

UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Evaluación Crítica y Propuesta de Mejora de una Guía de
Evaluación y Diagnóstico Operacional de Sistemas de
Saneamiento Rural: Aplicación en localidades de la
Comuna de Petorca

Por

Esperanza Catalina Olivares Barrios

Trabajo de Título para optar al Grado de Licenciado en Ciencias
de la Ingeniería y Título de Ingeniero Civil

Profesor Guía David Poblete López
Profesor Co-guía Darío Pareja Plaza

Enero, 2026

*Dedicada a mi padre Luis Robinson Olivares,
por ser siempre mi motivación e inspiración
para seguir adelante.*

Mis logros serán por ti...

Agradecimientos

Para comenzar, agradezco a mis padres, Gema y Robinson, por su apoyo incondicional independiente de las circunstancias, por siempre darme ánimos y recordarme a diario lo fuerte que soy. Gracias por siempre creer en mí, este logro es para ustedes.

A mi hermana, gracias por aguantarme en mis momentos de estrés, por tus palabras de aliento y por alegrarme cada día con tus locuras.

A mi pololo, gracias por estar siempre ahí, por tu cariño, por acompañarme en cada cosa que se me ocurría y por celebrar con tanta alegría cada logro.

No puedo dejar de agradecer a todas las personas que conocí durante mi vida universitaria, en especial a mis amigos, por hacer más llevadero y alegre todo este proceso, por las maratones de estudio, los buenos momentos, los consejos y ánimos para llegar hasta aquí.

De igual forma mi más sincero agradecimiento a mis profesores guías, David Poblete y Darío Pareja, ya que sin su apoyo esto no hubiese sido posible. Gracias por toda la ayuda y los consejos brindados durante el proceso de elaboración de este trabajo.

Finalmente, un especial agradecimiento a los operadores y presidentes de SSR visitados, por la calidez con la que me recibieron y por permitirme conocer una realidad que requiere con urgencia una solución.

INDICE

Índice de imágenes.....	6
Índice de tablas.....	8
Glosario.....	10
Resumen.....	14
1 Introducción.....	16
2 Objetivos.....	18
2.1 Objetivo general.....	18
2.2 Objetivos específicos.....	18
3 Marco Teórico.....	19
3.1 Estructura de la población rural en el país.....	19
3.2 Legislación SSR y situación nacional.....	20
3.3 Tecnologías de tratamiento.....	21
3.3.1 Tratamientos no convencionales.....	22
3.3.2 Tratamientos convencionales.....	26
3.4 Descripción de la guía de evaluación de la SUBDERE.....	35
3.4.1 Tecnología seleccionada para la evaluación.....	36
4 Metodología.....	37
4.1 Revisión de documentos.....	37
4.2 Selección de casos de estudio.....	37
4.3 Recopilación de datos.....	42
4.4 Aplicación de la guía en localidades con PTAS.....	43
4.5 Identificación de brechas y propuesta de mejoras.....	43
5 Estudio de Caso 1: La Ñipa (con PTAS).....	44
5.1 Descripción general.....	44
5.2 Recopilación de antecedentes.....	46
5.2.1 Antecedentes generales.....	46
5.2.2 Proceso que realiza la PTAS.....	49
5.3 Evaluación técnica de la planta de tratamiento a partir de la guía de evaluación y diagnóstico de PTAS de la SUBDERE.....	53
5.4 Resultados de la aplicación de la guía SUBDERE.....	61
5.5 Dificultades encontradas y vacíos metodológicos.....	61
5.6 Propuestas de mejoras PTAS.....	62
6 Estudio de Caso 2: Hierro Viejo (con PTAS).....	64

6.1	Descripción general	64
6.2	Recopilación de antecedentes	66
6.2.1	Antecedentes generales	66
6.2.2	Proceso que realiza la PTAS	69
6.3	Evaluación técnica de la planta de tratamiento a partir de la guía de evaluación y diagnóstico de PTAS de la SUBDERE	74
6.4	Resultados de la aplicación de la guía SUBDERE	80
6.5	Dificultades encontradas y vacíos metodológicos	80
6.6	Propuestas de mejoras PTAS	81
7	Propuestas de mejora Guía	83
7.1	Caracterización	83
7.2	Nivel 1: Evaluación y diagnóstico básico	84
7.2.1	Sugerencia de parámetros prioritarios	84
7.2.2	Pautas de verificación visual del comportamiento de un sistema de tratamiento de aguas servidas	85
7.2.3	Formación básica para operadores	86
7.3	Nivel 2: Evaluación y diagnóstico intermedio	87
7.3.1	Sugerencia de parámetros prioritarios	88
7.3.2	Formación para operadores	89
7.4	Nivel 3: Evaluación y diagnóstico completo	90
7.4.1	Sugerencia de parámetros prioritarios	90
7.4.2	Registro diario de operación	91
7.4.3	Formación básica para operadores [Nueva Propuesta]	91
7.4.4	Características de las aguas residuales [Original SUBDERE]	92
7.5	Evaluación cualitativa de la PTAS para los 3 niveles de diagnósticos	93
7.5.1	Planilla de evaluación cualitativa	93
8	Calificación	95
8.1	Evaluación cuantitativa	95
8.2	Evaluación Cualitativa	98
9	Análisis de Resultados con la Calificación propuesta como mejora de la Guía	100
9.1	Análisis de resultados o calificación PTAS de La Ñipa	100
9.1.1	Evaluación cuantitativa	100
9.1.2	Evaluación cualitativa	102

9.2	Análisis de resultados o calificación PTAS de Hierro Viejo	103
9.2.1	Evaluación cuantitativa.....	103
9.2.2	Evaluación cualitativa.....	104
9.3	Análisis de resultados o calificación de PTAS de la región del Maule.....	104
9.3.1	PTAS El Porvenir – Zapallar	104
9.3.2	Evaluación cualitativa.....	111
10	Estudio de caso 3: El Sobrante (sin PTAS)	114
10.1	Descripción general	114
10.2	Recopilación de antecedentes	114
10.3	Condiciones actuales de saneamiento	115
10.4	Propuesta de sistema de tratamiento para localidad sin PTAS.....	116
10.4.1	Selección de tecnología ideal: Humedales Construidos	116
10.4.2	Configuración propuesta del sistema en base a humedales construidos	119
11	Conclusiones	123
12	Referencias.....	125
13	Anexo.....	128

Índice de imágenes

Imagen 3.1 – Población representativa en porcentajes. [2]	20
Imagen 3.2 – Mapa de alternativas de tratamiento de aguas servidas. [4]	21
Imagen 3.3 – IMTA laguna de estabilización, Acamixtla. Fuente: [10]	23
Imagen 3.4 – Material vegetal predominante en humedales construidos. [12]	25
Imagen 3.5 - Clasificación de flujo hidráulico para humedales construidos. [13]	25
Imagen 3.6 – Sistema de lodos activados, aireación extendida. [Fotografía propia]	26
Imagen 3.7 – Esquema lodos activados. [14]	27
Imagen 3.8 – Laguna aireada.[15]	28
Imagen 3.9 – Biofiltro.[16]	30
Imagen 3.10 – Biodiscos [17]	32
Imagen 3.11 – Lombrifiltro construido y en operación [4]	33
Imagen 3.12 – Lombrices en hábitat de lombrifiltro [4]	33
Imagen 3.13 – Registro de parámetros en determinados puntos PTAS (Tabla N°96) [4]	36
Imagen 4.1 – Distribución de la población en la comuna de Petorca. (www.rulamahue.cl)	37
Imagen 4.2 – Visualizador de Servicios Sanitarios Rurales [20]	39
Imagen 5.1 – Ubicación de la localidad de La Ñipa. [8]	44
Imagen 5.2 – Ubicación de la localidad de La Ñipa y de la PTAS.	44
Imagen 5.3 – Ubicación de la planta de tratamiento de aguas servidas (PTAS) de La Ñipa	45
Imagen 5.4 – Planta de tratamiento de lodos activados de La Ñipa	45
Imagen 5.5 – Esquema de PTAS de La Ñipa	48
Imagen 5.6 – Sedimentador primario y características del liquido	49
Imagen 5.7 – Tanques de aireación. Línea 1 (imagen izquierda). Línea 2 (imagen derecha)	49
Imagen 5.8 – Sedimentadores secundarios. Línea 1 (imagen izquierda). Línea 2 (imagen derecha)	50
Imagen 5.9 – Tanques de lodo de retorno. Línea 1 (imagen izquierda). Línea 2 (imagen derecha)	50
Imagen 5.10 – Sectores de cloración. Línea 1 (imagen izquierda). Línea 2 (imagen centro). Sector de cloración, incluyendo ambas líneas (imagen derecha)	51
Imagen 5.11 – Canchas de secado de lodos	51
Imagen 5.12 – Sala de cloración	52
Imagen 5.13 – Sala de equipos (imagen izquierda). Soplador (imagen derecha)	52
Imagen 5.14 – Variación del caudal de entrada durante un día	53
Imagen 5.15 – Accesos de sedimentador primario y estación elevadora	59
Imagen 5.16 – Acceso de sedimentador primario y acceso de estación elevadora	59
Imagen 5.17 – Pasarelas de planta de tratamiento	59
Imagen 6.1 – Ubicación de la localidad de Hierro Viejo [Fuente: https://mapcarta.com/es/20121768/Mapa]	64
Imagen 6.2 – Ubicación y demarcación de la localidad de Hierro Viejo	64
Imagen 6.3 – Ubicación de la planta de tratamiento de aguas servidas (PTAS) de Hierro Viejo	65
Imagen 6.4 – Planta de Tratamiento en base a lodos activados de Hierro Viejo	65
Imagen 6.5 – Sector de acumulación de aguas servidas	67
Imagen 6.6 – Esquema de PTAS de Hierro Viejo	68

Índice de tablas

Tabla 3.1 – Distribución de población a nivel nacional.....	19
Tabla 3.2 – Eficiencias de remoción de lagunas de estabilización.....	23
Tabla 3.3 – Eficiencias de remoción de lodos activados.....	27
Tabla 3.4 – Eficiencias de remoción de lagunas aireadas a mezcla completa	28
Tabla 3.5 – Eficiencias de remoción de lagunas aireadas multicelulares.....	29
Tabla 3.6 – Eficiencias de remoción de lagunas facultativas	30
Tabla 3.7 – Eficiencias de remoción de biofiltros.....	30
Tabla 3.8 – Eficiencias de remoción de Biodiscos	31
Tabla 3.9 – Eficiencias de remoción de Lombrifiltro	33
Tabla 4.1 – Sistemas Sanitarios Rurales existentes en la comuna de Petorca.....	38
Tabla 4.2 – Resumen de localidades con PTAS en Petorca.....	40
Tabla 4.3 – Resumen de comunicaciones y coordinaciones preliminares.....	42
Tabla 5.1 – Resumen de antecedentes generales de la localidad de La Ñipa.....	46
Tabla 5.2 – Registro de operación y fallas de la PTAS	47
Tabla 5.3 – Registro de caudal entrante a la PTAS.....	53
Tabla 5.4 – Registro de mediciones de pH en reactores y sedimentadores	54
Tabla 5.5 – Registro de mediciones de sólidos sedimentables en reactores y sedimentadores	55
Tabla 5.6 – Registro de mediciones de cloro residual en el efluente de la PTAS.....	55
Tabla 5.7 – Registro visual de la PTAS.....	56
Tabla 5.8 – Registro visual de las líneas de tratamiento de la PTAS	56
Tabla 5.9 – Evaluación cualitativa de los componentes de la PTAS.....	57
Tabla 6.1 – Resumen de Antecedentes generales de la localidad de Hierro Viejo.....	66
Tabla 6.2 – Registro visual de la PTAS.....	74
Tabla 6.3 – Registro visual de las líneas de tratamiento de la PTAS	75
Tabla 6.4 – Evaluación cualitativa de los componentes de la PTAS.....	75
Tabla 7.1 – Caracterización de los niveles de diagnósticos.....	83
Tabla 7.2 – Posibles comportamientos en un tanque de aireación [Original SUBDERE].....	85
Tabla 7.3 – Posibles comportamientos en un sedimentador secundario [Original SUBDERE]	86
Tabla 7.4 – Posibles comportamientos en la etapa de desinfección [Original SUBDERE]	86
Tabla 7.5 – Registros diarios para operación de PTAS – Tabla N° 97 [Original SUBDERE].....	91
Tabla 7.6 – Tabla resumen para agregar nuevas componentes unitarias de PTAS.....	94
Tabla 8.1 – Planilla de parámetros del nivel básico [Nueva Propuesta].....	95
Tabla 8.2 – Criterios para evaluar la turbiedad [Nueva Propuesta]	96
Tabla 8.3 – Criterios para evaluar los Sólidos Sedimentables [Nueva Propuesta]	96
Tabla 8.4 – Resumen y Evolución de evaluación cuantitativa de la PTAS [Nueva Propuesta]..	97
Tabla 8.5 – Calificación de la evaluación según las pautas de verificación visual del Tanque de Aireación	98
Tabla 8.6 – Calificación de la evaluación según las pautas de verificación visual del Sedimentador Secundario.....	98
Tabla 8.7 – Calificación de la evaluación según la verificación visual de la Desinfección	98

Tabla 8.8 – Resumen de calificación de la evaluación cualitativa de la PTAS [Nueva Propuesta]	99
Tabla 9.1 – Caracterización PTAS de localidades de La Ñipa y Hierro Viejo	100
Tabla 9.2 – Evaluación de parámetros PTAS La Ñipa	100
Tabla 9.3 – Calificación de parámetros PTAS La Ñipa	101
Tabla 9.4 – Evaluación de tanque de aireación PTAS La Ñipa	102
Tabla 9.5 – Evaluación sedimentador secundario PTAS La Ñipa	102
Tabla 9.6 – Evaluación del sector de desinfección PTAS La Ñipa	102
Tabla 9.7 – Resumen evaluación cualitativa PTAS La Ñipa	102
Tabla 9.8 – Calificación de evaluación cualitativa PTAS La Ñipa	103
Tabla 9.9 – Resumen evaluación cualitativa PTAS Hierro Viejo	104
Tabla 9.10 – Caracterización PTAS de El Porvenir	107
Tabla 9.11 – Evaluación de parámetros PTAS El Porvenir	108
Tabla 9.12 – Registro de mediciones de cloro residual en el efluente de la PTAS	109
Tabla 9.13 – Calificación de parámetros PTAS El Porvenir	109
Tabla 9.14 – Evaluación de tanque de aireación PTAS El Porvenir	110
Tabla 9.15 – Evaluación de sedimentador secundario PTAS El Porvenir	110
Tabla 9.16 – Evaluación del sector de desinfección PTAS El Porvenir	110
Tabla 9.17 – Evaluación cualitativa de los componentes de la PTAS El Porvenir	111
Tabla 9.18 – Resumen evaluación cualitativa PTAS El Porvenir	112
Tabla 9.19 – Calificación de evaluación cualitativa PTAS El Porvenir	113
Tabla 10.1 – Resumen de antecedentes generales de la localidad de El Sobrante	114
Tabla 10.2 – Resumen eficiencias de remoción de las tecnologías – Tabla N°53 del Estudio de Soluciones Sanitarias para el Sector Rural 2018	116
Tabla 10.3 – Cuadro comparativo entre sistemas de tratamiento de lodos activados y humedales construidos	117
Tabla 10.4 – Rendimiento de depuración de Tanque Imhoff	121

Glosario

A

Agua Cruda: Agua no sometida a ningún tipo de tratamiento, y susceptible de ser potabilizada.

Agua Potable: Es el agua que, al cumplir los requisitos bacteriológicos, de desinfección, físicos, químicos y radioactivos de la norma, es apta para el consumo humano. Las condiciones mínimas de calidad del agua potable son las establecidas en la norma chilena NCh 409 “Agua Potable – parte 1: requisitos, y parte 2: procedimientos de muestreo necesario para verificar dicha calidad”.

Agua Potable Rural (APR): Son organizaciones sociales que se encargan de abastecer del recurso de agua potable a las zonas rurales del país. Posteriormente, de acuerdo con la Ley N°20.998 sobre Servicios Sanitarios Rurales (SSR), estas organizaciones fueron reemplazadas por los SSR, que actualmente cumplen dicha función.

Aguas Residuales: Efluentes que resultan del uso del agua en las viviendas, de actividades urbanas, industriales o agrícolas. Contienen materia orgánica e inorgánica, organismos vivos, elementos tóxicos, entre otros, que las hacen inadecuadas para su uso, y es necesaria su evacuación, recolección y transporte para su tratamiento y disposición final.

Aguas Servidas: Son aquellas aguas que han sido utilizadas en actividades domésticas, comerciales o industriales y que, debido a su contenido de contaminantes, requieren de un tratamiento previo antes de ser devueltas al medioambiente.

