Año Operador/fono	Comité A.P.R Villa Mercedes ene-21 Carlos Carrasco	Fecha Del Al 24/12/2020 24/01/2021
--	--	---

1.- Medición medidor de caudal

Lectura Actual	62.061	m ³
Lectura Anterior	49.758	m ³
M ³ producidos (A)	12303	m ³

2.- Medición medidores domiciliarios

Nº Total arranques instalados	648
Nº Total arranques con medidor en buen	644
Nº Total de arranques con medidor en ma	4

3.- Consumo metros cúbicos

Consumo de arranques con medidor en b	11527	m ³
Consumo de arranques con medidor en n	40	m ³
Total consumo (B)	11567	m ³
Pérdidas (A - B) = C	736	m ³
% Pérdida (C x 100 / A)	5,982280745	%

4.- Consumo energía eléctrica

Lectura Actual	143807	Kwh
Lectura Anterior	139687	Kwh
Cosumo energia eléctrica	4120	Kwh

5.- Consumo productos quimicos

Hipoclorito de calcio granulado	20
Reactivo D.P.D	28
Poliectrolito	0
Sulfato de aluminio	0
Permanganato de potasio	0

6.- Horas de funcionamiento

Lectura Actual	1007
Lectura Anterior	947
Promedio de funcionamiento Diario	2
Total horas de funcionamiento Mensual	60

Anexo 7: Registro niveles freáticos

Registro niveles freáticos: Pozo Villa Mercedes 2021

REGISTRO DE NIVELES FREATICOS

Servicio: AVN Villa Mercedes
 Año: 2021
 Operador/fono: Guillermo Vera

SONDAJE	Profundidad	Diametro	Capacidad	
	<u>Villa Mercedes</u>			
MOTOBOMBA	Marca / Modelo	Potencia	Caudal	Prof. Instalación

MESES	NIVEL				OBSERVACION
	DINAMICO		ESTATICO		
	Día 5 1° MUESTRA	Día 20 2° MUESTRA	Día 5 1° MUESTRA	Día 20 2° MUESTRA	
Enero	<u>42 mts</u>	<u>52 mts</u>	<u>25 mts</u>	<u>29 mts</u>	
Febrero	<u>36 mts</u>	<u>37 mts</u>	<u>28 mts</u>	<u>28 mts</u>	
Marzo	<u>58 mts</u>	<u>45 mts</u>	<u>18 mts</u>	<u>14 mts</u>	
Abril	<u>52</u>	<u>55</u>	<u>17</u>	<u>22</u>	
Mayo	<u>50</u>	<u>49.50</u>	<u>21</u>	<u>21.50</u>	
Junio	<u>47</u>	<u>50.50</u>	<u>15.30</u>	<u>21.00</u>	
Julio	<u>52</u>		<u>19.50</u>		
Agosto					

Registro niveles freáticos: Pozo Villa Las Flores 2021

REGISTRO DE NIVELES FREATICOS

Servicio: AVN Villa Mercedes
 Año: 2021
 Operador/fono: Guillermo Vera

SONDAJE	Profundidad	Diametro	Capacidad	
	<u>Villa Las Flores</u>			
MOTOBOMBA	Marca / Modelo	Potencia	Caudal	Prof. Instalación
			<u>12,8 l/s</u>	

MESES	NIVEL				OBSERVACION
	DINAMICO		ESTATICO		
	Día 5 1° MUESTRA	Día 20 2° MUESTRA	Día 5 1° MUESTRA	Día 20 2° MUESTRA	
Enero	<u>17 mts</u>	<u>17 mts</u>	<u>11 mts</u>	<u>11 mts</u>	
Febrero	<u>17 mts</u>	<u>17 mts</u>	<u>11 mts</u>	<u>11 mts</u>	
Marzo	<u>17 mts</u>	<u>18 mts</u>	<u>11 mts</u>	<u>11 mts</u>	
Abril	<u>18</u>	<u>18</u>	<u>12</u>	<u>12</u>	
Mayo	<u>18</u>	<u>18</u>	<u>12</u>	<u>12.70</u>	
Junio	<u>18</u>	<u>18.20</u>	<u>12.30</u>	<u>11.40</u>	
Julio	<u>17.80</u>		<u>11.30</u>		
Agosto					

Anexo 8: Check-List

Para conocer más a fondo el SSR de Villa Mercedes, se aplicó un Check-List, la cual consiste en dividir en ARP y PTAS, y luego columnas de "Respuestas del entrevistado" y "comentarios".