Aguas Servidas Tratadas: Aguas servidas procesadas en sistemas de tratamiento para satisfacer los requisitos de calidad, señalados en la normativa vigente, de acuerdo a la clase de cuerpo receptor al que serán descargadas esas aguas, o a sus posibilidades de uso posterior.

Alcantarillado: Servicio de recogida y conducción de las aguas residuales a los lugares de depuración o vertido.

C

Coliformes: Bacterias gram negativas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a la temperatura de 35° o 37°C (coliformes totales).

Coliformes Fecales: Bacterias aerobias gram-negativas, no formadoras de esporas, de forma bacilar y que, incubadas a 44.5° C, fermentan la lactosa en un término de 48 horas, con producción de gas, pudiendo ser residentes del tracto digestivo humano y de animales de sangre caliente. Coliformes fecales y E. coli son bacterias cuya presencia indica que el agua podría estar contaminada con heces fecales humanas o de animales.

Comités de agua potable rural: Organizaciones comunitarias funcionales, sin fines de lucro, de duración indefinida, número ilimitado de socios, gozan de personalidad jurídica por el sólo hecho de constituirse conforme a la Ley y se rigen por la Ley N° 19.418, de 1995, Ley sobre Juntas de Vecinos y demás Organizaciones Comunitarias.

Cooperativas de agua potable rural: Empresas que tienen por objeto mejorar las condiciones económicas de sus socios. Disponen de un marco regulatorio propio, constituido por la ley del ramo (DFL N°5 de 2004 Ministerio de Economía) y un reglamento, además de normas e instrucciones de carácter contable y administrativo, dictadas por el Departamento de Cooperativas del Ministerio de Economía para perfeccionar el funcionamiento de las cooperativas.

D

Densidad de Población: Cantidad de personas que en promedio habitan por unidad de superficie, usualmente por kilómetros cuadrados.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Cantidad de oxígeno (medido en mg/L) que es consumido en la oxidación de materia orgánica y materia inorgánica oxidable, bajo condiciones de prueba. Es usado para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales.

DBO₅: cantidad de oxígeno necesario para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, incubada durante cinco días a 20°C, reproduce el consumo de oxígeno en el medio natural.

Disposición de Aguas Servidas o Aguas Residuales: Evacuación de dichas aguas en cuerpos receptores, en las condiciones técnicas y sanitarias establecidas en las normas respectivas, o en sistemas de tratamiento.

M

Ministerio de Obras Públicas (MOP): Le corresponde la administración de la legislación en materia de recursos hídricos, la asignación de los derechos de agua y la aprobación de los derechos de concesión para establecer, construir y explotar servicios sanitarios. Sin perjuicio de la participación de otras entidades estatales y privadas, es también responsable de la planificación, ejecución y desarrollo del Programa de Agua Potable Rural.

N

Nitratos: Los nitratos constituyen una tercera etapa del ciclo del nitrógeno, al que se llega la acción de bacterias aerobias, los nitrosomas y nitrobacter. Se consideran sales nocivas para la salud por la capacidad del organismo para transformarlo en nitrito.

P

pH: El valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado por el número de iones de hidrógeno presente. Es medido en una escala desde 0 a 14, en la cual 7 significa que la sustancia es neutra. Valores de pH por debajo de 7 indican que la sustancia es ácida y valores por encima de 7 indican que la sustancia es básica.

Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS): Instalación destinada al tratamiento de aguas residuales provenientes de actividades domésticas, comerciales e industriales, con el objetivo de remover contaminantes e impurezas, dejándolas en condiciones de ser vertidas al medioambiente o aptas para ser reutilizadas en usos alternativos.

Población Servida: Número de habitantes que son servidos por un sistema de recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales.

R

Recolección de Aguas Servidas: Conducción de dichas aguas desde el inmueble del usuario, hasta la entrega para su disposición.

S

Saneamiento: Se entiende por saneamiento básico y mejoramiento ambiental la ejecución de las obras de acueductos urbanos y rurales, alcantarillados, tratamiento de agua y manejo y disposición de residuos líquidos y sólidos.

Servicio Público de Recolección de Aguas Servidas: Corresponde al servicio orientado a la recolección de aguas servidas domiciliarias, a través de las redes públicas exigidas por la urbanización conforme a la ley. Este servicio es prestado a usuarios finales, quienes están obligados a pagar una tarifa regulada, considerando que se trata de un monopolio natural sujeto a supervisión y a lo establecido por la ley.

Servicio Público de Disposición de Aguas Servidas: Corresponde al servicio encargado de recibir y tratar las aguas servidas provenientes de un servicio público de recolección, para luego disponerlas en el medioambiente de forma segura y en cumplimiento con la normativa vigente.

Servicios Sanitarios Rurales (SSR): Corresponden a organizaciones comunitarias sin fines de lucro que tienen a su cargo la provisión de agua potable y/o saneamiento en zonas rurales, conforme a lo dispuesto por la Ley N° 20.998. Estos servicios cuentan con el apoyo estatal en materia de inversión y capacitación. Surgieron en reemplazo de los Sistemas de Aguas Potable Rural (APR).

Sistemas de Alcantarillado de Aguas Servidas: Conjunto de instalaciones, infraestructura, maquinarias y equipos utilizados para la recolección, conducción, tratamiento y disposición final de las aguas residuales. Existen dos tipos de alcantarillado: a) Sistema separado: un alcantarillado de aguas residuales y otro de aguas lluvia, que recolectan en forma independiente

dichas aguas en un mismo sector, b) Sistema combinado: constituido por una red de tuberías que recoge y conduce las aguas residuales y las aguas lluvia conjuntamente.

Sólidos Disueltos: Materiales sólidos que se disuelven totalmente en agua.

Sólidos Suspendidos: Partículas sólidas orgánicas o inorgánicas que se mantienen en suspensión en una solución.

Sólidos Totales: Todos los sólidos en el agua residual o aguas de deshecho, incluyendo sólidos suspendidos y sólidos disueltos.

Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE): Es la institución pública responsable de conducir y promover el fortalecimiento de los gobiernos subnacionales y el proceso de descentralización del país.

Superintendencia Servicios Sanitarios (SISS): Realiza funciones relativas al otorgamiento de concesiones sanitarias, fiscalización de los prestadores sanitarios, determinación de las tarifas y proposición de los decretos respectivos al Ministerio de Economía. Encargada de fiscalizar a los prestadores sanitarios y del cumplimiento de las normas que le son propias. Encargada de la determinación de las tarifas del sector rural cuando se promulgue y entre en vigor la Ley de Servicios sanitarios del sector rural.

T

Tratamiento de Aguas Residuales (o Servidas): Procedimiento para reducir a un nivel aceptable la presencia de elementos contaminantes en las aguas residuales antes de su descarga o vertimiento en las fuentes o cuerpos receptores o para su reúso en la agricultura, sin peligro de contaminación.

Turbidez o Turbiedad: Medida de la no transparencia del agua debida a la presencia de materia orgánica suspendida.

U

Unidad de Saneamiento Sanitario: Es una unidad regional de la SUBDERE, que está encargada de mejorar la calidad de vida de la población que habita en condiciones de marginalidad sanitaria, apoyando la gestión de los Gobiernos Regionales, mediante el cofinanciamiento de iniciativas de inversión relacionadas con sistemas de agua potable, alcantarillado sanitario, tratamiento de aguas servidas, disposición final de aguas tratadas y todas aquellas infraestructuras necesarias para entregar una solución integral y demás líneas de acción establecidas en el Decreto Supremo N° 829 de 1998 del Ministerio del Interior y sus modificaciones, que permitan la sostenibilidad y sustentabilidad de los proyectos financiados por el Estado, considerando los costos de operación e impactos ambientales para el periodo de previsión del proyecto.

Resumen

El presente trabajo evalúa críticamente la aplicabilidad de la Guía de Evaluación y Diagnóstico Operacional de Sistemas de Saneamiento Rural (SSR) elaborada por la Unidad de Saneamiento de la SUBDERE contenida en el documento “Estudio de Soluciones Sanitarias para el Sector Rural”, el cual establece protocolos generales de control y mantención para tecnologías de tratamiento de aguas servidas.

Esta guía se aplicó a plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS) en base a lodos activados, en la comuna de Petorca en la región de Valparaíso, específicamente en las localidades de La Ñipa y Hierro Viejo, con el fin de conocer su exigencia frente a las condiciones reales de operación en este contexto rural.

La aplicación de la guía en terreno permitió evaluar el grado de aplicabilidad e identificar limitaciones presentes en la práctica. Entre las principales brechas identificadas en estas PTAS destacan la insuficiencia de recursos para cumplir con los registros de parámetros exigidos (principalmente por la falta de instrumentos necesarios para su medición) y la dependencia de operadores capacitados correctamente para operar la planta. Estas brechas hacen que la evaluación no se pueda llevar a cabo correctamente y debilitan la toma de decisiones.

Frente a estos resultados, se propuso mejorar la guía mediante la incorporación de tres niveles de diagnóstico: básico, intermedio y completo que especifican parámetros de interés, metodologías e instrumentos necesarios según las capacidades locales, considerando su aplicación específica a plantas de lodos activados.

El nivel básico prioriza parámetros simples y evaluación visual, el nivel intermedio incorpora instrumentos portátiles para la medición de parámetros y el nivel completo mantiene lo que se plantea originalmente en la guía, con mediciones y registros que requieren de instrumentos especiales o laboratorio y de personal con mayor capacitación.

Otra mejora propuesta para esta guía consistió en incorporar la identificación de tecnologías de tratamiento de aguas servidas apropiadas para zonas rurales con limitaciones de recursos y que actualmente no cuentan con ningún sistema de tratamiento, con el fin de disponer de alternativas más adecuadas antes de considerar la implementación de lodos activados.

Con estas mejoras, el objetivo es que la evaluación sea más flexible y útil, especialmente en aquellas zonas rurales donde hay pocas herramientas y bajo presupuesto y para aquellas que no cuentan con un sistema de tratamiento, que la guía sirva de apoyo para evaluar otra opción de tecnología.

Una vez realizadas estas mejoras de la guía, se aplicó en distintas plantas de tratamiento de lodos activados, para dar seguimiento de la serviciabilidad que tendría esta herramienta para poder realizar diagnósticos confiables y priorizar acciones de operación, mantención y apoyo técnico en localidades con mayores condiciones de vulnerabilidad sanitaria.

Además, la aplicación de la guía permitió que se pudieran identificar con claridad diversos errores presentes en las plantas y apoyar a los operadores en la toma de decisiones orientadas a optimizar la operación. En particular, la guía favoreció mejoras en las rutinas de limpieza y priorización de la mantención de equipos, contribuyendo así a prolongar el buen funcionamiento de las instalaciones y a fortalecer la gestión operativa en su conjunto.

1 Introducción

En Chile, aproximadamente el 12% de la población, equivalente a 2.3 millones de habitantes reside en zonas rurales, según datos del censo 2017.[1] Aunque este porcentaje representa una minoría en comparación con la población urbana, se trata de un grupo significativo, que enfrenta importantes desigualdades en el acceso a servicios básicos, especialmente en el saneamiento.

Existe una gran diferencia en el acceso a servicios sanitarios entre la población urbana y rural. Mientras que un 99% de la población urbana se conecta a la red pública de agua potable, en sectores rurales este valor disminuye a un 53%. [2] En cuanto a la conexión de sistema de alcantarillado, la diferencia es aún mayor, donde se tiene un 98% para la zona urbana y un 21% para la zona rural. [2] Estos datos evidencian la urgente necesidad de dar respuesta a la demanda de saneamiento del sector rural del país.

Actualmente, algunas localidades rurales organizadas, que ya cuentan con un sistema de abastecimiento de agua potable en funcionamiento y cuyos comités de administración operan adecuadamente, han logrado avanzar gracias a iniciativas municipales en la implementación de sistemas de alcantarillado. Estas soluciones incluyen algún tipo de tratamiento y disposición de las aguas servidas para las localidades pequeñas y sistema de tratamiento más convencionales en aquellos casos donde su implementación es técnica y económicamente viable. [3]

En este escenario, la Unidad de Saneamiento Sanitario de la División de Desarrollo Regional de la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (SUBDERE) cumple un rol estratégico al apoyar y reforzar este tipo de iniciativas, reduciendo las brechas de cobertura sanitaria en zonas rurales, mediante la administración de programas e instrumentos de financiamiento orientados a la provisión de agua potable, alcantarillado, tratamiento y reutilización de aguas servidas.

Actualmente, muchos de los sistemas de tratamiento financiados con recursos del Estado presentan dificultades en su funcionamiento. En gran parte, esto se debe a que los diseños aplicados no siempre se ajustan a las condiciones particulares de cada sector, ya que en varios casos se utilizan soluciones estandarizadas que no consideran las realidades de cada localidad. [4] Frente a esta situación la Unidad de Saneamiento Sanitario elaboró el “Estudio de Soluciones Sanitarias para el Sector Rural”, el cual establece criterios cualitativos y cuantitativos que deben tenerse en cuenta para la formulación, preparación, construcción y explotación de iniciativas de inversión del ámbito sanitario, es decir, distribución y tratamiento del agua potable y recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas.

En este contexto, el objetivo principal del presente trabajo es evaluar críticamente la aplicabilidad de Guía de Evaluación y Diagnóstico Operacional de Sistemas de Saneamiento Rural de la SUBDERE, identificando sus limitaciones en condiciones reales de operación y proponiendo mejoras que permitan fortalecer y facilitar su uso en zonas rurales con restricciones técnicas y financieras. Para ello la guía fue aplicada en plantas de tratamiento de

aguas servidas basadas en lodos activados, con el fin de observar su desempeño en localidades de zonas rurales.

Este trabajo se estructura en distintos apartados que permiten abordar de manera progresiva el contexto, la metodología, los resultados y las propuestas de mejoras. En el primer apartado, se presenta el marco teórico, donde se describe la estructura de la población y el saneamiento rural en Chile, la legislación de los SSR, los desafíos actuales en la operación de las plantas de tratamiento y las tecnologías de tratamientos disponibles para tratar el agua residual. Posteriormente, se describe la metodología utilizada para la aplicación de la guía en terreno, destacando la selección de casos de estudios y la recopilación de datos necesarios para evaluar cada PTAS.

A continuación, se exponen los resultados obtenidos al aplicar la guía, analizando las principales brechas operacionales identificadas, el desempeño de las instalaciones, el impacto en la toma de decisiones de los operadores. En un apartado posterior, se presentan las mejoras propuestas para la guía, particularmente la incorporación de niveles de diagnósticos (básico, intermedio y completo) con el fin de adaptar los requerimientos técnicos a las capacidades locales y facilitar evaluaciones más flexibles y realistas en sistemas de saneamiento rural.

El trabajo incluye, además, una calificación de acuerdo a la evaluación realizada en cada caso de estudio, entregando los análisis de resultados de las PTAS. Finalmente, se presenta la consideración de tecnologías alternativas para contextos rurales que no disponen de sistemas de tratamiento de aguas servidas, así como la discusión sobre la utilidad de estas recomendaciones en la gestión futura del saneamiento rural.

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar críticamente la aplicabilidad de la Guía de Evaluación y Diagnóstico Operacional de Sistemas de Saneamiento Rural de la SUBDERE y proponer mejoras que permitan su uso adaptado a las condiciones reales y diversas del sector rural, incluyendo el desarrollo de una configuración de propuesta de diseño para localidades que no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas servidas.

2.2 Objetivos específicos

- Aplicar la guía en localidades con plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS).
- Identificar los criterios de evaluación de la guía que no pueden aplicarse por falta de datos, registros o equipamiento.
- Analizar y organizar de manera estructurada las brechas existentes entre la guía y la realidad en el sistema de saneamiento rural.
- Desarrollar propuestas de mejoras para la guía incorporando criterios adaptativos y flexibles de acuerdo a la realidad operativa de las comunidades rurales.
- Desarrollar configuración de propuesta de diseño para localidad sin sistema de tratamiento de aguas servidas.

3 Marco Teórico

3.1 Estructura de la población rural en el país

En Chile, el conocimiento detallado de la distribución poblacional entre zonas urbanas y rurales es fundamental para la planificación y ejecución de políticas públicas, particularmente en sectores donde las necesidades y condiciones de vida son distintas. Las zonas rurales, caracterizadas generalmente por menos densidad de población y acceso limitado a servicios básicos, enfrentan desafíos específicos en términos de saneamiento, infraestructura y gestión de recursos hídricos.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), en los últimos censos y proyecciones, se ha evidenciado una tendencia hacia la urbanización, pero un porcentaje significativo de la población aún reside en áreas rurales. Esta realidad plantea desafíos particulares para el diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), cuyo dimensionamiento depende directamente de la población objetivo. En función de esto, se presenta a continuación la distribución de la población nacional de acuerdo a la síntesis de resultados del instituto nacional de estadísticas (INE) de Junio del 2019. [5]

Tabla 3.1 – Distribución de población a nivel nacional

Población	Estimado 2002		Proyección 2019		Proyección 2035	
	Hab.	%	Hab.	%	Hab.	%
Urbana	13.541.501	86,3	16.883.696	88,4	18.831.623	89,1
Rural	2.150.200	13,7	2.223.520	11,6	2.306.146	10,9
Total	15.691.701	100	19.107.216	100	21.137.769	100

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas INE (www.ine.cl)

Según la definición del instituto Nacional de Estadísticas (INE), se considera que una entidad rural es un asentamiento humano con población menor o igual a 1.000 habitantes, o entre 1.001 y 2.000 habitantes, donde más del 50% de la población que declara haber trabajado se dedica a actividades primarias. [6]

Aunque la definición principal se basa en umbrales de población, densidad y actividad económica a nivel de entidad o comuna, las zonas rurales se diferencian internamente por su patrón de asentamiento; concentrada, semiconcentrada o dispersa. [2]

- Localidad concentrada: cuentan con más de 150 habitantes y una densidad superior a 15 viviendas por km de red pública de agua (RPA).
- Localidad semiconcentrada: cuentan con una población mínima de 80 habitantes y una densidad de al menos 8 viviendas por km de RPA.
- Localidad Dispersa: cuentan con una población menor a 80 habitantes o una densidad menor a 8 viviendas por km de RPA.

Según el censo del año 2017, en Chile un 12% de la población, equivalente a 2.3 millones de habitantes, residía en zonas rurales. De este total, aproximadamente la mitad vivía en localidades concentradas y la otra mitad en localidades semiconcentradas y dispersas, como se puede observar en la Imagen 3.1.

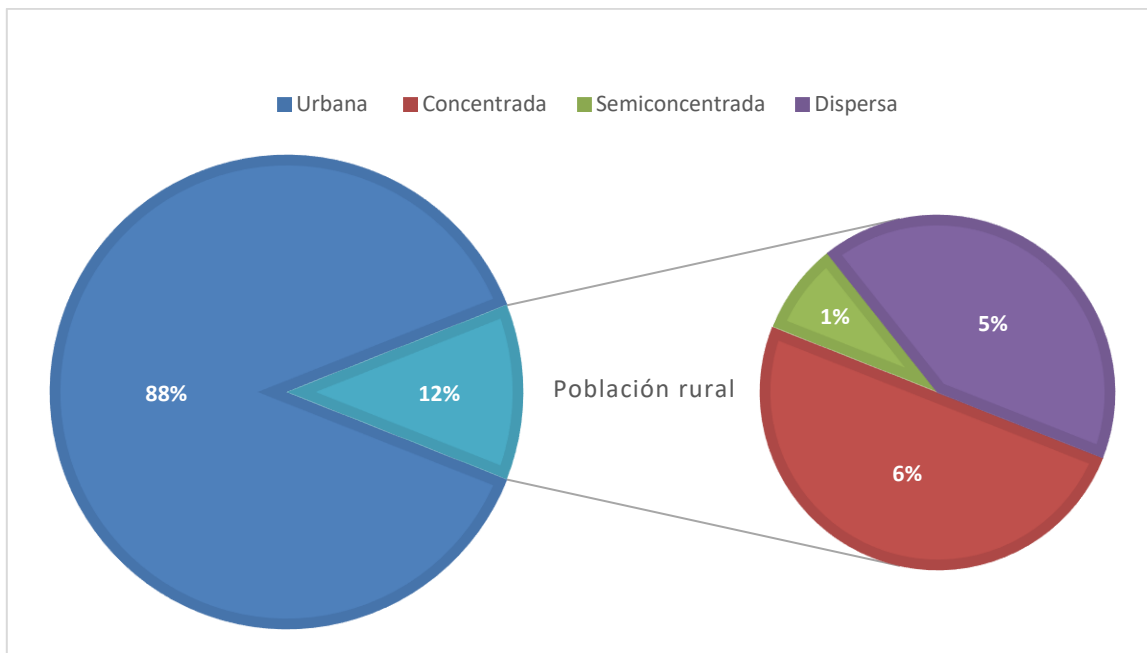


Imagen 3.1 – Población representativa en porcentajes. [2]

3.2 Legislación SSR y situación nacional

Desde la vigencia de la Ley N°20.998, el 20 de noviembre del año 2020, se modificó la forma de administración y gestión de los antiguos sistemas de Agua Potable Rural (APR), transformándolos en Servicios Sanitarios Rurales (SSR). El objetivo de esta ley es promover el desarrollo sostenible de estos servicios, abarcando no solo la cobertura de agua potable, sino también el saneamiento integral, incluyendo la recolección y tratamiento de las aguas servidas. Este marco legal, asigna a la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) la responsabilidad de determinar y calcular las tarifas de estos sistemas, fiscalizar su funcionamiento y resolver discrepancias entre los usuarios y operadores. [7]

3.3 Tecnologías de tratamiento

En el presente punto se detallan las alternativas de tratamiento de aguas servidas aplicables a localidades semidispersas o concentradas en el sector rural de acuerdo al estudio de soluciones sanitarias para el sector rural.[4] La siguiente imagen resume las principales alternativas disponibles para el tratamiento de aguas servidas:

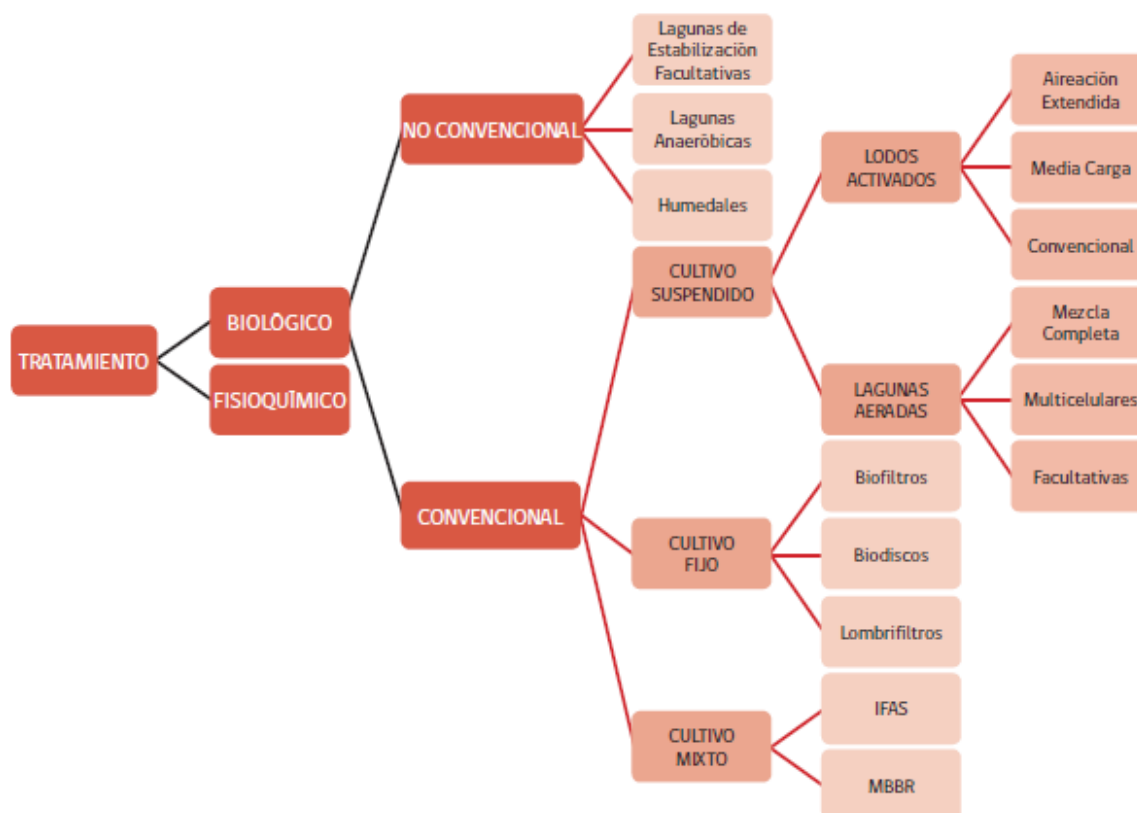


Imagen 3.2 – Mapa de alternativas de tratamiento de aguas servidas. [4]

Si se comparan los sistemas biológicos y físico-químicos, una de las principales diferencias consiste en el mecanismo mediante el cual mejoran la calidad del agua servida. Mientras que los sistemas biológicos dependen de microorganismos para mejorar la calidad del agua servida, los tratamientos físico-químicos se basan en reacciones físicas y químicas, utilizando la adición de ciertos reactivos como los coagulantes, polielectrolitos o polímeros para remover contaminantes. Estos sistemas operan mediante procesos como la sedimentación, flotación o filtración y su eficacia está directamente relacionada con la respuesta de las aguas a estos procesos.

Los sistemas biológicos no convencionales, son en general sistemas naturales (lagunas facultativas, aeróbicas o anaeróbicas), que requieren grandes áreas de terrenos y no cuentan con variables operativas que permitan ajustar o controlar el proceso, lo que no asegura que su rendimiento sea estable o bien, que la calidad exigida por la normativa vigente DS 90/2000 para descarga a cuerpos de agua sin capacidad de dilución, no sea la suficiente. [4]

Los sistemas biológicos convencionales son mecanizados y requieren menos superficie, lo que los hace más eficientes para comunidades con espacio limitado. La mayoría de estos sistemas cuentan con variables operativas, lo que permite controlar el proceso, pudiendo remover los parámetros de interés hasta la calidad exigida por la normativa vigente si están bien operados.

En conclusión, los tratamientos fisicoquímicos y biológicos de aguas residuales son procesos importantes que pueden utilizarse por separado o en combinación para tratar diferentes tipos de aguas residuales y lograr distintos objetivos. La selección del método de tratamiento más adecuado depende de diversos factores, como las características de las aguas residuales, la calidad del efluente, la disponibilidad de recursos, el impacto ambiental y la viabilidad económica. En la mayoría de los casos, se utiliza una combinación de métodos de tratamiento físicos, químicos y biológicos para lograr resultados óptimos. [8]

A continuación, se presenta una descripción breve ^[1] de distintos tipos de sistemas de tratamientos tanto no convencionales como convencionales.

3.3.1 Tratamientos no convencionales

3.3.1.1 Lagunas de estabilización facultativas

Los sistemas de tratamiento basados en lagunas facultativas son una solución eficiente y de bajo costo para el tratamiento de aguas domésticas. [9] Su funcionamiento se basa en procesos biológicos naturales, y su aplicabilidad depende principalmente de la carga orgánica del agua que se desea tratar.

Estas lagunas funcionan mediante una estratificación natural, donde el oxígeno varía según la profundidad y la hora del día. En la capa superficial, la luz solar permite el desarrollo de algas fotosintéticas que producen oxígeno, el cual es utilizado por bacterias aeróbicas para degradar la materia orgánica. En el fondo de la laguna, donde el oxígeno es menor, actúan bacterias anaeróbicas que continúan con la descomposición de los sólidos sedimentados. [4]

Este sistema además de remover carga orgánica permite el abatimiento de parásitos por sedimentación y coliformes fecales, gracias a la acción combinada de diversos factores como, la radiación solar, el aumento del pH generado por la fotosíntesis, la temperatura y la sedimentación.

¹ Para ello se consultaron: Estudio de Soluciones Sanitarias para el sector Rural [4], Guía de criterio de diseño aguas servidas [3] y Humedales construidos, diseño y operación [13] incluidos en la Bibliografía.



Imagen 3.3 – IMTA laguna de estabilización, Acamixtla. Fuente: [10]

Eficiencia de remoción:

Tabla 3.2 – Eficiencias de remoción de lagunas de estabilización

Parámetro	% Remoción
DBO	70 – 90
Nitrógeno	40 – 50
Fósforo	20 – 60
Coliformes Fecales	60 – 90

Fuente: Metcalf & Eddy (1995). [11]

Ventajas:

- Bajo costo de operación y mantenimiento.
- No se requiere equipamiento complejo para operarla.
- Alta eliminación de patógenos con tiempo de residencia hidráulico (TRH) mayor a 10 días.

Desventajas:

- Requiere grandes superficies de terreno.
- Su control operativo es limitado, ya que dependen de condiciones ambientales.
- Cuando el afluente contiene altos niveles de sulfatos, se puede producir la formación de compuestos malolientes por la actividad bacteriana anaeróbica.
- En condiciones de bajo oxígeno, las bacterias reducen los nitratos y sulfatos, lo que puede generar compuestos indeseados.

3.3.1.2 Lagunas anaeróbicas

El proceso del tratamiento de lagunas anaeróbicas se desarrolla en dos etapas: fermentación que se lleva a cabo por bacterias facultativas y la metanogénesis, que se realiza por bacterias anaeróbicas. [4]

Estas lagunas se dimensionan según la carga volumétrica aplicada y operan con profundidades entre los 3 y 5 metros, lo que permite un menor requerimiento de terreno comparado con las lagunas facultativas. Sin embargo, son muy sensibles a variaciones de pH y temperatura lo que puede desequilibrar el sistema, generando olor desagradable, colapsos operativos y de larga recuperación. [4]

En el país no se cuenta con sistemas en base a esta tecnología para el tratamiento de aguas servidas domésticas, pero la bibliografía señala que la eficiencia de remoción de DBO debería encontrarse en el orden del 70-90%. [4]

Ventajas:

- Requiere menos terreno.
- Bajo consumo energético.

Desventajas:

- Sensibles a variaciones de pH y Temperatura.
- Riesgo de generaciones de olores ofensivos.
- Recuperación lenta tras desequilibrios.

3.3.1.3 Humedales

Actualmente, los humedales construidos son una de las tecnologías no convencionales más recomendadas y reconocidas para la depuración de aguas servidas tanto domésticas como industriales. Esto se debe a las interacciones físicas, químicas y biológicas de sus componentes, que son; el agua, vegetación y microorganismos, los cuales permiten reducir el contenido de materia orgánica, nutrientes y sustancias tóxicas. [12]

Los humedales se clasifican según las características del material vegetal predominante y del flujo hidráulico en sus lechos. [13]

De acuerdo al material vegetal:

- a) Humedales construidos, basados en macrófitas flotantes. Ejemplo: Jacinto de agua y Lenteja de agua.
- b) Humedales construidos, basados en macrófitas de hojas flotantes. Ejemplo: Lirio de agua y Espiga de agua.
- c) Humedales construidos, con macrófitas sumergidas. Ejemplo: Litorela y Rizos de agua.
- d) Humedales construidos, con macrófitas emergentes. Ejemplo: Totorá y Carrizos.

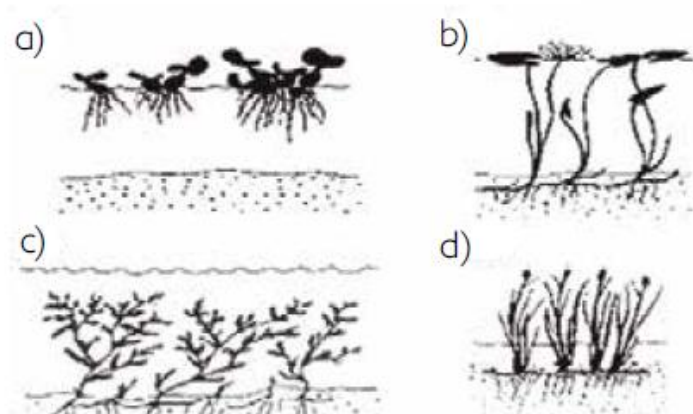


Imagen 3.4 – Material vegetal predominante en humedales construidos. [12]

De acuerdo al flujo hidráulico:

- Humedales construidos con flujo superficial (FS)
- Humedales construidos con flujo horizontal subsuperficial (HFSS)
- Humedales construidos de flujo vertical subsuperficial (VFSS)
- Humedales construidos híbridos (SH)

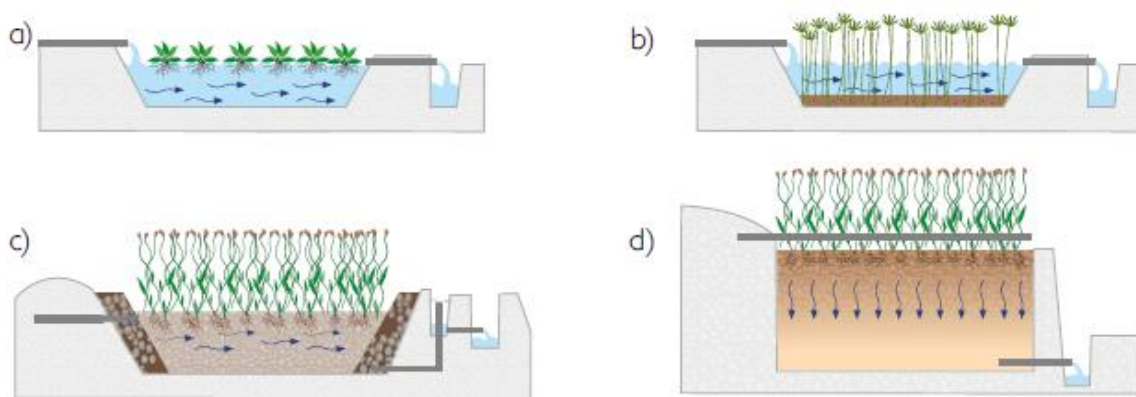


Imagen 3.5 - Clasificación de flujo hidráulico para humedales construidos. [13]

Ventajas:

- Mejora de la calidad ambiental.
- Creación y restauración de nichos ecológicos.
- Mejora paisajística.
- Fuente de agua en procesos de reutilización de aguas residuales para riego.
- Bajos consumos energéticos.
- Operación simple.
- Pueden soportar una amplia gama de contaminantes y tóxicos.