APLICACIÓN DE LISTA DE CHEQUEO

Fecha: 02/09/2021
Cargo del entrevistado: OPERADOR APR.

Marque con una X la opción correcta, y registre comentarios u observaciones si es necesario:

APR:	Respuesta del entrevistado	Comentarios
Medidas de seguridad: ¿Cómo ve usted las medidas de seguridad del APR?	-Buena: <input type="checkbox"/> -Medianamente buena: <input type="checkbox"/> -Normal: <input type="checkbox"/> -Malas: <input checked="" type="checkbox"/> -Muy Malas: <input type="checkbox"/> -Otras: <input type="checkbox"/> Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>	-TARAS CON UNA CÁMARA DE VEHICULO, SE LAS INGENIERIA. -BALTAN PERROS EN TUBERÍAS DE CAPTACIÓN DE VILLA MERCEDES. -TODO PODRIA SER MUCHO MEJOR. -LO APRENDIÓ POR ÉL. NO HAY NINGÚN PROCEDIMIENTO ESCRITO.
¿Existe un procedimiento de trabajo en operación normal? Si existe un operador con licencia médica: ¿Quién opera la planta?	-NADIE. NO HAY OTRA PERSONA QUE LO REEMPLACE. SI SE ENFERMA, NO SABE COMO VILLA MERCEDES PODRIA TENER AGUA. Si: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>	
Capacitaciones ¿Operarios han sido capacitados?		
Si la respuesta anterior es si: ¿En qué han sido capacitados?		¿"Cómo operar el tablero?": ESA FUE LA CAPACITACIÓN. -MAY UN ELECTICO QUE MAKE LAS MANTENCIONES, QUE LO AYUDA PARA QUE EL SISTEMA SIGA FUNCIONANDO DEBE ESTAR, PERO NO LO TIENEN. LES HA COSTADO TENER DOCUMENTOS
Diseño Proyecto: ¿Estará el proyecto original del APR?	Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>	

	Si la respuesta anterior es si: ¿Quién lo pagó?	-Municipalidad: <input type="checkbox"/> -SUBDERE: <input type="checkbox"/> -MOP, DOH: <input checked="" type="checkbox"/> -Otros: <input type="checkbox"/>	NO TENEMOS CLARA LA INFORMACIÓN, PERO SUPONEMOS QUE MOP, DOH.
Equipos e insumos:	¿Operarios registran las fallas de los equipos?	Si: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>	
	¿Tiene problemas de presión del agua?	Si: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>	* NO AMBUEA ABRIR 100% LAS LLAVES PARA NO DARAR LOS ARRANQUES. AHORA NO HAY PROBLEMAS.
Distribución:	Si la respuesta anterior es si: ¿Son estacionales?	Invierno: <input type="checkbox"/> Verano: <input checked="" type="checkbox"/> Primavera: <input type="checkbox"/> Otoño: <input type="checkbox"/>	
	¿Usted ha recibido llamadas o quejas de los vecinos por la presión del agua?	Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>	AHORA NO, ANTES SI, DESDE QUE YO LLEGUE NO HE TENIDO COMENTARIOS NEGATIVOS CASI.
Registro de Parámetros:	¿Están los informes de Biodiversa?	Si: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>	
	¿Qué miden los informes de Biodiversa?	pH: <input type="checkbox"/> Nitrito: <input type="checkbox"/> Turbidez: <input checked="" type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/>	INFORMES MENSUALES MIDEN: OLOR, SABOR, TURBIDEZ, CLORACIÓN (AGUA).
	¿Qué hacen con estos informes?	-Analizados: <input type="checkbox"/> -Archivados: <input type="checkbox"/> -Analizados y archivados: <input checked="" type="checkbox"/>	INFORMES MENSUALES MIDEN: COLIFORMES TOTALES, E. COLI (AL CANTABILADO). INFORME ANUAL ES FISICO-QUIMICO.
Cloración:	¿Qué producto usan para clorar el agua?	Hipoclorito de Calcio: <input checked="" type="checkbox"/> Otro: <input type="checkbox"/>	
	¿En qué proporción y qué presentación tiene el producto? (sacar foto)	Saco: <input type="checkbox"/> Tambor: <input checked="" type="checkbox"/> Otro: <input type="checkbox"/>	40 Kg: PRESENTACIÓN TAMBORES.
	¿Qué stock tiene el producto al momento	-1 unidad: <input type="checkbox"/> -Más de 1 unidad y menos de 5 unidades: <input type="checkbox"/>	