Desventajas:

- El control operativo sobre los procesos de tratamiento es limitado.
- Imitan ecosistemas naturales y generalmente tienen patrones de actividad estacionales que pueden generar variaciones en el rendimiento.
- Pueden acumular sustancias tóxicas en los sedimentos y contaminar el sitio.

3.3.2 Tratamientos convencionales

3.3.2.1 Cultivo suspendido

3.3.2.1.1 Lodos activados

Este sistema consiste en mantener la biomasa en agitación dentro de un estanque de aireación, desde donde pasa a una unidad de sedimentación. Una parte de la biomasa sedimentada se recircula para mantener la población microbiana adecuada, mientras que el excedente se purga del sistema como residuo.

Existen distintas variantes operativas:

- Convencional Flujo pistón.
- Mezcla Completa.
- Aireación extendida (prolongada).
- Convencional o de alta carga.
- Reactor Discontinuo Secuencial (Sequencing Batch Reactor, SBR).

De estas, la más adecuada tanto técnica como económicamente por el tamaño requerido a implementar en el sector rural es la aireación extendida. [4]



Imagen 3.6 – Sistema de lodos activados, aireación extendida. [Fotografía propia]

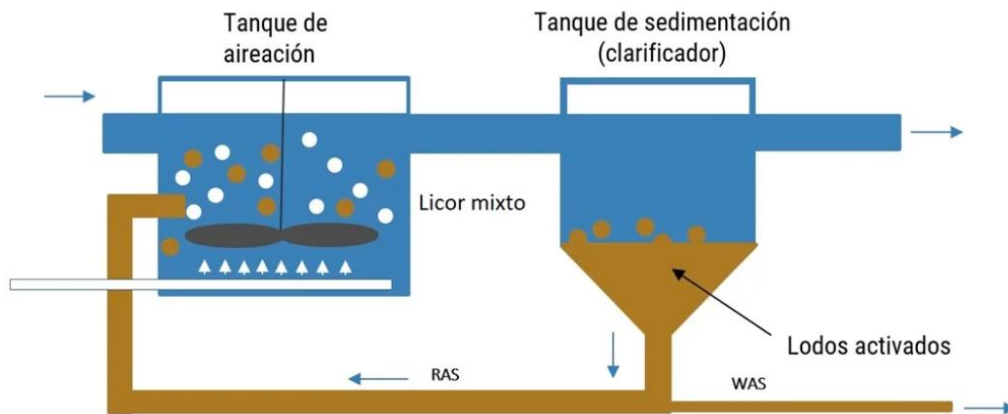


Imagen 3.7 – Esquema lodos activados. [14]

Los parámetros de diseño y control operacional más importantes de un sistema de lodos activados son la Edad del lodo que indica el tiempo que este debe permanecer en el sistema y la relación F/M (alimento/microorganismos).

Eficiencia de remoción:

Tabla 3.3 – Eficiencias de remoción de lodos activados

Parámetro	% Remoción	Observación
DBO	90 – 95	
Nitrógeno Total	15 – 30 70 – 95	Tratamiento Secundario Convencional. Incluyendo Desnitrificación.
Fósforo Total	10 – 25 70 – 90	Tratamiento Secundario Convencional. Incluyendo remoción adicional de N y P o remoción química de fósforo.
Sólidos Suspendidos	90 – 95	
Coliformes Fecales	60 – 90	

Fuente: Metcalf & Eddy (1995). [11]

Ventajas:

- Flexibilidad de operación a través de control de la biomasa activa dentro del proceso.
- Eficiencia de remoción de carga orgánica más alta que la que se alcanza con otros procesos.
- Minimización de olores y ausencia de insectos.
- Puede incorporar desnitrificación al proceso.
- Posibilidad de regular la energía consumida para variación de carga orgánica.

Desventajas:

- Control permanente, tanto operativo como de análisis de laboratorio.
- Altos costos de operación.
- Bajo abatimiento de coliformes fecales, por lo que requiere desinfección final.

3.3.2.1.2 Lagunas aireadas

Las lagunas aireadas se asimilan al proceso de lodos activados, pero sin recirculación, presentan mayor simplicidad operativa y permiten prescindir del deshidratado continuo de lodos. Estos sistemas de tratamiento se dividen en lagunas aireadas a mezcla completa, multicelulares y facultativas.

Lagunas aireadas a mezcla completa

Este sistema consiste en la aireación artificial de una laguna para mantener todos los sólidos en suspensión y suministrar el oxígeno necesario para la degradación biológica.

Los sólidos suspendidos salen junto al efluente, por lo que se requiere un proceso de sedimentación, donde el lodo se acumula y se digiere anaeróbicamente, permitiendo una baja producción de lodos.



Imagen 3.8 – Laguna aireada.[15]

Eficiencia de remoción:

Tabla 3.4 – Eficiencias de remoción de lagunas aireadas a mezcla completa

Parámetro	% Remoción	Observación
DBO	50 – 60 80 – 90	Incluyendo laguna sedimentación.
Nitrógeno	–	No hay nitrificación.
Fósforo	–	No hay remoción.
Coliformes Fecales	90 – 99	

Fuente: Metcalf & Eddy (1995). [11]

Ventajas:

- Proceso simple y confiable.
- Baja producción de lodos.
- Buen grado de estabilización de lodos.

Desventajas:

- Alta demanda energética incluso bajo condiciones de baja carga orgánica.
- Necesidad de desinfección del efluente.

Lagunas aireadas multicelulares

Este sistema está compuesto por dos etapas secuenciales; la primera etapa está diseñada para remover la materia orgánica biodegradable manteniendo una mezcla completa de todos los sólidos en suspensión, lo que requiere una potencia de aireación adecuada para asegurar una agitación uniforme.

La segunda etapa se compone por dos o más lagunas en serie, donde su función es permitir la sedimentación, estabilización y almacenamiento de los sólidos decantados, realizando una mezcla parcial, con una potencia de aireación menor, suficiente para mantener parte de los sólidos en suspensión.

Eficiencia de remoción:

Tabla 3.5 – Eficiencias de remoción de lagunas aireadas multicelulares

Parámetro	% Remoción	Observación
DBO	50 – 60 80 – 90	Incluyendo lagunas parcialmente aireadas.
Nitrógeno	–	No hay nitrificación.
Fósforo	–	No hay remoción.
Coliformes Fecales	90 – 99	

Fuente: Metcalf & Eddy (1995). [11]

Lagunas facultativas

Este tipo de lagunas proviene de las configuraciones anteriores y se diseña para tiempos de retención mayores, con lo que el espacio requerido aumenta considerablemente. A diferencia de las lagunas a mezcla completa y multicelulares, el diseño de estas unidades no está sujeto a criterios definidos en cuanto a los requerimientos de oxígeno, recomendándose en general una densidad de mezcla baja, por lo que se produce la acumulación de sólidos y generación de algas en las lagunas.

Eficiencia de remoción:

Tabla 3.6 – Eficiencias de remoción de lagunas facultativas

Parámetro	% Remoción	Observación
DBO	70 – 80	
Nitrógeno	–	Nitrificación parcial
Fósforo	–	Remoción mínima.
Coliformes Fecales	60 – 90	

Fuente: Metcalf & Eddy (1995). [11]

3.3.2.2 Cultivo fijo (lechos bacterianos)

3.3.2.2.1 Biofiltros

Son estanques circulares rellenos con un medio de soporte de roca o plástico, donde el afluente fluye verticalmente, el que es recogido junto a la biomasa en exceso que se desprende del medio (a través de un fondo falso) para pasar a la sedimentación secundaria.

Tabla 3.7 – Eficiencias de remoción de biofiltros

Parámetro	% Remoción
DBO	70 – 90
Nitrógeno	10 – 30
Fósforo	30 – 50
Sólidos Suspendidos	80 – 90
Coliformes Fecales	60 – 99

Fuente: Metcalf & Eddy (1995). [11]

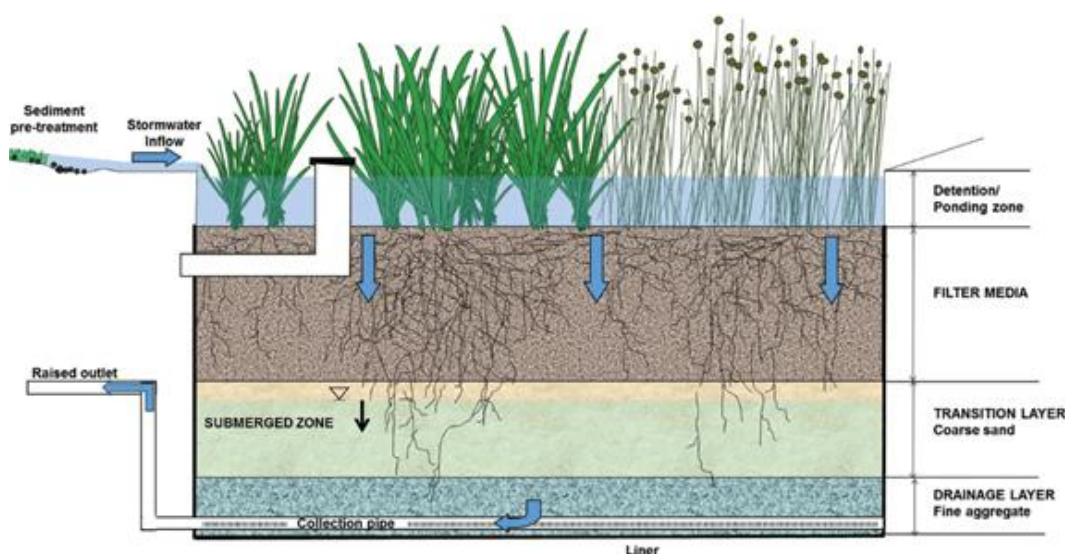


Imagen 3.9 – Biofiltro.[16]

Ventajas:

- Estabilidad ante variaciones de la carga y concentración del afluente.
- Bajos costos de operación y mantenimiento.
- Producción de un lodo estable concentrado, en general bien floculado y fácil de decantar.
- De fácil puesta en marcha luego de una detención.

Desventajas:

- Baja posibilidad de incluir remoción de nutrientes en el proceso.
- Necesidad de sedimentación primaria para disminuir los sólidos suspendidos afluentes a la componente biológica.
- Riesgo de desarrollo de moscas psychoda, especialmente en climas cálidos o templados durante las estaciones de alta temperatura.
- En las versiones de alta tasa, requieren de un gasto de recirculación que hay que bombear.

3.3.2.2.2 Biodiscos

En un sistema de este tipo, el agua pasa de forma horizontal a través de un tanque, en el cual giran unos ejes con discos de gran diámetro, suficientemente separados a muy baja velocidad para permitir el crecimiento de biomasa sobre su superficie.

Tabla 3.8 – Eficiencias de remoción de Biodiscos

Parámetro	% Remoción
DBO	70 – 90
Nitrógeno	10 – 30
Fósforo	30 – 50
Sólidos Suspendidos	80 – 90
Coliformes Fecales	60 – 99

Fuente: Metcalf & Eddy (1995). [11]



Imagen 3.10 – Biodiscos [17]

Ventajas:

- Bajos requerimientos de energía.
- No requieren de bombeo, recirculación ni elevación.
- Tienen mejor eficiencia que los biofiltros debido a la activación del lodo que se desprende de los discos.

Desventajas:

- No adecuados para grandes poblaciones.
- Requieren pretratamiento si el afluente contiene grasas o aceites en cantidades significativas.
- Sensibles al desequilibrio estructural, cuando las cargas no se distribuyen de forma uniforme.
- Alto costo de mantención.

3.3.2.2.3 Lombrifiltros

En términos generales, el lombrifiltro consiste en un estanque relleno por diferentes capas filtrantes, con lombrices en la capa superficial, las que en conjunto con la microbiología generada degradan la materia orgánica y la transforman en humus, agua, CO₂ y otros gases.

Este tratamiento inicia con una separación primaria de sólidos gruesos, mediante rejillas manuales o autolimpiantes, según el tamaño de la planta. Luego, el agua servida se acumula en un estanque de homogenización, donde se impulsa por aspersión sobre la superficie del lombrifiltro en donde se produce la adsorción de las partículas disueltas en el líquido, quedando retenidas y digeridas por lombrices y la microbiología existente del sistema.

La materia orgánica del efluente es consumida por las lombrices, pasando una fracción menor de ella a constituir parte de su masa corporal y el resto como deyecciones de estas, denominadas comúnmente como humus de lombriz.

El efluente es sometido posteriormente a desinfección, es decir, cloración, para la reducción de coliformes fecales.

Tabla 3.9 – Eficiencias de remoción de Lombrifiltro

Parámetro	% Remoción
DBO	75 – 90
Nitrógeno	60 – 70
Fósforo	60 – 80
Sólidos Suspendidos	80 – 90
Coliformes Fecales	60 – 99

Fuente: Metcalf & Eddy (1995). [11]



Imagen 3.11 – Lombrifiltro construido y en operación [4]



Imagen 3.12 – Lombrices en hábitat de lombrifiltro [4]

Ventajas:

- Alta eficiencia de tratamiento, especialmente en remoción de NKT y PT.
- Proceso biológico natural, basado en lombrices y microorganismos.
- Funcionamiento en amplio rango térmico (3 a 40°C).
- Bajo consumo energético.
- Aprovechamiento de subproductos como el humus de lombriz para la agricultura.
- Aplicación práctica para pequeñas comunidades.

Desventajas:

- No adecuado para grandes caudales o localidades con alta variabilidad estacional.
- Riesgo de malos olores si no se diseña o mantiene adecuadamente.
- Requiere mantenimiento manual frecuentemente.
- Reemplazo anual de viruta.
- Diseño y operación dependientes del control de sólidos suspendidos, idealmente menor a 700 – 1000 mg/L.

3.3.2.3 Cultivo mixto

3.3.2.3.1 MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) e IFAS (Integrated Fixed Film Sludge)

Estos sistemas son de las últimas tecnologías aplicadas a la depuración de aguas residuales, tanto urbanas como industriales. Estas tecnologías combinan lo mejor de los sistemas de lechos de contacto y los lodos activados convencionales, ofreciendo soluciones avanzadas. [18]

MBBR: Innovación en biofilm móvil

Este sistema es conocido por su capacidad para soportar una biomasa adherida activa y móvil dentro de un reactor. Este proceso mejora significativamente la eficiencia de la degradación de contaminantes orgánicos e inorgánicos en aguas residuales.

Dentro de las ventajas de este sistema se incluyen:

- Alta capacidad de tratamiento y menor requerimiento de espacio: La superficie de soporte del biofilm permite mayor concentración de microorganismos, aumentando la capacidad de tratamiento en un espacio reducido.
- Flexibilidad operativa: Puede adaptarse fácilmente a variaciones en la carga orgánica y condiciones de flujo, manteniendo un rendimiento estable y eficiente.

IFAS: Integración de biofilm y lodos activados

El Sistema IFAS combina las ventajas de dos tecnologías de tratamiento: lodos activados convencionales con los sistemas de biofilm adherido del MBBR combinando las dos tecnologías en un único reactor. [18]

Dentro de las ventajas de este sistema se incluyen:

- Mejora de la biodegradación: Aumenta la superficie disponible para el crecimiento de biofilm, mejorando la capacidad de biodegradación de contaminantes.
- Mayor tolerancia a cargas variables: Permite enfrentar picos de carga y variaciones estacionales sin comprometer la calidad del efluente tratado.
- Reducción de requisitos de energía: Requiere menos aireación que los sistemas convencionales.