Bombas:	de realizar visita a la planta? Si está involucrada la bomba peristáltica: ¿Ha observado problemas con ella?	-Más de 5 unidades: <input checked="" type="checkbox"/> -Otro: <input type="checkbox"/> Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>	8 UNIDADES. LO COMPRAN EN STOCK DE 2 O 3, LO VENTEN A EL TABLERO (EL RELOJ)
Captación:	¿Qué tipo de mantención le realizan? ¿Han superado el perímetro de la captación?	-Semanal: <input type="checkbox"/> -Mensual: <input type="checkbox"/> -Anual: <input checked="" type="checkbox"/> -Otro: <input type="checkbox"/> Si: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>	PAR DE VILA MERCEDES NO LE HAN HECHO NADA DE MANTENCIÓN. POZO PUEDE ESTAR "TAPADO".
Eventos Climáticos:	¿Quiénes han superado el perímetro de la captación? ¿Han existido problemas asociados a eventos climáticos extremos que hayan afectado la infraestructura? ¿Le avisan a la gente cuando viene un evento de esa magnitud?	-Adultos/Niños: <input checked="" type="checkbox"/> -Animales: <input checked="" type="checkbox"/> -Otro: <input type="checkbox"/> -Lluvia Extrema: <input type="checkbox"/> -Sequía: <input checked="" type="checkbox"/> -Vientos Extremos: <input type="checkbox"/> -Incendios: <input type="checkbox"/> -Otro: <input type="checkbox"/> Si: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>	PERROS ENTAN, Y ANTES NIÑOS SE SUBIAN HASTA LAS COPAS. -AHORA LA SEQUÍA HA SIDO MÁS COMPLETA QUE ANTES (SE MENCIONA POR LA DISPONIBILIDAD DE AGUA). SE AVISA CUANDO HAY UN CORTE DE AGUA PROLONGADO. CUANDO SE PUMPE UN ARRANQUE NO, O ES ALGO RÁPIDO NO SE ALCANZA.
	Si la respuesta anterior es sí: ¿de qué forma les avisan?	-Circular: <input checked="" type="checkbox"/> -Aviso en Juntas de Vecinos y Comité de APR: <input type="checkbox"/> -Otro: <input checked="" type="checkbox"/>	REDES SOCIALES, CIRCULAR, FOLLETO, AVISO EN PAPEL EN SEDE Comité APR.

Empresas: * AGUA POTABLE: Frontel,
 * 11 SERVIDA: Cooperan. (Funciona mucho mejor, y es + barato)

	¿Es frecuente el corte de luz?	-No se corta: <input type="checkbox"/> -Se corta 1 vez al día: <input type="checkbox"/> -Más de 1 vez y menos de 3 veces al día: <input type="checkbox"/> -Más de 3 veces al día: <input type="checkbox"/> -Otro: <input checked="" type="checkbox"/>	-1 o 2 VECES AL MES. -1 o 2 DIAS DURA, -LAS MANTENCIONES SE DEMORAN 8 HORAS APROX.
	¿Y por cuánto tiempo?	-No se corta: <input type="checkbox"/> -Más de 1 hora: <input type="checkbox"/> -Más de 1 hora y menos de 3 horas: <input type="checkbox"/> -Más de 3 horas: <input checked="" type="checkbox"/> -Otro: <input type="checkbox"/>	-8 HORAS APROX, O A VECES 1 o 2 DÍAS.
Utilización de Pozos del Sistema:	¿Cuál es la causa de que se utilice más el pozo de Villa Mercedes que el de Villa Las Flores?	-Estudios científicos: <input type="checkbox"/> -Indicación por parte de la municipalidad: <input type="checkbox"/> -Acuerdo por personal del Comité APR: <input type="checkbox"/> -Otra razón: <input checked="" type="checkbox"/> Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>	POZO VILLA MERC.: 17 HORAS. " " LAS FLORES: 1 o 2 HORAS. AHORA LOS 2 TRABAJAN 6 HORAS APROX. LA TUBERÍA QUE VIENE DE VILLA LAS FLORES SON DE PVC. HAY QUE TENER CUIDADO PORQUE SE AGRA POR LA PRESIÓN. ESTÁ ENTERRADO A 20 METROS DE VILLA MERCEDES, NO PARA AGUA TRAJIDA DE VILLA LAS FLORES.
Generador Eléctrico:	El generador que se tiene: ¿tendrá utilidad para el agua proveniente de Villa Las Flores?	Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>	
	¿Se puede obtener fotos del generador eléctrico en mal estado? Si la respuesta es sí, anexar (se encuentra en Villa Mercedes)	Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>	

Posibles vectores:	¿Qué vectores están presentes a las afueras de los pozos anexar fotos)	-Perros <input checked="" type="checkbox"/> -Vacas/Caballos <input type="checkbox"/> -Roedores: <input type="checkbox"/> -Otros: <input type="checkbox"/>	
	¿Qué estero está cerca del pozo Villa Las Flores?	-Esteros Agua Fria <input type="checkbox"/> -Esteros Borracho: <input checked="" type="checkbox"/> -Otro: <input type="checkbox"/>	• ESTERO AGUA FRIA SECO • V BORRACHO REDIBE • AGUA DE PTAS.
	¿Qué estero está cerca del pozo Villa Mercedes?	-Esteros Agua Fria <input checked="" type="checkbox"/> -Esteros Borracho: <input type="checkbox"/> -Otro: <input type="checkbox"/>	• ESTERO BORRACHO ESTA RELATIVAMENTE MAS CERCA DE L POZO DE VILLA MERCEDES. • ESTERO AGUA FRIA ESTÁ SECO PERO MAS CERCA DEL DE VILLA LAS FLORES.
PTAS: CARGO DEL ENTREVISTADO: OPERADOR PTAS	Respuesta del entrevistado	Comentarios	
Equipos e insumos:	¿Operarios registran las fallas de los equipos?	Si: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>	• EN UN CUAPERNO, Y DAN AVISO A ENCARGADO.
	¿La Cámara desengrasadora está instalada?	Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>	• FALTA LA CÁMARA DESENGRASADORA Y DESARRENDADORA.
	¿En la PTAS se instalaron equipos adecuados? (sacar foto)	Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>	• EL TAMBOR ES PARA UNA VIDA, Y DEBERÍA SER ROTATORIO.
	Si la respuesta anterior es no: ¿Qué equipos no son los adecuados para el funcionamiento de la PTAS?	-Tambor: <input checked="" type="checkbox"/> -Bombas: <input type="checkbox"/> -Separador: <input type="checkbox"/> -Tuberías: <input type="checkbox"/> -Otros: <input checked="" type="checkbox"/>	• SOBREPESO AL PRINCIPIO DEL PROCESO (TAMBOR Y FALTA DE CÁMARA).
Cloración:	¿Qué producto usan para clorar el agua?	-Hipoclorito de Calcio: <input checked="" type="checkbox"/> -Otro: <input type="checkbox"/>	

	¿En qué proporción y qué presentación tiene el producto? (sacar foto)	Saco: <input type="checkbox"/> Tambor: <input checked="" type="checkbox"/> Otro: <input type="checkbox"/>	TAMBOR DE 25 KG.
	¿Qué stock tiene el producto al momento de realizar visita a la planta?	-1 unidad: <input checked="" type="checkbox"/> -Más de 1 unidad y menos de 5 unidades: <input type="checkbox"/> -Más de 5 unidades: <input type="checkbox"/> -Otro: <input type="checkbox"/>	
Proceso:	Según la imagen (1) anexada más abajo: ¿Qué se realiza en cada proceso?	Reja Gruesa: GRUESO/LÍQUIDO. SEPARA LOS MATERIALES. RETIENE ELEMENTOS. LO MÁS GRANDE QUEDA RETENIDO. Separador: (TAMBOR COLADOR) MUELE TODO Y LUEGO LO SEPARA. Piscina: EL AFLUENTE ENTRA, Y DESPUÉS SE DECAIMAR LOS ELEMENTOS AL TAMBOR COLADOR, EL AFLUENTE VA A UNA PISCINA Naves/Lombrifiltro: ES DONDE ESTÁ LA VIRUTA, Y LLEGA EL LÍQUIDO. SE DISTRIBUYE POR LA SUPERFICIE. Cloración: SE CLORA EL AGUA. Traslado/Sedimentación: VA EL AGUA, Y VA HACIA LA SALIDA DEL ESTERO BORRACHO. Evacuación Aguas Tratadas: SALE DE LA PLANTA. SE PODRÍA REUTILIZAR.	
Rendimiento y eficiencia:	¿Se mide la eficiencia del Lombrifiltro? ¿Cómo se mide?	Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>	
	La imagen anexada (3), muestra el consumo de energía eléctrica, el cual se disparó cerca de los	Posibles razones: TIENEN UN CUADERNO (BITÁCORAS).	