3.4 Descripción de la guía de evaluación de la SUBDERE

La Guía de Evaluación y Diagnóstico Operacional de Sistemas de Tratamiento de Aguas Servidas, elaborada por la SUBDERE, contiene criterios generales para efectuar una evaluación tanto de la infraestructura como los equipos asociados a las diversas componentes unitarias de las plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS). [4]

Los criterios señalados en la guía son generales y deben ser tomados como tales, debiendo visualizarse aspectos específicos en cada PTAS, con el fin de determinar de manera precisa el estado de sus componentes, equipamiento o funcionamiento en general.

La guía se estructura en dos secciones principales:

1. Evaluación Cualitativa por parte de los operadores

Esta parte está destinada a los operadores responsables del funcionamiento diario de los sistemas de tratamiento. Esta sección está orientada a la evaluación cualitativa del estado de las componentes unitarias de la PTAS y su equipamiento asociado, para lo cual se definen 3 escalas de diagnóstico:

- Bueno (B)
- Regular (R)
- Malo (M)

Durante el proceso debe evaluarse de forma detallada los aspectos asociados a la calificación de cada componente o equipo.

2. Evaluación Técnica por Estamentos Profesionales

La segunda sección de la guía, está destinada a estamentos profesionales encargados de la supervisión de los sistemas de tratamiento. En esta etapa se sistematizan las variables y parámetros necesario para realizar cálculos básicos que permitan evaluar la capacidad de las componentes unitarias, así como el desempeño global de la planta.

Para que la evaluación del comportamiento operacional sea representativo y confiable, se deberá contar con información estadísticamente adecuada y suficiente y un correcto seguimiento.

3.4.1 Tecnología seleccionada para la evaluación

Dado que existen diversas tecnologías en el tratamiento de aguas servidas, el presente estudio se enfoca en la evaluación y diagnóstico de las principales características de una de las más comunes: sistema de Lodos Activados. Esta elección responde tanto a su amplia utilización a nivel nacional, como a su aplicación directa en la localidad de La Ñipa y de Hierro Viejo, que constituyen las áreas de estudio.

La guía considera los siguientes puntos relevantes:

- Base de cálculos e información requerida para la evaluación de caudales (medio diario anual, medio periodo verano (punta), medio periodo resto del año (no punta), máximo mensual, máximo diario y horario).
- Características de las aguas residuales (carga orgánica del afluente (KgDBO/día), relaciones SST/DBO, NKT/DBO, PT/DBO y AyG/DBO).
- Registros y control de parámetros a lo largo de la PTAS (Oxígeno disuelto (in situ), Temperatura (in situ), pH (in situ), Demanda de Cloro, entre otros).
- Registro de parámetros en determinados puntos de la PTAS como se muestra en la Imagen 3.13. a continuación:

Punto de observación	Parámetro
Entorno de la PTAS	o Olor
Afluente	o Color o Nivel del líquido
Sedimentación primaria	o Color o Espuma
Tanque de aireación	o Turbulencia o Color o Cantidad de espuma superficial
Sedimentación secundaria	o Tipo de efluente (claro o turbio) o Tipo de sólidos superficiales
Lodo activado de retorno	o Color o Olor
Motores y equipos	o Operación pareja o Vibraciones o Ruidos o Temperatura

Imagen 3.13 – Registro de parámetros en determinados puntos PTAS (Tabla N°96) [4]

- Registros diarios de operación de la PTAS, como, por ejemplo, Edad del lodo, F/M, IVL, Consumo de energía, cantidad de aire suministrado a los tanques de aireación, lodos de exceso evacuados diariamente (kg/d), y tasa de lodos de retorno con respecto al caudal afluente.
- Revisión del estado de obras civiles, equipos e infraestructura.

Si bien la guía es técnicamente completa, su implementación asume condiciones ideales de operación, lo que puede generar dificultades en comunidades donde no se realizan mediciones constantemente, no hay personal técnico calificado o los recursos son limitados para cumplir con los requisitos necesarios para su correcta operación.

4 Metodología

4.1 Revisión de documentos

Se tomó como referencia la Ley 20.998 del marco normativo vigente, junto con la revisión de documentos técnicos elaborados por la SUBDERE, estudios y publicaciones sobre las soluciones de tratamiento y gestión del saneamiento en el contexto rural. Este proceso permitió comprender en profundidad los requerimientos establecidos por la guía de evaluación y diagnóstico, así como el contexto real en el que se espera su aplicación.

4.2 Selección de casos de estudio

El estudio se llevará a cabo en la región de Valparaíso, específicamente en la comuna de Petorca, donde aproximadamente el 58% de la población reside en sectores rurales. (*Censo de Población y Vivienda 2017, Proyecciones de Población 2024, INE*) [19]

Comuna de Petorca - Distribución de la población

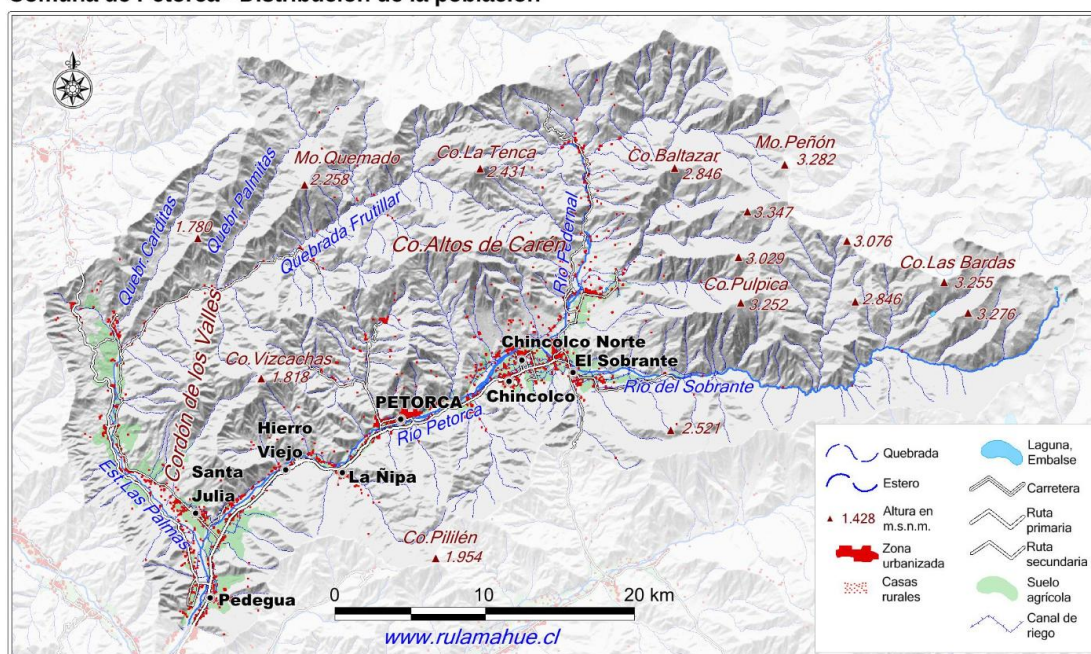


Imagen 4.1 – Distribución de la población en la comuna de Petorca. (www.rulamahue.cl)

Para llevar a cabo este estudio, se utilizó la base de datos proporcionada por el encargado de la Oficina de Asuntos Hídricos de la Ilustre Municipalidad de Petorca. En dicho documento se identificaron un total de 23 localidades con SSR existentes en la comuna de Petorca, de las cuales solo 4 contaban con Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS).

En la Tabla 4.1, se presentan los SSR existentes en la comuna de Petorca:

Tabla 4.1 – Sistemas Sanitarios Rurales existentes en la comuna de Petorca

Localidad	Nombre SSR	Cantidad de Arranques
Calle Larga	Comité de Agua Potable Calle Larga	42
Chalaco	Comité de Agua Potable Rural de Chalaco	123
El Bronce / El Durazno	Comité de Agua Potable Rural Bronce El Durazno Unido	-
El Francés / San Ramón	Comité APR El Francés San Ramón	160
El Manzano	Comité de Agua Potable Rural El Manzano	33
El Sobrante	Comité de Agua Potable Rural El Sobrante	178
Frutillar Bajo	Comité de Agua de Bebida Frutillar Bajo	-
Hierro Viejo	Cooperativa de Agua Potable y Alcantarillado de Hierro Viejo	361
La Canelilla	Comité de Agua Potable Rural El Esfuerzo de la Canelilla	39
La Ñipa	Comité de Agua Potable Rural La Ñipa	265
Las Palmas	Comité de Agua Potable Rural las Palmas	60
Los Comunes	Comité de Agua para Bebida Los Comunes	60
Manuel Montt	Comité de Agua Potable Rural Manuel Montt	131
Padre Hurtado	Comité APR Padre Hurtado	65
Palquico	Comité de Agua Potable Rural de Palquico	98
Pedegua	Cooperativa de Agua Potable Rural de Pedegua	366
Pedernal	Comité de Agua Potable Rural El Pedernal	45
La Polcura / La Chimba	Comité de Agua Potable Rural Polcura La Chimba	64
Santa Julia	Comité de Agua Potable Rural Santa Julia	152
Quebrada de Castro	Comité de Agua Potable Quebrada de Castro	8
Valle de Olmos	Cooperativa Agua Potable y Alcantarillado Valle de Los Olmos	281
Villa Alberto Callejas	Comité de Agua Potable Rural Villa Alberto Callejas	176
Quebrada Honda	Comité de Agua Potable Rural Quebrada Honda	24

En la *Imagen 4.2* se observa la ubicación de las Localidades mencionadas.

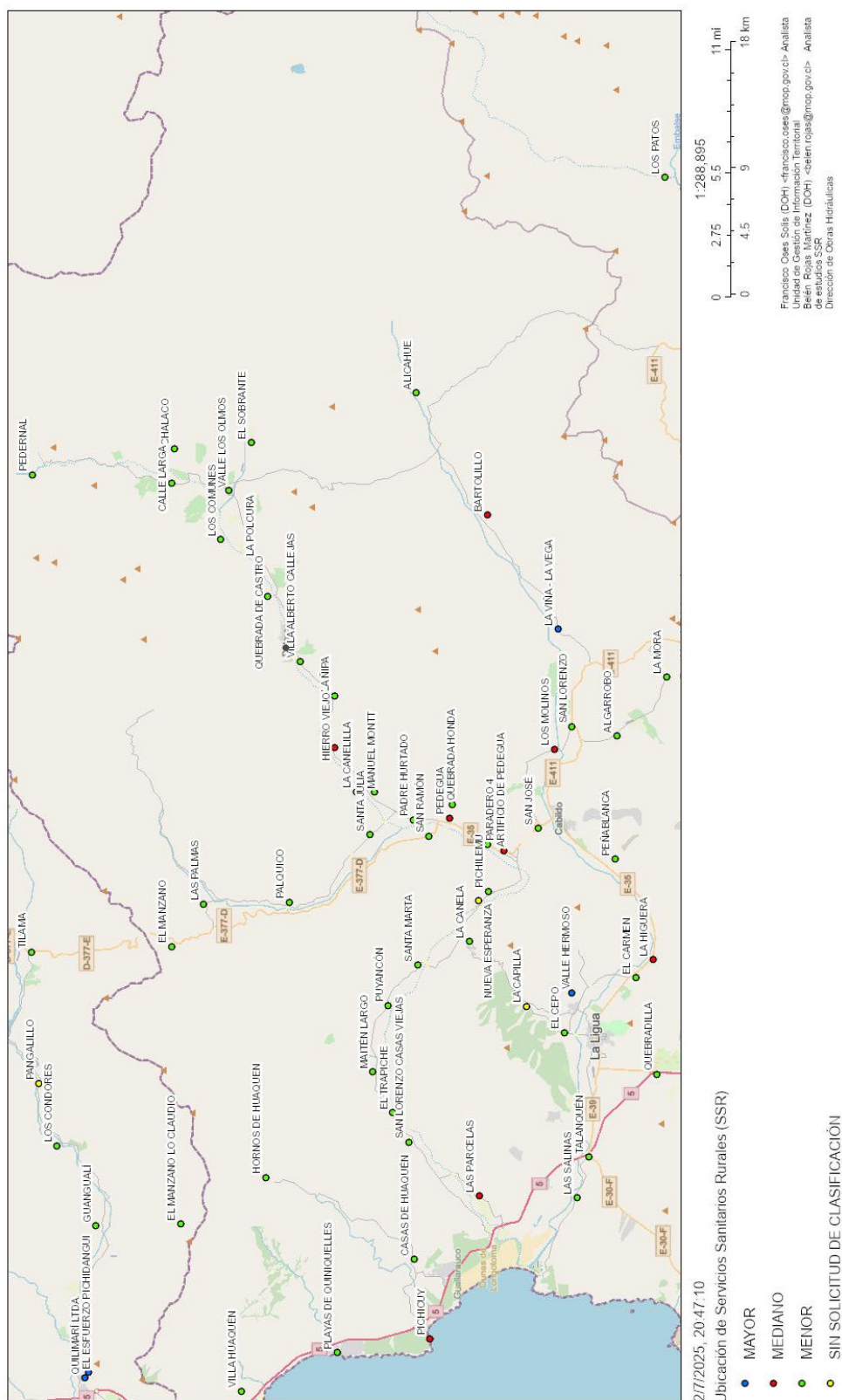


Imagen 4.2 – Visualizador de Servicios Sanitarios Rurales [20]

Con base en la imagen proporcionada desde el Visualizador de Servicios Sanitarios Rurales, cuya información fue levantada por personal de la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales, se observa que, de acuerdo a la Ley N°20.998, los SSR se clasifican en: Mayor (color azul), Mediano (color rojo), Menor (color verde) y Sin Solicitud de Clasificación (color amarillo). [20]

Clasificación Base: Por número de arranques: [21]

- Operador Menor: hasta 300 arranques
- Operador Mediano: entre 301 y 600 arranques
- Operador Mayor: de 600 o más arranques

La clasificación base puede cambiar de acuerdo a algunos factores complementarios, entre estos se tienen:

- Condiciones de aislamiento y cercanía del área urbana.
- Condiciones económicas y sociales de la población abastecida.
- Carácter de comunidad indígena conforme la Ley 19.253.
- Condiciones de oferta hídrica y condiciones geográficas y topográficas.
- Calidad de comunidades agrícolas y de pequeños productores agrícolas o campesinos.

De las 23 localidades presentadas en la *Tabla 4.1*, las que cuentan con sistema de tratamiento son las siguientes:

- 1) Hierro Viejo
- 2) Pedegua
- 3) La Ñipa
- 4) Valle de Los Olmos

A continuación, se presenta una tabla resumen con la cantidad de arranques y de habitantes de cada una de estas localidades con PTAS.

Tabla 4.2 – Resumen de localidades con PTAS en Petorca

Localidad	Nombre SSR	Cantidad de Arranques	Cantidad de Habitantes
Hierro Viejo	Cooperativa de Agua Potable y Alcantarillado de Hierro Viejo	361	1083
Pedegua	Cooperativa de Agua Potable Rural de Pedegua	366	1098
La Ñipa	Comité de Agua Potable Rural La Ñipa	265	795
Valle de Los Olmos	Cooperativa Agua Potable y Alcantarillado Valle de Los Olmos	281	843

Para obtener una cifra aceptable de la cantidad de habitantes, se consideró una densidad habitacional de 3 personas por vivienda, según lo indicado por el encargado de Asuntos Hídricos de la Ilustre Municipalidad de Petorca, quien facilitó la información anteriormente

presentada. Otra razón por la que se considera dicha densidad es por la escasa información disponible que hay con respecto a las localidades de la comuna de Petorca.

Es importante mencionar que las cuatro localidades en cuestión disponen de sistemas de tratamiento de aguas servidas basadas en lodos activados. En este contexto, cabe señalar que tanto la cantidad de población como el número de conexiones domiciliarias a estas plantas de tratamiento presentan variaciones entre las distintas localidades.

De acuerdo a la información recopilada durante una reunión con el encargado de Asuntos Hídricos de la Ilustre Municipalidad de Petorca, se elaboró un resumen preliminar en cuanto al estado general de funcionamiento que presentaba cada planta de tratamiento. De este análisis se concluyó que la PTAS de la localidad de Valle de los Olmos se encontraba en mejor estado de funcionamiento, seguida por las plantas de Hierro Viejo y La Ñipa que presentaban un nivel operacional similar y por último se tiene la planta de Pedegua, la cual presentaba más problemas operativos.