	21.000 kWh, muy lejos del promedio. ¿Cuáles pueden ser las posibles razones?	MALA DIGITALIZACIÓN DEL OPERARIO. LE AGREGO UN DIGITO MAS.	
Eventos Climáticos:	¿Han existido problemas asociados a eventos climáticos extremos que hayan afectado la infraestructura? ¿Le avisan a la gente cuando viene un evento de esa magnitud? Si la respuesta anterior es si: ¿de qué forma les avisan?	-Lluvia Extrema <input checked="" type="checkbox"/> -Sequía <input type="checkbox"/> -Vientos Extremos: <input type="checkbox"/> -Incendios: <input type="checkbox"/> -Otro: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/> Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>	EN 2020 SE TAPARON TUBERIAS, Y ESTUVIERON MUY USADOS 1 SEMANA. NO FUE POR NO MANTENCIÓN DE TUBERIAS SE DEBERIA HACER MANTENCIÓN 2 VECES AL AÑO APROX. *
Diseño Proyecto:	¿Estará el proyecto original de la PTAS? Si la respuesta anterior es si: ¿Quién lo pagó?	-Circular: <input type="checkbox"/> -Aviso en Juntas de Vecinos y Comité de APR: <input type="checkbox"/> -Otro: <input type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/> Si: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/> -Municipalidad: <input type="checkbox"/> -SUBDERE: <input type="checkbox"/> -MOP, DOH: <input type="checkbox"/> -Otros: <input type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/> Si: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>	SI, PERO NO ENTREGARON PLANOS NI EL PROYECTO ORIGINAL LO HIZO "SOLSA", Y PAGO "FIUS" NO ENTREGARON PLANOS NI EL PROYECTO ORIGINAL
Cuerpo de agua receptor:	El estero que recibe las aguas de la PTAS: ¿tiene harto flujo en invierno y poco flujo en verano? El Estero receptor: ¿Se suele desbordar? (anexar fotos)	Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>	

* MANTENCIÓN AL POZO DE DEBERIA HACER UNA MÁQUINA, PERO NO MANDAN A LOS OPERARIOS (EN TRAJE Y GUANTES)

* PROBLEMAS ESTOMACALES, FÍSICOS, FATIGA ⇒ OPERADOR PTAS. (2 DIAS EN 13 EN 5 DIAS MAL)

* CASITA IMPROVISADA PARA COMER Y ESTAR AHÍ. (EN LA PTAS)

	¿Sabe usted si el Estero usado aguas abajo tiene algún uso en específico?	Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>	
	Si la respuesta anterior es si: ¿qué uso tiene el Estero?	-Aguas Agrícola: <input type="checkbox"/> -Recreación: <input type="checkbox"/> -Otro: <input type="checkbox"/>	
Possible vectores:	¿Qué vectores están presentes a las afueras de la PTAS? (anexar fotos)	-Perros <input checked="" type="checkbox"/> -Vacas/Caballos <input type="checkbox"/> -Roedores <input checked="" type="checkbox"/> -Otros: <input type="checkbox"/>	PERRITOS AFUERA, Y LO MAS PROBABLE ES QUE HAYAN ALGUNOS RATONES, PERO NO SON MUY VISTOS.
Accidentes, vacunas, medidas de seguridad y EPP's	¿Han tenido algún incidente o accidente?	Si: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>	- A UN COMPAÑERO LE CAYÓ GOTA DE CLORO EN EL OJO. FUE SOLO AL CESFAM.
	¿A quién notifican cuando existe un accidente?		A MADIE, SE SUPONE QUE DEBERIA HACERSE AL "ENCARGADO", PERO NO SE SACA MUCHO.
	¿Se encuentran protegidos por alguna entidad?	Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>	NO SABEMOS. NO HAY MOTA QUE APROPIAR NO TIENEN MEDIDAS DE SEGURIDAD, PERO NO HAY TANTO DE ACCIDENTE, PERO FALTAN MEDIDAS DE SEGURIDAD.
	Si la respuesta anterior es si: ¿Qué entidad?		
	¿Qué le facilitan a los operarios?	-Antiparras: <input type="checkbox"/> -Zapatos de seguridad: <input type="checkbox"/> -Overol: <input checked="" type="checkbox"/> -Mascarilla: <input checked="" type="checkbox"/> -Otro: <input checked="" type="checkbox"/>	- GUANTES ZAPATILLA PERO SE MOTAN MUCHO -1 OVEROL / 6 MESES - GUANTES QUIRURGICOS. - ZAPATOS NO SON LOS ADECUADOS. - ENCHUFE CERCA DE CABEZA.
	¿Qué tipo de vacuna tienen?	-Hepatitis B: <input checked="" type="checkbox"/> -Antirrábica: <input type="checkbox"/>	HEPATITIS B: TIENE 2 DOSIS AL AÑO.

		-Otras: <input type="checkbox"/> -1 vez al mes: <input type="checkbox"/> -1 vez al año: <input type="checkbox"/> -Otra: <input checked="" type="checkbox"/> Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>	LE ENVIARON DESDE EL COMITÉ CADA 2 AÑOS
	¿Con qué frecuencia se vacunan?		
	¿Se inoculan en Villa Mercedes?		
	Si la respuesta anterior es no: ¿Dónde lo hacen?		
	¿Cómo ve usted las medidas de seguridad de la PTAS?	-Buena: <input type="checkbox"/> -Medianamente buena: <input type="checkbox"/> -Normal: <input type="checkbox"/> -Malas: <input type="checkbox"/> -Muy Malas: <input checked="" type="checkbox"/> -Otras: <input type="checkbox"/>	
	¿Existe un procedimiento de trabajo en operación normal?	Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>	LE ENSEÑÓ A OPERAR UN EX TRABAJADOR. NO MUY NADA ESCRITO. SI EL FACTOR, NO SABE SI EL OTRO OPERADOR SABE.
	Si existe un operador con licencia médica: ¿Quién opera la planta?		SAN 3 TRABAJADORES, Y SE ROTAN CON LOS TURNOS. SI ALGUIEN FAUTA, MAY PROBLEMAS Y SE IMPROVISAN.
Capacitaciones	¿Operarios han sido capacitados?	Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>	NADA.
	Si la respuesta anterior es si: ¿En qué han sido capacitados?		
Determinación de Fósforo Total	La imagen anexada (4), muestra que el fósforo aumentó de un 11%		Registrar posibles razones: PUEDE SER POR LA VARIABILIDAD

* TODOS LOS DÍAS DEBERÍAN ANOTAR LAS COSAS QUE SE HICIERON, PERO NO MUY NÚMEROS, SÓLO PALABRAS, Y ALGUNAS.

(afluente, entrada) a un 18% (efluente, salida)	Comentarios	
APR Y PTAS: Otros	Respuesta del entrevistado <input type="checkbox"/> Si: <input checked="" type="checkbox"/> No:	por temas de tiempo, no se pudo obtener.
¿Se puede obtener el Organigrama del Comité APR? Si la respuesta es si, anexar		

Imagen (1):



Reja Gruesa/Tamizado



Separador de arena



Piscina de cloro



Evacuación Aguas Tratadas

AMÉ TOMAN MUESTRA DE CLORO.
 (ANTES LO HACIAN EN EL TSTALO)



Traslado/Sedimentación



Cloración



Naves/Lombrifiltro



Imagen (2): ES DE APR, NO DE PTAS

Planta de Datos Básicos de Producción y Consumo

Empresa: **COMISA A.P.R. Villa Mercedes** Fecha: **24-03-2021**
 Mes - Año: **mar-21** Día: **24** Mes: **03** Año: **2021**
 Operador: **Carlos Carrasco**

1.- Medición medidor de caudal

Lectura Actual	62 073	m ³
Lectura Anterior	73 061	m ³
M ³ producidos (A)	9012	m ³

2.- Medición medidores domiciliarios

N° Total arranques instalados	646
N° Total arranques con medidor en buen	645
N° Total de arranques con medidor en mal	4

3.- Consumo metros cúbicos

Consumo de arranques con medidor en b	8497	m ³
Consumo de arranques con medidor en m	40	m ³
Total consumo (B)	8497	m ³
Pérdidas (A - B) = C	515	m ³
% Pérdida (C x 100 / A)	5.714602752	%

4.- Consumo energía eléctrica

Lectura Actual	150807	Kwh
Lectura Anterior	147807	Kwh
Cosumo energía eléctrica	3200	Kwh

5.- Consumo productos químicos

Hipoclorito de calcio granulado	20
Reactivo D.P.D	33
Poliectrolito	0
Sulfato de aluminio	0
Permanganato de potasio	0

6.- Horas de funcionamiento

Lectura Actual	1102
Lectura Anterior	1067
Promedio de funcionamiento Diario	1.45
Total horas de funcionamiento Mensual	45

Imagen (3):