Adicionalmente, el encargado municipal señaló que La Ñipa y de Hierro Viejo fueron las localidades más abiertas a participar en el estudio, destacando una buena disposición de sus representantes y mejor llegada con la comunidad. En función de estos antecedentes, se consideró pertinente realizar el estudio en base a las plantas de tratamiento de las localidades de La Ñipa y de Hierro Viejo. Otro factor relevante en la selección de estas localidades fue la colaboración ofrecida por los operadores de las PTAS, así como su interés en recibir retroalimentación técnica y posibles recomendaciones que pudieran contribuir al buen funcionamiento de la planta.

En cuanto a las localidades que no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas servidas, se tomaron en cuenta aquellas que presentan la mayor cantidad de arranques, es decir, El Sobrante (178), Villa Alberto Callejas (176), Santa Julia (152) y Manuel Montt (131). Dado que El Sobrante registra la cifra más alta y sus representantes manifestaron disposición para colaborar, se seleccionó como caso de estudio.

4.3 Recopilación de datos

Para recopilar la información necesaria sobre la cantidad de APR existentes, las PTAS disponibles, el estado de dichas plantas y las localidades a considerar para realizar los estudios, se siguió el siguiente procedimiento:

Tabla 4.3 – Resumen de comunicaciones y coordinaciones preliminares

Catastro	Comunicación	Información	Fecha
C1	Correo y Reunión Online	Información preliminar de la cantidad de APR existentes y cuales cuentan con PTAS	23-04-2025
C2	Correos	- Información con respecto del estado de las PTAS - Definición de la PTAS más conveniente para la visita a terreno.	Semanas del 12 y 19 de Mayo
C3	Visita a Terreno	- Localidad con PTAS: La Ñipa - Localidad sin sistema de tratamiento de aguas servidas: El Sobrante.	29-05-2025
C4	Visita a Terreno	- Localidad con PTAS: Hierro Viejo	28-08-2025

Dado que el estudio se desarrolló considerando tres localidades, dos con Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), La Ñipa y Hierro Viejo y otra sin sistema de tratamiento, El Sobrante, se elaboraron cuestionarios para ser respondidos por la directiva o por el encargado de operación de la planta en el caso de La Ñipa y de Hierro Viejo. Cabe destacar que se diseñaron dos tipos de cuestionarios, ya que en las localidades con PTAS se requiere más información en comparación con la localidad sin sistema de tratamiento.

Cuestionario para la localidad de La Ñipa y la localidad de Hierro Viejo (con PTAS)

- 1.- Fecha visita terreno
- 2.- Nombre del entrevistado.
- 3.- Nombre del administrador/a del servicio.
- 4.- Nombre de la cooperativa/comité.
- 5.- Entidad responsable del servicio de AS (Comité, Cooperativa, Municipio).
- 6.- Sistema de tratamiento de AS utilizado.
- 7.- Año de construcción de la PTAS.
- 8.- Fecha o año inicio de operación de la PTAS.
- 9.- Existencia de alcantarillado (si/no).
- 10.- Número de uniones domiciliarias.
- 11.- Población actual de la localidad a la que se le brinda el servicio de alcantarillado.
- 12.- ¿Todas las viviendas están conectadas a la red de AS?, Si la respuesta es NO, mencionar causas y cantidad.
- 13.- ¿Existe algún tipo de descarga industrial?.

-
- 14.- Caudal proveniente de las aguas servidas.
 - 15.- Fuente de financiamiento de la PTAS.
 - 16.- Tipo de desinfección que se utiliza
 - 17.- Lugar/Forma de disposición de lodos
 - 18.- Lugar de disposición de aguas tratadas
 - 19.- Frecuencia con la que se controla la calidad del efluente de la PTAS
 - 20.- Asesoría técnica que recibió el operador
 - 21.- Observaciones extras.

Cuestionario para la localidad de El Sobrante (sin sistema de tratamiento de aguas servidas)

- 1.- Fecha visita a terreno
- 2.- Nombre del entrevistado.
- 3.- Nombre del administrador/a del servicio.
- 4.- Nombre de la cooperativa/comité.
- 5.- Número de uniones domiciliarias.
- 6.- Población actual de la localidad.
- 7.- Consumo mensual aproximado de agua potable.
- 8.- Observaciones extras.

4.4 Aplicación de la guía en localidades con PTAS

Se aplicaron las secciones principales de la guía elaborada por la SUBDERE, donde se incluyen la evaluación y revisión del estado de obras civiles, equipos e infraestructura, registro de las mediciones de parámetros disponibles en la planta de tratamiento y el estado de operación general de la PTAS.

Esta aplicación, permitió identificar que secciones de la guía son aptas para poder implementar en terreno y cuales son sus limitaciones en cuanto a los tratamientos rurales actuales.

4.5 Identificación de brechas y propuesta de mejoras

A partir de los datos obtenidos de la evaluación en las localidades con PTAS, se identificaron brechas claves que limitan la aplicación completa de la guía, tales como la ausencia de equipos para la correcta medición de los parámetros obligatorios, falta de respaldo energético y la escasa formación técnica del operador de la PTAS.

Frente a este contexto, se propuso una versión adaptada de la guía, separándola por niveles de diagnóstico, incorporando criterios mínimos, herramientas de terreno para la medición de parámetros y sugerencias para la formación básica de operadores, acordes a las condiciones reales de la situación actual rural.

5 Estudio de Caso 1: La Ñipa (con PTAS)

5.1 Descripción general

La Ñipa es un pueblo en Petorca, región de Valparaíso, que tiene alrededor de 837 habitantes (según el registro de Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales). Esta localidad se encuentra cerca de la aldea de Santa Carolina, así como del pueblo de Hierro Viejo y su acceso se realiza por la Ruta E-35.

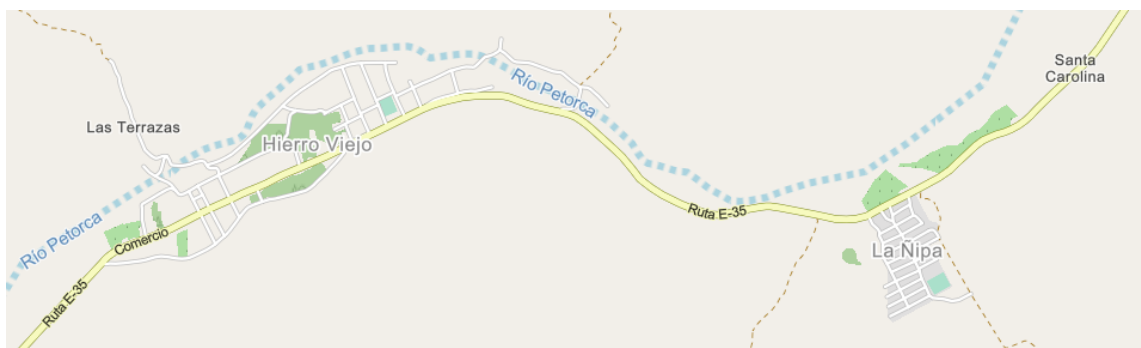


Imagen 5.1 – Ubicación de la localidad de La Ñipa. [8]

Esta localidad cuenta con una planta de tratamientos de aguas servidas (PTAS) en base a lodos activados. La planta se encuentra ubicada en la zona norte del pueblo, colindante con la Ruta E-35. Su acceso principal se realiza por la calle Los Héroes, mientras que la parte posterior del sitio limita con la calle Bernardo O'Higgins.



Imagen 5.2 – Ubicación de la localidad de La Ñipa y de la PTAS.



Imagen 5.3 – Ubicación de la planta de tratamiento de aguas servidas (PTAS) de La Ñipa



Imagen 5.4 – Planta de tratamiento de lodos activados de La Ñipa

5.2 Recopilación de antecedentes

5.2.1 Antecedentes generales

Según información brindada por el encargado de operación de la PTAS, se tienen los siguientes antecedentes:

Tabla 5.1 – Resumen de antecedentes generales de la localidad de La Ñipa

Pregunta/Parámetro	Respuesta/Observación
Fecha de visita a terreno	29-05-2025
Nombre del entrevistado	Benjamín Carreño (único operador de la planta)
Nombre de la cooperativa/comité	Comité de Agua Potable Rural La Ñipa
Entidad responsable del servicio de AS (Comité, Cooperativa, Municipio)	Comité
Sistema de tratamiento de AS utilizado	Planta de lodos activados
Año de construcción de la PTAS	2014
Fecha o año inicio de operación de la PTAS	27-02-2014
Existencia de alcantarillado (si/no)	Si
Número de uniones domiciliarias	256
Población actual de la localidad a la que se le brinda el servicio de alcantarillado	768 (Se estima la población multiplicando por un factor de 3)
¿Todas las viviendas están conectadas a la red de AS?, Si la respuesta es NO, mencionar causas y cantidad	Si, todas
¿Existe algún tipo de descarga industrial?	No
Caudal proveniente de las aguas servidas	El caudal que entra se registra cada 1 hora aprox. mediante la medición del tiempo que demora en llenarse un volumen fijo de 20 L. Es decir, se recolectan 20 L de agua residual y se cronometra el tiempo de llenado para estimar el caudal instantáneo que ingresa.
Fuente de financiamiento de la PTAS	La misma APR
Tipo de desinfección que se utiliza	Cloro
Lugar/Forma de disposición de lodos	El lodo se seca en canchas de secado, luego se embolsa y es retirado por el camión de la basura
Lugar de disposición de aguas tratadas	Existen 2 lugares de disposición: - Una parte se utiliza directamente para el riego de una cancha del club deportivo La Ñipa. - El resto es conducido hacia una quebrada cercana.

Pregunta/Parámetro	Respuesta/Observación
Frecuencia con la que se controla la calidad del efluente de la PTAS	Se mide la concentración de cloro residual 1 vez por semana
Asesoría técnica que recibió el operador	El operador ha realizado algunos cursos de capacitación, pero la mayor parte de sus conocimientos han sido adquiridos en terreno, aplicándolos directamente en la misma planta.

Observaciones:

- De acuerdo a lo indicado por el operador, cada vez que ocurren lluvias intensas, la planta no logra dar abasto debido a que se encuentra ubicada en una cota más baja que el resto de la localidad. Esta condición topográfica provoca que producto de la pendiente, el agua escurra hacia la planta mediante las cámaras del sistema de alcantarillado. Como resultado, se genera un ingreso excesivo de caudal que provoca un rebalse en las instalaciones dificultando el proceso de tratamiento de estas aguas.
- La planta cuenta con 62 paneles solares instalados en el año 2017, los cuales actualmente se utilizan para el alumbrado público. Sin embargo, esta energía no es aprovechada para el funcionamiento de la PTAS, a pesar de que el sistema presenta dificultades operativas relacionadas con la falta de suministro eléctrico.
- La última mantención general de la planta se realizó en el año 2019.
- La planta cuenta con un generador, donde la última mantención se realizó en el año 2021.

A continuación, se presenta una tabla con las observaciones registradas de las últimas dos mantenciones.

Tabla 5.2 – Registro de operación y fallas de la PTAS

Fecha	Observación
13/03/2020	Se pone a prueba el funcionamiento del generador y se observa que tarda en partir. Una vez que el motor se calienta, comienza a funcionar bien.
04/05/2021	Se realizó el cambio de: • Bomba de agua • Bomba de petróleo • Aceite y agua • Filtros y la fuga en el tubo de escape.
Actualmente (2025)	El generador no se encuentra operativo, debido a que presenta una falla en la tarjeta electrónica encargada de controlar y regular la carga de la batería. Esta falla ha provocado que, al instalar nuevas baterías, estas se deterioren rápidamente, impidiendo el correcto funcionamiento del sistema.

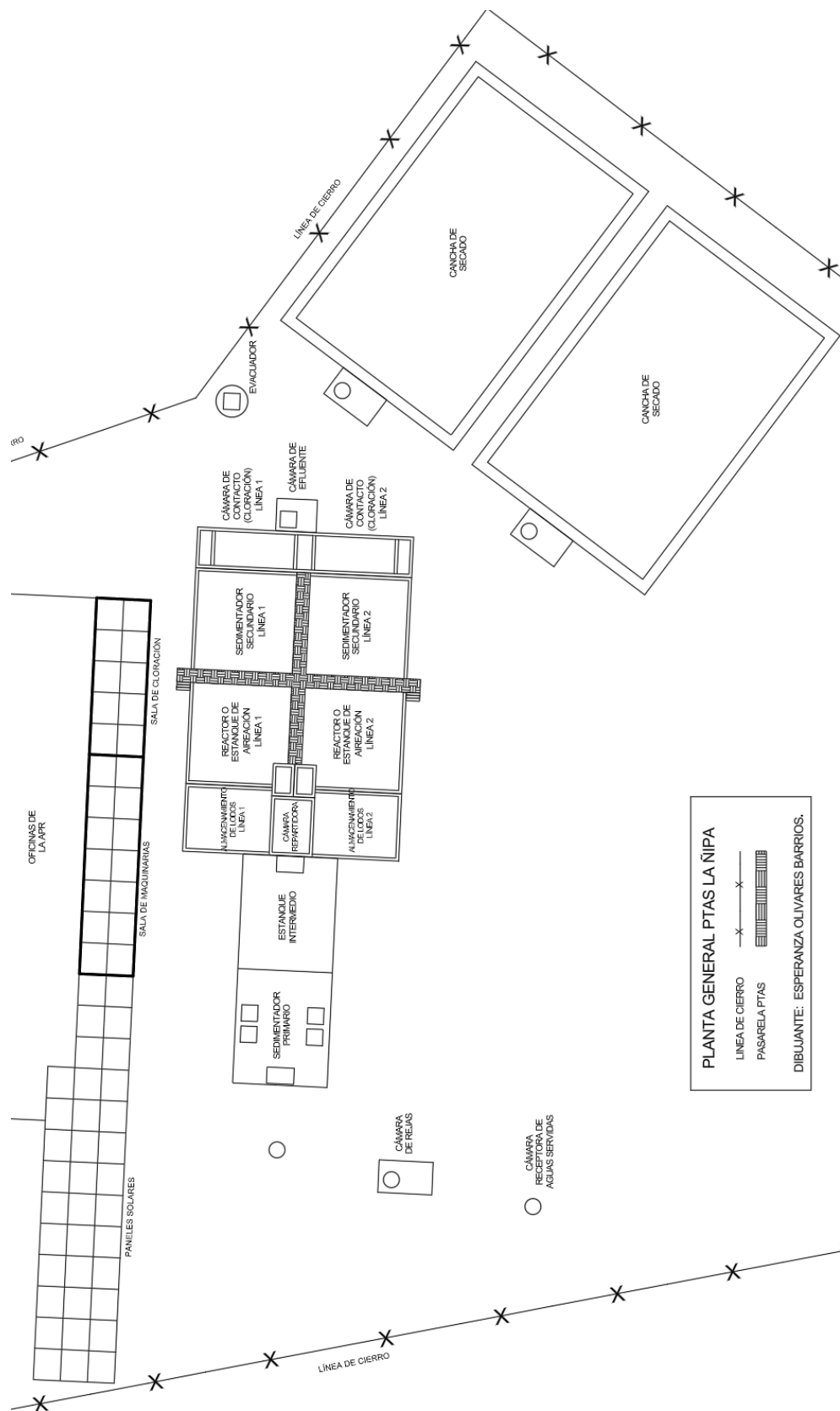


Imagen 5.5 – Esquema de PTAS de La Nipa

5.2.2 Proceso que realiza la PTAS

La planta de tratamiento de aguas servidas de la localidad de la Ñipa opera bajo un sistema de lodos activados y está compuesta de dos líneas paralelas de tratamiento, como se muestra en el esquema presentado en la Imagen 5.5.

El proceso comienza en una cámara receptora, donde se recolectan las aguas residuales provenientes del pueblo. Desde ahí el flujo se dirige a una cámara de rejillas donde se retienen los elementos sólidos de mayor tamaño (como ramas, hojas, plásticos o basura), debiendo limpiarse diariamente. Los residuos recolectados se depositan en contenedores para retiro programado, evitando su acumulación en la planta.

Posteriormente el agua se dirige al sedimentador primario, donde se realiza una primera decantación para remover los sedimentos más finos que no fueron retenidos por la cámara de rejillas. Una vez que se decanta la mayoría de los sedimentos, el agua pasa a un estanque intermedio, elevándose mediante bombas hacia una cámara distribuidora que divide el caudal de forma equitativa para cada línea de tratamiento biológico.



Imagen 5.6 – Sedimentador primario y características del líquido

Cada línea cuenta con un reactor o estanque de aireación donde se inyecta oxígeno mediante sopladores para favorecer la actividad de los microorganismos encargados de descomponer o degradar los contaminantes orgánicos presentes en el agua.



Imagen 5.7 – Tanques de aireación. Línea 1 (imagen izquierda). Línea 2 (imagen derecha)

A continuación, el flujo pasa a un sedimentador secundario, donde se separan los sólidos suspendidos que van quedando durante la fase anterior de aireación. Además, se realiza la separación del lodo biológico generado.



Imagen 5.8 – Sedimentadores secundarios. Línea 1 (imagen izquierda). Línea 2 (imagen derecha)

De este proceso nacen dos corrientes de lodos, una de las corrientes retorna el lodo al estanque de aireación para mantener la concentración de biomasa activa (RAS) y la otra corriente purga el exceso de lodo hacia un estanque de almacenamiento (WAS).



Imagen 5.9 – Tanques de lodo de retorno. Línea 1 (imagen izquierda). Línea 2 (imagen derecha)

En la medida que los sólidos suspendidos decantan, se genera un clarificado, esta agua tratada pasa a una cámara de contacto donde se le aplica cloro mediante un sistema automático conectado a la activación o encendido de bombas. Este proceso asegura la desinfección del efluente antes de su disposición, la cual se utiliza para el riego de una cancha del club deportivo de La Ñipa y el excedente se descarga a una quebrada.



Imagen 5.10 – Sectores de cloración. Línea 1 (imagen izquierda). Línea 2 (imagen centro). Sector de cloración, incluyendo ambas líneas (imagen derecha)

En cuanto al lodo almacenado, este es conducido a dos canchas de secado, donde se somete a un proceso de deshidratación y maduración antes de su disposición final, que en este caso se desecha como residuo sólido.

Es importante mencionar que actualmente los únicos parámetros que se controlan de forma regular son el pH, los sólidos sedimentables (SS) y la concentración de cloro residual, lo que limita en gran parte la evaluación completa de la planta de tratamiento.



Imagen 5.11 – Canchas de secado de lodos

- Sala de Cloración



Imagen 5.12 – Sala de cloración

En la sala de Cloración, se puede observar que la conexión de la red de distribución de cloro es deficiente, provocando desperdicio y manchas en la pared.

- Sala de equipos y soplador



Imagen 5.13 – Sala de equipos (imagen izquierda). Soplador (imagen derecha)

Por diseño, la planta de tratamiento dispone de dos sopladores, como se observa en la Imagen 5.13 (derecha). Sin embargo, actualmente uno de ellos se encuentra operativo y funcionando al 50% de su capacidad, por lo que solo este se utiliza para alimentar ambas líneas de tratamiento.

5.3 Evaluación técnica de la planta de tratamiento a partir de la guía de evaluación y diagnóstico de PTAS de la SUBDERE

5.3.1.1 Análisis de caudales y registros de parámetros

Esta sección se enfoca en describir los métodos y procedimientos utilizados para medir caudales y parámetros en la planta de tratamiento evaluada, utilizando la guía como base. Esto con el objetivo de poder determinar el comportamiento operacional del sistema.

5.3.1.1.1 Base de cálculo e información requerida para la evaluación

Caudales:

Actualmente, solo se cuenta con información aproximada del volumen que ingresa a la planta de tratamiento, obtenida a partir de la medición del tiempo de llenado de un volumen conocido. Es importante mencionar, que no se realizan mediciones de caudal mediante instrumentos calibrados.

A continuación, se presenta una tabla con el registro que se realiza diariamente en la planta, poniendo como ejemplo un día en específico:

Tabla 5.3 – Registro de caudal entrante a la PTAS

Caudal de Entrada			
Hora	Duración [seg]	Volumen [L]	Q [L/s]
10:45	20	20	1
12:00	15	20	1.33
13:40	32	20	0.63
14:40	24	20	0.83
16:00	17	20	1.18
17:00	24	20	0.83

En la Tabla 5.3 se indica la hora exacta en que se realizó el registro y el tiempo en segundos, que se demora en ingresar un volumen de agua residual de 20 [L].

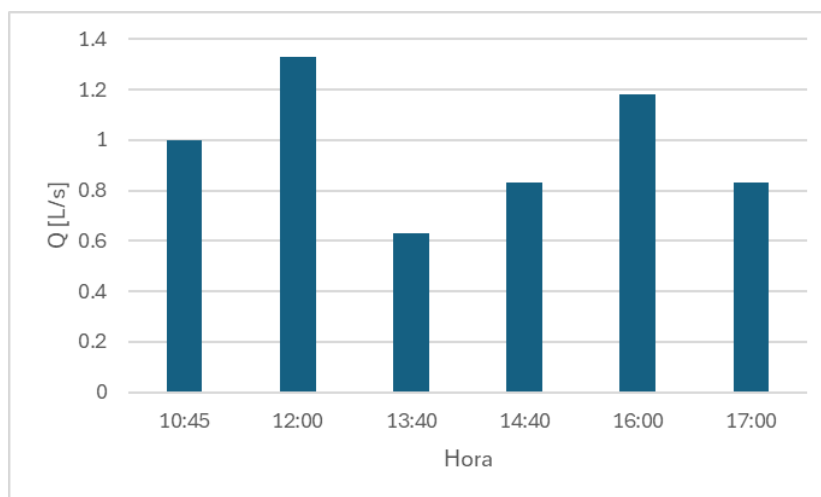


Imagen 5.14 – Variación del caudal de entrada durante un día

Con la información recolectada, es posible estimar el caudal diario. Desde la Imagen 5.14, se puede observar que Q máx. diario correspondería a 1.33 [L/s] y el Q medio diario sería 0.97 [L/s].

Características de las aguas residuales:

No se tiene información con respecto a la medición de la carga orgánica afluente al sistema de tratamiento (KgDBO/día).

No se tiene información en lo referido a las características de las aguas servidas crudas del resto de los parámetros de interés, es decir, SST/DBO, NKT/DBO, PT/DBO y AyG/DBO.

5.3.1.1.2 Aspectos cualitativos y cuantitativos de parámetros operacionales

Registros y control de parámetros a lo largo de la PTAS

Los parámetros que se registran en la planta son el pH, Sólidos Sedimentables y Cloro Residual Libre. Las muestras que se presentan a continuación corresponden al último mes de registro, es decir, Mayo. En el caso del cloro residual, también se incluyen los resultados obtenidos de los muestreos realizados durante el mes de Abril.

- **Medición de pH (último día de muestras tomadas)**

Estas mediciones se realizan mediante tiras indicadoras de pH. Se sumerge la tira en la muestra tomada del reactor, del sedimentador y del efluente y se compara el color obtenido con la escala del fabricante para determinar el pH.

Tabla 5.4 – Registro de mediciones de pH en reactores y sedimentadores

Nº	Fecha inicio ensayo	Hora inicio ensayo	Lugar de muestreo	Fecha final ensayo	Hora final ensayo	Resultado
13	30/05/25	10:00	Reactor 1	30/05/25	10:30	pH= 7
14	30/05/25	10:00	Sedimentador 1	30/05/25	10:30	pH= 7
15	30/05/25	10:00	Efluente	30/05/25	10:30	pH= 7
16	30/05/25	10:00	Reactor 2	30/05/25	10:30	pH= 6.5
17	30/05/25	10:00	Sedimentador 1	30/05/25	10:30	pH= 6.5
18	30/05/25	10:00	Efluente	30/05/25	10:30	pH= 6.5

Cada vez que se realiza el muestreo, se toman un total de seis muestras, distribuidas de la siguiente manera: tres para la Línea 1 de tratamiento y tres para la Línea 2 de tratamiento. Durante el mes de mayo, el muestreo se llevó a cabo los días 9, 23 y 30. Sin embargo, solo se muestra como ejemplo los resultados del día 30.

De acuerdo a todos los registros del mes, para la línea 1 se tiene que el resultado de pH fue 7.0. Para la línea 2, el resultado de pH varió entre 6.0 y 6.5.

Los registros de pH son buenos, ya que están dentro de los límites establecidos por la normativa vigente. Sin embargo, se podría considerar mediciones en el afluente de la PTAS para conocer la calidad de agua que está entrando a la planta y así fortalecer el control del proceso.

- Sólidos Sedimentables (último día de muestras tomadas)

Para obtener los registros de sólidos sedimentables, se recolectan muestras del reactor y del sedimentador y se analizan en un cono Imhoff de 1000 ml. La prueba se realiza durante 60 min, observando la sedimentación del lodo. Transcurrido el tiempo, se mide la altura del lodo acumulado en el fondo del cono, lo que representa las condiciones operativas del reactor y del sedimentador.

Tabla 5.5 – Registro de mediciones de sólidos sedimentables en reactores y sedimentadores

Nº	Fecha inicio ensayo	Hora inicio ensayo	Lugar de muestreo	Fecha final ensayo	Hora final ensayo	Nº Cono Imhoff	Resultado
9	30/05/25	09:00	Reactor 1	30/05/25	11:00	1	550 ml/l/h
10	30/05/25	10:00	Sedimentador 1	30/05/25	11:00	1	< 50 ml/l/h
11	30/05/25	10:30	Reactor 2	30/05/25	11:30	1	500 ml/l/h
12	30/05/25	11:30	Sedimentador 2	30/05/25	12:30	1	< 50 ml/l/h

Para este parámetro se toman un total de 4 muestras, distribuidas de la siguiente manera: dos para la Línea 1 de tratamiento y dos para la Línea 2 de tratamiento. Durante el mes de mayo, el muestreo se llevó a cabo los días 9, 23 y 30. Sin embargo, solo se muestra como ejemplo los resultados del día 30.

De acuerdo a los muestreos que se llevaron a cabo durante el mes, se obtuvieron valores entre 550 y 600 [ml/l/h] para el Reactor 1 y para el Reactor 2 se obtuvieron entre 400 y 500 [ml/l/h]. En cuanto a los sedimentadores se mantuvo un resultado < 50 [ml/l/h].

Considerando que el cono utilizado para la prueba es del 1000 ml y que no se tiene un registro fotográfico de este ensayo, desde los registros compartidos por el operador se puede deducir que aproximadamente la mitad del volumen de lodos extraídos desde la muestra del reactor se acumuló en el fondo del cono. En el caso del sedimentador, eran valores menores a 50 [ml/l/h], lo que dificultó obtener una medición precisa debido al bajo volumen sedimentado.

- Cloro Residual Libre (muestras de dos meses)

Para medir el cloro se utilizan sobres de DPD para cloro libre (el reactivo que se utiliza es DPD (N,N-Dietil-p-fenilendiamina)). Se añade el reactivo a una muestra tomada desde la cámara de contacto y mediante un kit colorimétrico, se compara el color obtenido con la escala del fabricante para determinar la concentración de cloro.

Tabla 5.6 – Registro de mediciones de cloro residual en el efluente de la PTAS

Nº	Fecha inicio ensayo	Hora inicio ensayo	Lugar de muestreo	Fecha final ensayo	Hora final ensayo	Dilución	Resultado
1	04/04/25	10:10	Efluente	04/04/25	10:30	1	0.2 mg/l
2	11/04/25	14:20	Efluente	11/04/25	14:45	1	0.2 mg/l
3	25/04/25	09:05	Efluente	25/04/25	09:35	1	0.2 mg/l
4	02/05/25	10:38	Efluente	02/05/25	10:50	1	0.2 mg/l

N°	Fecha inicio ensayo	Hora inicio ensayo	Lugar de muestreo	Fecha final ensayo	Hora final ensayo	Dilución	Resultado
5	09/05/25	09:00	Efluente	09/05/25	09:30	1	0.2 mg/l
6	23/05/25	15:10	Efluente	23/05/25	15:40	1	0.2 mg/l
7	30/05/25	11:00	Efluente	30/05/25	11:30	1	0.2 mg/l

Observaciones: Para el mes de Abril los Cloradores funcionaban al 90% y para el mes de mayo los cloradores funcionaban al 95%.

Para medir este parámetro se consideran entre 3 a 4 muestras por mes. Se observa que el resultado siempre es de 0.2 [mg/l] lo que muestra que el proceso de cloración no varía, lo que podría significar que la dosificación está trabajando en un rango muy acotado. Sin embargo, que el resultado siempre sea el mismo hace pensar que quizás la forma en que se está midiendo no permite captar variaciones reales en el efluente.

Registro de parámetros en determinados puntos de la PTAS

Durante el recorrido de los circuitos líquidos y de lodos de la PTAS, se efectuaron las siguientes observaciones con el objetivo de llenar las Tablas 5.7 y 5.8, elaboradas a partir de la tabla N°96 de la Guía del Estudio de soluciones sanitarias para el sector rural.

Tabla 5.7 – Registro visual de la PTAS

Punto de Observación	Parámetro	Resultado	Observación
Entorno de la PTAS	Olor	Olor moderado: perceptible, pero no insoportable ni persistente.	Se considera un funcionamiento aceptable
Afluente	Color	Café Chokoloso	-
	Nivel del liquido	Medio	
Sedimentación Primaria	Color	Café Chokoloso	Buen desempeño
	Espuma	Poca	

Tabla 5.8 – Registro visual de las líneas de tratamiento de la PTAS

Punto de Observación	Parámetro	Resultado			
		Línea 1	Observación	Línea 2	Observación
Tanque de Aireación	Turbulencia	Se presentan pequeños sectores sin burbujeo	Desempeño regular, al presentar irregularidad en burbujeo puede asociarse a problemas con la aireación	Se presentan pequeños sectores sin burbujeo	Mal desempeño, puede deberse a problemas de aireación
	Color	Café chokolado		Café /Negro	
	Cantidad espuma superficial	Poca		Mucha	

Punto de Observación	Parámetro	Resultado			
		Línea 1	Observación	Línea 2	Observación
Sedimentación Secundaria	Tipo de efluente	Café (Turbio)	Buen desempeño, operación normal	Café/Negro (Turbio)	Mal desempeño, falta de aireación
	Tipo de sólidos superficiales	No, superficie clara		-	
Lodo activado de Retorno	Color	Café	Buen Desempeño	Negro	Mal desempeño, falta de aireación
	Olor	Leve		Fuerte	
Motores y Equipos	Operación Pareja	-	No se tiene mayor información	-	No se tiene mayor información
	Vibración	-		-	
	Ruidos	Normal		Normal	
	Temperatura	-		-	

5.3.1.2 Análisis cualitativo del estado de Componentes de la PTAS

De acuerdo a la evaluación cualitativa del estado de las componentes unitarias de la PTAS y su equipamiento asociado, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 5.9.

Tabla 5.9 – Evaluación cualitativa de los componentes de la PTAS

Componentes del Sistema	Nº	Bueno	Regular	Malo	Observación
1. Obras Civiles					
Cámara de Rejas	1	B			
Sedimentador Primario	1		R		Faltan tapas de acceso
Estación Elevadora	1		R		Faltan tapas de acceso
Cámara Repartidora	1	B			
Almacenamiento Lodos	2	B			
Estanque de Aireación	2		R		Pasarelas en mal estado
Sedimentador Secundario	2	B			
Sector Cloración	2	B			
Evacuador	1	B			
Cancha de Secado de Lodos	2	B			
2. Tratamiento Preliminar					
Rejas Fijas	1	B			Se realiza limpieza todos los días
Contenedor	1	B			
3. Planta Elevadora de Aguas Servidas					
Bombas de elevación	2		R		Solo se presenta una de las bombas buenas. Considerar 1B y 1R
Rejas gruesas	1	B			
Sensor de nivel	1	B			

Componentes del Sistema	N°	Bueno	Regular	Malo	Observación
4. Tratamiento Secundario					
Equipo de Sopladores	2			M	Solo un soplador está operativo y funciona al 50%, el otro está fuera de servicio.
Difusores sumergibles	2		R		Presenta fallas en la difusión de aire, lo que provoca burbujeo en ciertos sectores, sin abarcar toda la superficie del reactor.
5. Sedimentación secundaria					
Sedimentadores secundarios	2	B			
Bombas de recirculación	2		R		Se encuentra una en mal estado
6. Desinfección					
Dosificación de Hipoclorito de Sodio	2	B			
Cámara de contacto	2		R		El cloro no se aplica en la zona de mayor turbulencia, lo que reduce la eficiencia del proceso de desinfección
7. Espesamiento de lodos					
Bomba extracción de lodo	1	B			
Estanques de almacenamiento de lodos	2		R		Lodo del estanque de la línea 2 es malo, mucha burbuja y concentrado
8. Deshidratación de lodos					
Canchas de secado	2	B			
9. Otros					
Equipo generador	1			M	Se encuentra fuera de servicio
Paneles Solares	62			M	Se encuentran fuera de servicio
TOTAL	40	23	13	4	

* En este total se considerarán los 62 paneles como solo 1 componente.

Observaciones:

- Los accesos del Sedimentador Primario y de la Estación Elevadora se encuentran actualmente descubiertos. Esto se debe a que las tapas metálicas que originalmente los cubrían se oxidaron en el tiempo. De manera provisional, estos accesos se encuentran cubiertos con palos.
- Las pasarelas para operación de la planta se encuentran dañadas. Presentan problemas de corrosión, rotura y daños estructurales.



Imagen 5.15 – Accesos de sedimentador primario y estación elevadora



Imagen 5.16 – Acceso de sedimentador primario y acceso de estación elevadora



Imagen 5.17 – Pasarelas de planta de tratamiento

5.3.1.2.1 Diagnóstico técnico de la PTAS

A continuación, se presenta un resumen de las observaciones generales de la planta de tratamiento de aguas servidas de la localidad de La Ñipa.

- En el Sedimentador Primario y la Estación Elevadora, los accesos no cuentan con tapas, representando un riesgo para la seguridad del personal.
- Las pasarelas de la planta de tratamiento presentan problemas de corrosión, rotura y daños estructurales, lo que compromete la seguridad de los operadores y podría comprometer la correcta operación de la planta.
- En la sala de Cloración, la conexión de la red de distribución de cloro es deficiente, provocando desperdicio y manchas en la pared.
- Respecto a los sopladores, se encuentra funcionando solo uno al 50% de su capacidad, por lo que actualmente se utiliza este soplador para ambas líneas de tratamiento.
- En las cámaras de contacto, se observan desgastes en los tubos plásticos que transportan el cloro, lo que dificulta que el producto se aplique eficientemente en la zona de mayor turbulencia.
- El resultado del cloro residual en el efluente de la planta se encuentra como valor fijo, lo que podría significar que la dosificación está trabajando en un rango muy acotado y hace pensar que quizás la forma en que se está midiendo no permite captar variaciones reales en el efluente. (Conforme a la nueva modificación o anteproyecto del DS 90, el límite máximo permitido de cloro residual será de 0,5 mg/L).
- Solo se miden las concentraciones de pH, Sólidos Sedimentables (SS) y Cloro residual, pero no se lleva control de parámetros claves como el Nitrógeno Kjeldahl (NKT), Fósforo Total (PT), Coliformes Fecales, Oxígeno Disuelto (OD), Sólidos Suspendidos y la Carga Orgánica del efluente tratado, lo que dificulta una adecuada evaluación del desempeño de la planta de acuerdo a lo que pide la guía.
- La planta detiene su funcionamiento entre las 17:30 y las 23:30 hrs, debido a la falta de suministro eléctrico (hora punta), situación que comienza a partir de marzo.
- Se cuenta con un total de 62 paneles solares, cuyo propósito era abastecer de electricidad a los postes de alumbrado público. Para su instalación, solo se utilizaron las dependencias de la planta de tratamiento como espacio físico, pero estos paneles nunca estuvieron destinados a cubrir los requerimientos de la PTAS, ni se han utilizado para esto.
- En el sector de almacenamiento de lodos, se aprecia que el lodo del tanque de la línea 2 presenta mala calidad, con mucha espuma y una elevada concentración. Esto se debe a que dicha línea opera de forma deficiente, principalmente por problemas asociados a la falta de aireación a lo largo de todo el proceso.
- El operador se hace cargo del arreglo y mantenimiento de los equipos, basando sus intervenciones en la experiencia y el conocimiento adquirido a lo largo de los años de operación de la planta. Además, no cuenta con periodos formales de descanso, ya que debe estar todos los días pendiente del funcionamiento de la planta.
- No se realiza limpieza de forma regular en el sedimentador primario. La limpieza más reciente fue hace 3 años (2022). (lo recomendable es cada 1 año)

-
- Cada vez que ocurren lluvias intensas, la planta no logra dar abasto debido a que se encuentra ubicada en una cota más baja que el resto de la localidad, generando un ingreso excesivo de caudal que provoca un rebalse en las instalaciones dificultando el proceso de tratamiento de estas aguas.

Con el fin de evaluar la aplicabilidad de la guía de la SUBDERE en un contexto operativo real, esta fue aplicada en la planta de tratamiento en estudio. Su aplicación permitió revisar cada una de las secciones, parámetros y procedimientos propuestos en la guía, comparándolos con las condiciones reales de operación y los registros disponibles. A partir de este proceso, fue posible identificar tanto los aspectos que la guía permite evaluar, como las limitaciones encontradas durante su implementación.

Los principales resultados y dificultades observadas se presentan a continuación:

5.4 Resultados de la aplicación de la guía SUBDERE

- Solo se pudo evaluar parcialmente la sección de evaluación de caudales y parámetros operacionales.
- Se realizaron observaciones visuales de los equipos y procesos de la planta según tablas, recomendaciones y anexos de la guía.
- El sistema de control de olores, evaluación de reactivos y etapas avanzadas no aplican o están fuera de servicio.
- Varias secciones de la guía no pudieron completarse por falta de registros o de instrumentos, como por ejemplo la carga orgánica afluente.

5.5 Dificultades encontradas y vacíos metodológicos

- No se tiene el equipamiento correcto para la medición de todos los parámetros indicados en la guía, como, por ejemplo: DBO, OD, PT y NKT.
- Exigencias técnicas de la guía no pueden cumplirse sin instrumentos de laboratorio.
- Inexistencia de fichas de operación o protocolos normalizados de monitoreo continuo.
- La planta depende de operadores técnicos, cuando en la práctica la gestión recae en personas con conocimientos prácticos adquiridos por experiencia.

Lo anterior evidencia que la guía presenta limitaciones en su versión actual, lo que dificulta su aplicación y que no se ajuste plenamente a las condiciones operativas en este caso. Esto hace necesario introducir ajustes, sugerencias y adaptaciones que permitan su uso efectivo como herramienta de diagnóstico en contextos con capacidades técnicas restringidas.

5.6 Propuestas de mejoras PTAS

Sugerencias para mejorar tanto el funcionamiento como la operación de la planta de tratamiento:

Infraestructura:

- Reponer tapas en los accesos del Sedimentador Primario y de la Estación Elevadora.
- Restaurar las pasarelas de la planta de tratamiento.
- En la sala de Cloración, mejorar la conexión de la red de distribución de cloro para evitar el desperdicio y manchas en la pared.
- En las cámaras de contacto, se recomienda utilizar tubos de PVC como protección para el tubo plástico expuesto, con el fin de evitar su deterioro por la exposición solar. Esto permitirá asegurar que el cloro se aplique directamente en la zona donde se genera mayor turbulencia, optimizando así su efectividad en el proceso de desinfección. Además, se debe revisar la metodología utilizada para la toma de muestras, con el fin de verificar que se esté midiendo correctamente el parámetro.

Capacitación Operadores:

- Se podrían implementar cursos específicos sobre:
 - Funcionamiento de plantas de tratamiento con sistema de lodos activados, incluyendo los procesos de cada etapa
 - Reparación y/o mantenimiento de equipos, como por ejemplo los sopladores y bombas.

Control Operacional:

- Contar con un medidor portátil multiparámetro para medir parámetros como los sólidos disueltos totales (TDS), oxígeno disuelto (OD), demanda química de oxígeno (DQO), temperatura y pH.
- Para resolver el problema del ingreso de aguas lluvias, se podría evaluar la posibilidad de implementar una red de drenaje pluvial independiente, considerando que actualmente parte del caudal proveniente de las aguas lluvias está ingresando a la red de alcantarillado construida exclusivamente para aguas servidas. Con esta medida se evitaría la sobrecarga hidráulica y se reduciría el riesgo de que la planta colapse con tanto caudal.

Aprovechamiento del Lodo Seco:

- Uno de los principales desafíos que enfrentan los APR es poder mantenerse económicamente durante el tiempo. Teniendo en cuenta esto, una alternativa interesante es darle un nuevo uso al lodo seco proveniente de las canchas de secado, el cual actualmente se elimina como residuo. Este lodo podría ser utilizado en la agricultura para mejorar la calidad de suelos, siempre y cuando cumpla con los

requisitos de la normativa vigente DS N°4/2009 del MINSAL, que regula el uso de lodos tratados en suelos agrícolas.

Aprovechar este recurso no solo ayudaría a reducir el impacto ambiental, sino que también podría ser una oportunidad económica para generar ingresos o aliviar los costos de mantenimiento del APR.

Para aprovechar esta medida, se debería considerar lo siguiente:

- **Caracterización del lodo:** análisis y control periódico de los parámetros químicos y microbiológicos con el fin de verificar el cumplimiento de la norma.
- **Capacitación de operadores:** formación en el manejo correcto de lodos, es decir, transporte, aplicación y medidas de protección personal.
- **Construir o contar con infraestructuras de acopio:** áreas de almacenamiento temporales adecuadas, para controlar escurrimientos y contaminación.
- **Monitoreo y registro:** disponer de un plan de seguimiento con controles periódicos del lodo.

6 Estudio de Caso 2: Hierro Viejo (con PTAS)

6.1 Descripción general

Hierro Viejo es un pueblo en Petorca, región de Valparaíso, tiene alrededor de 1083 habitantes (según el registro de Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales). Esta localidad se encuentra cerca de la aldea de Las Terrazas, así como del pueblo de La Ñipa y su acceso se realiza por la Ruta E-35.

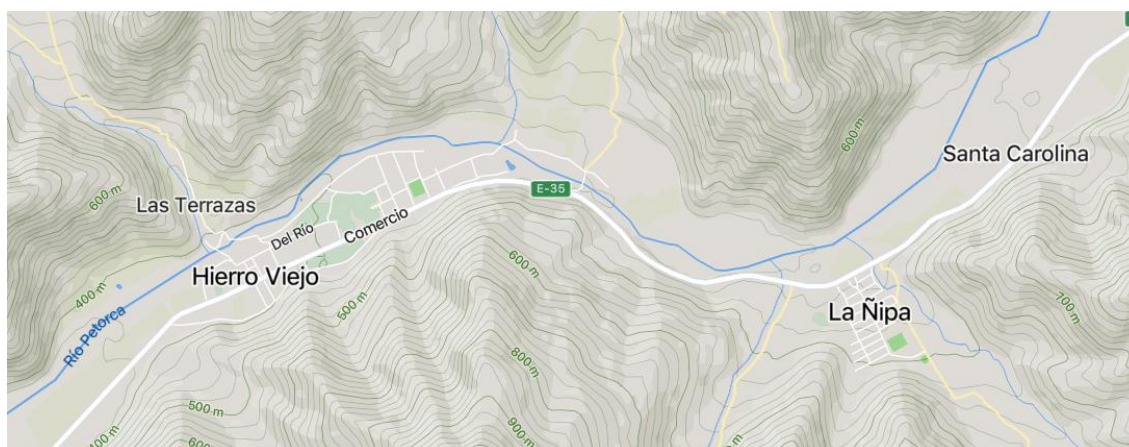


Imagen 6.1 – Ubicación de la localidad de Hierro Viejo [Fuente: <https://mapcarta.com/es/20121768/Mapa>)

Esta localidad dispone de una planta de tratamientos de aguas servidas (PTAS) basada en el sistema de lodos activados. La planta se encuentra ubicada en el sector poniente del pueblo, específicamente en las proximidades de la Posta Rural. El acceso principal a la planta se realiza a través de la calle ubicada al costado oriente de la Posta.



Imagen 6.2 – Ubicación y demarcación de la localidad de Hierro Viejo



Imagen 6.3 – Ubicación de la planta de tratamiento de aguas servidas (PTAS) de Hierro Viejo



Imagen 6.4 – Planta de Tratamiento en base a lodos activados de Hierro Viejo

6.2 Recopilación de antecedentes

6.2.1 Antecedentes generales

Según información brindada por el encargado de operación de la PTAS, se tienen los siguientes antecedentes:

Tabla 6.1 – Resumen de Antecedentes generales de la localidad de Hierro Viejo

Pregunta/Parámetro	Respuesta/Observación
Fecha de visita a terreno	28-08-2025
Nombre del entrevistado	Elías Acosta (operador de la planta)
Nombre de la cooperativa/comité	Cooperativa de Agua Potable y Alcantarillado de Hierro Viejo
Entidad responsable del servicio de AS (Comité, Cooperativa, Municipio)	Cooperativa
Sistema de tratamiento de AS utilizado	Planta de lodos activados
Año de construcción de la PTAS	2012
Fecha o año inicio de operación de la PTAS	2012
Existencia de alcantarillado (si/no)	Si
Número de uniones domiciliarias	Alrededor de 300
Población actual de la localidad a la que se le brinda el servicio de alcantarillado	900 (Se estima la población multiplicando por un factor de 3)
¿Todas las viviendas están conectadas a la red de AS?, Si la respuesta es NO, mencionar causas y cantidad	No, se desconocen los motivos.
¿Existe algún tipo de descarga industrial?	No
Caudal proveniente de las aguas servidas	No se realiza registro de cuanto caudal entra
Fuente de financiamiento de la PTAS	La misma cooperativa
Tipo de desinfección que se utiliza	Cloro
Lugar/Forma de disposición de lodos	El lodo se seca en canchas de secado, luego se embolsa y es retirado por el camión de la basura
Lugar de disposición de aguas tratadas	Llega a un resumidero y posterior a esto descarga al río Petorca.
Frecuencia con la que se controla la calidad del efluente de la PTAS	No se realizan controles de calidad.
Asesoría técnica que recibió el operador	El operador solo ha adquirido conocimiento en terreno, aplicándolos directamente en la misma planta.

Observaciones:

- En la planta no se han realizado mantenciones de ningún tipo durante varios años, lo que ha desencadenado una serie de problemas operacionales.
- La instalación cuenta con dos líneas de tratamiento paralelas, sin embargo, actualmente solo una de ellas se encuentra operativa presentando un funcionamiento deficiente.
- La segunda línea permanece fuera de servicio hace 4 años aproximadamente, debido a una falla en el reactor biológico, la cual se relaciona con la incorrecta instalación y anclaje de los difusores encargados de la aireación.
- El diseño de la planta no considera cámara de rejillas, lo que dificulta la retención inicial de sólidos gruesos.
- La planta detiene su funcionamiento entre las 17:30 y las 23:30 hrs, debido a la falta de suministro eléctrico (hora punta).
- Se cuenta con un generador eléctrico, el cual se encuentra fuera de servicio hace 11 años aproximadamente.
- No se realiza mantención de cambio de aceite en sopladores hace 4 años.
- Las aguas tratadas descargan a un resumidero que actualmente se encuentra colapsado o saturado, debido a que el proceso de tratamiento es deficiente y el efluente llega con presencia de barro, provocando que el sector de descarga se vaya tapando.
- A un costado de las canchas de secado de lodos se evidencia acumulación de aguas servidas, producto del rebalse de una cámara, lo que genera que el agua residual emerja y se estanque en este sector.

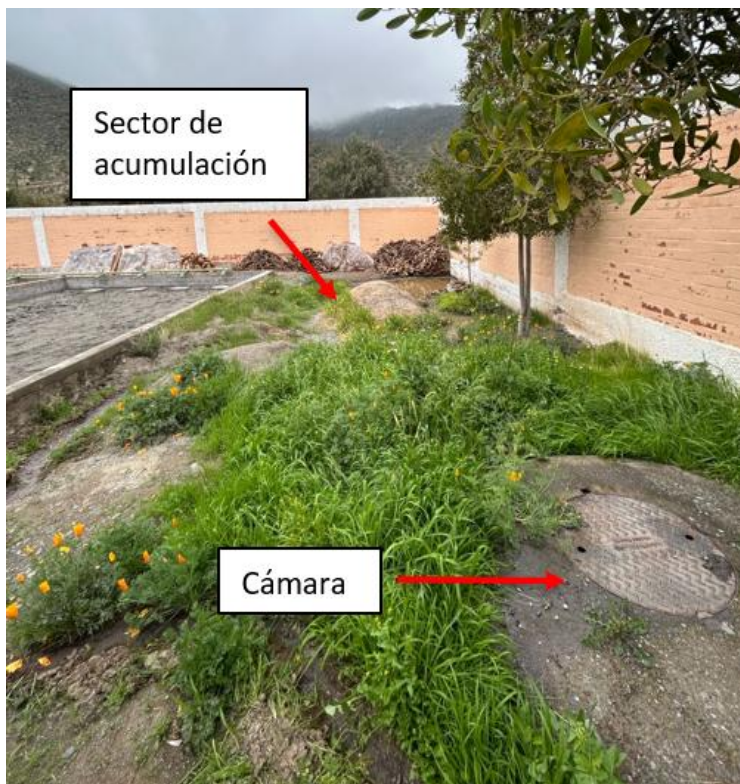


Imagen 6.5 – Sector de acumulación de aguas servidas