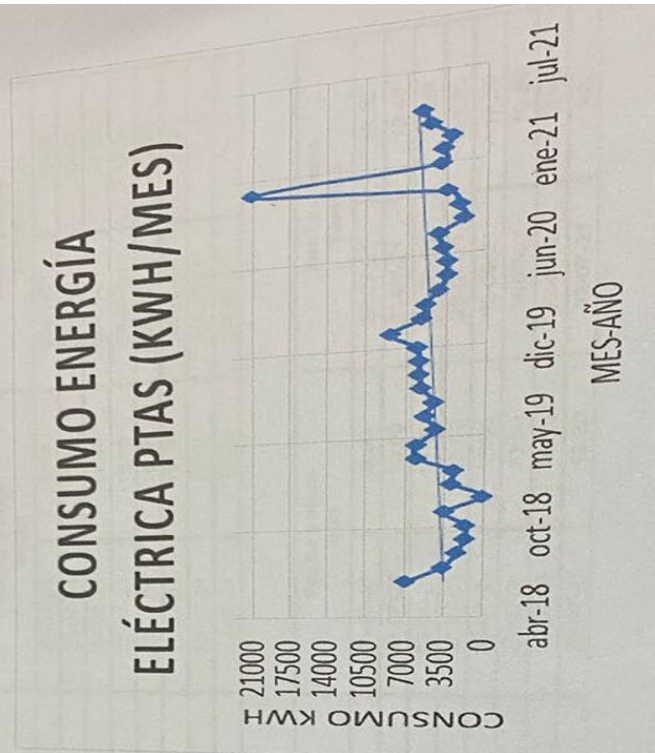
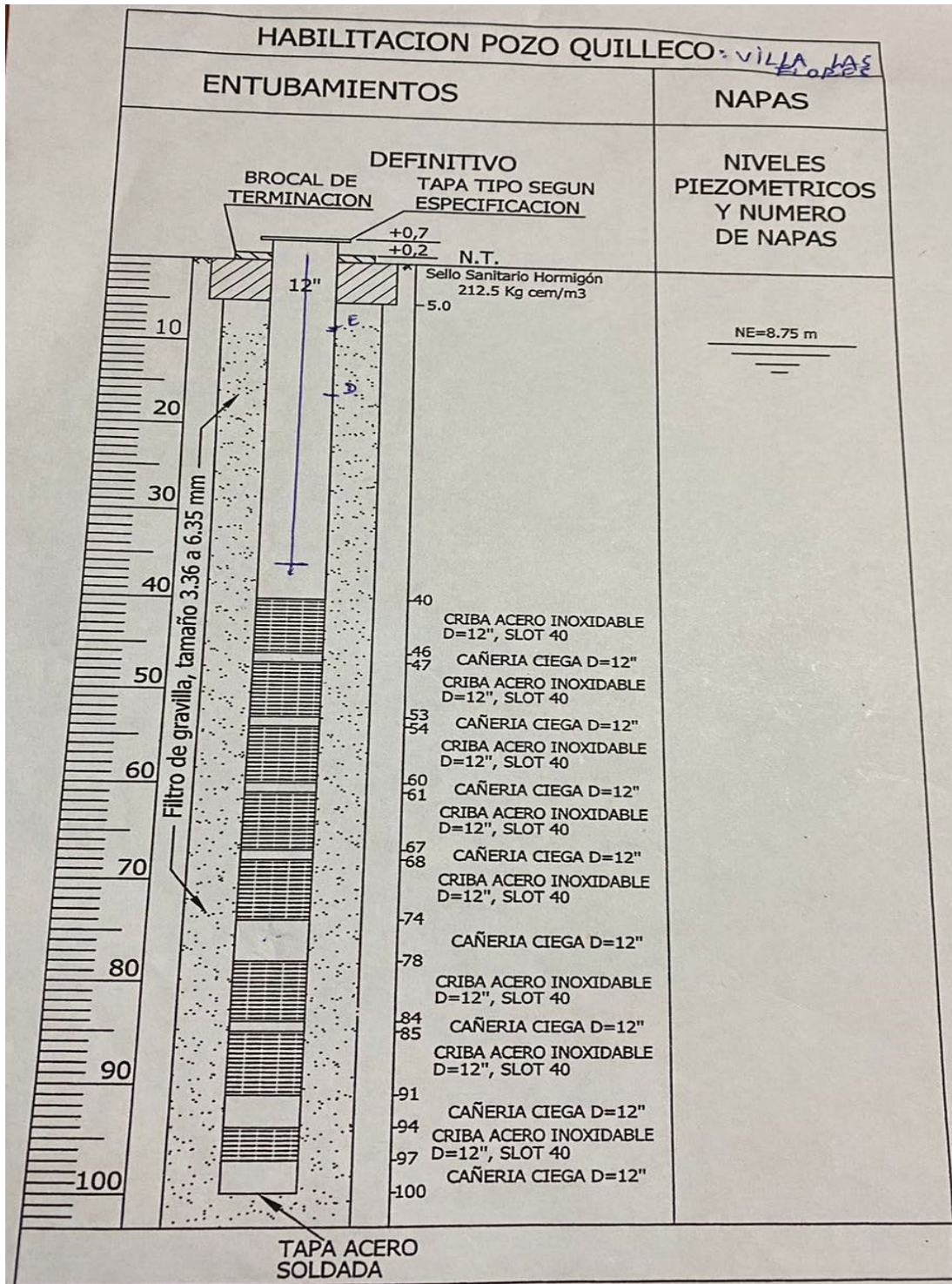


Imagen (4):


Parámetros en RIL (1)	Unidad	Efluente	Fecha y Hora Inicio	Fecha y Hora Término
DBO ₅	mgO ₂ /l	162,3	23-07-21	28-07-21
DQO	mgO ₂ /l	476	23-07-21	23-07-21
Fósforo Total	mg/l	18,01	02-08-21	05-08-21
Grasas y Aceites	mg/l	14,8	27-07-21	28-07-21
Hidrocarburos Fijos	mg/l	<10,0	30-07-21	02-08-21
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	71,90	23-07-21	24-07-21
Poder Espumógeno	mm	31	22-07-21	22-07-21
Sól. Suspendidos Totales	mg/l	116,4	22-07-21	23-07-21

Parámetros en RIL (1)	Unidad	Afluente	Fecha y Hora Inicio	Fecha y Hora Término
DBO ₅	mgO ₂ /l	309,0	23-07-21	28-07-21
DQO	mgO ₂ /l	770	23-07-21	23-07-21
Fósforo Total	mg/l	11,05	02-08-21	05-08-21
Grasas y Aceites	mg/l	71,5	27-07-21	28-07-21
Hidrocarburos Fijos	mg/l	30,0	30-07-21	02-08-21
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	124,48	23-07-21	24-07-21
Poder Espumógeno	mm	39	22-07-21	22-07-21
Sól. Suspendidos Totales	mg/l	166,0	22-07-21	23-07-21


Anexo 9: Diseño fotografía pozo Villa Las Flores:



Anexo 10: Planilla cloro residual libre:



Planilla Registro Cloro Residual Libre

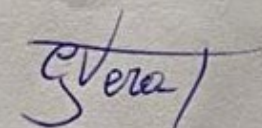


Servicio	APR - VILLA MERCEDES
Més - Año	JULIO
Operador	GUILLERMO VERA
Teléfono	43-1973923

Fecha	Día	Punto de Muestreo	Hora	C.R.L.	Observaciones
1	JUEVES	LATA	9:40	0.40	
2	VIERNES	RENAICO	9:40	0.34	
3	SABADO	EN PLANTA	10:00	0.34	
4	DOMINGO	EN PLANTA	10:05	0.33	
5	LUNES	BIO BIO	9:30	0.49	
6	MARTES	AV. ORIENTE	9:35	0.40	
7	MIERCOLES	AV. PONIENTE	10:05	0.47	
8	JUEVES	LATA	10:00	0.42	
9	VIERNES	MULCHEN	11:10	0.46	
10	SABADO	EN PLANTA	10:00	0.46	
11	DOMINGO	EN PLANTA	9:30	0.39	
12	LUNES	LATA	8:30	0.30	
13	MARTES	BIO BIO	10:20	0.50	
14	MIERCOLES	LATA	9:05	0.58	
15	JUEVES	RENAICO	9:30	0.47	
16	VIERNES	EN PLANTA	9:30	0.49	
17	SABADO	EN PLANTA	10:00	0.38	
18	DOMINGO	EN PLANTA	9:40	0.45	
19	LUNES	AV. ORIENTE	9:10	0.30	
20	MARTES	AV. PONIENTE	11:30	0.32	
21	MIERCOLES	AV. ORIENTE	10:05	0.28	
22	JUEVES	LATA	8:30	0.32	
23	VIERNES	RENAICO	8:45	0.34	
24	SABADO	EN PLANTA	10:00	0.31	
25	DOMINGO	EN PLANTA	9:50	0.31	
26	LUNES	LATA	8:20	0.34	
27	MARTES	LATA	8:40	0.34	
28	MIERCOLES	BIO BIO	9:30	0.30	
29	JUEVES	RENAICO	9:00	0.32	
30	VIERNES	MULCHEN	9:50	0.34	
31	SABADO	EN PLANTA	9:00	0.43	

Resumen mensual

Total Muestras	31	
Muestras Menor a 0.2 MG.	0	
Muestras Sin C.R.L.	0	



Anexo 11: Curvas de rendimiento bombas pozo Villa Mercedes:

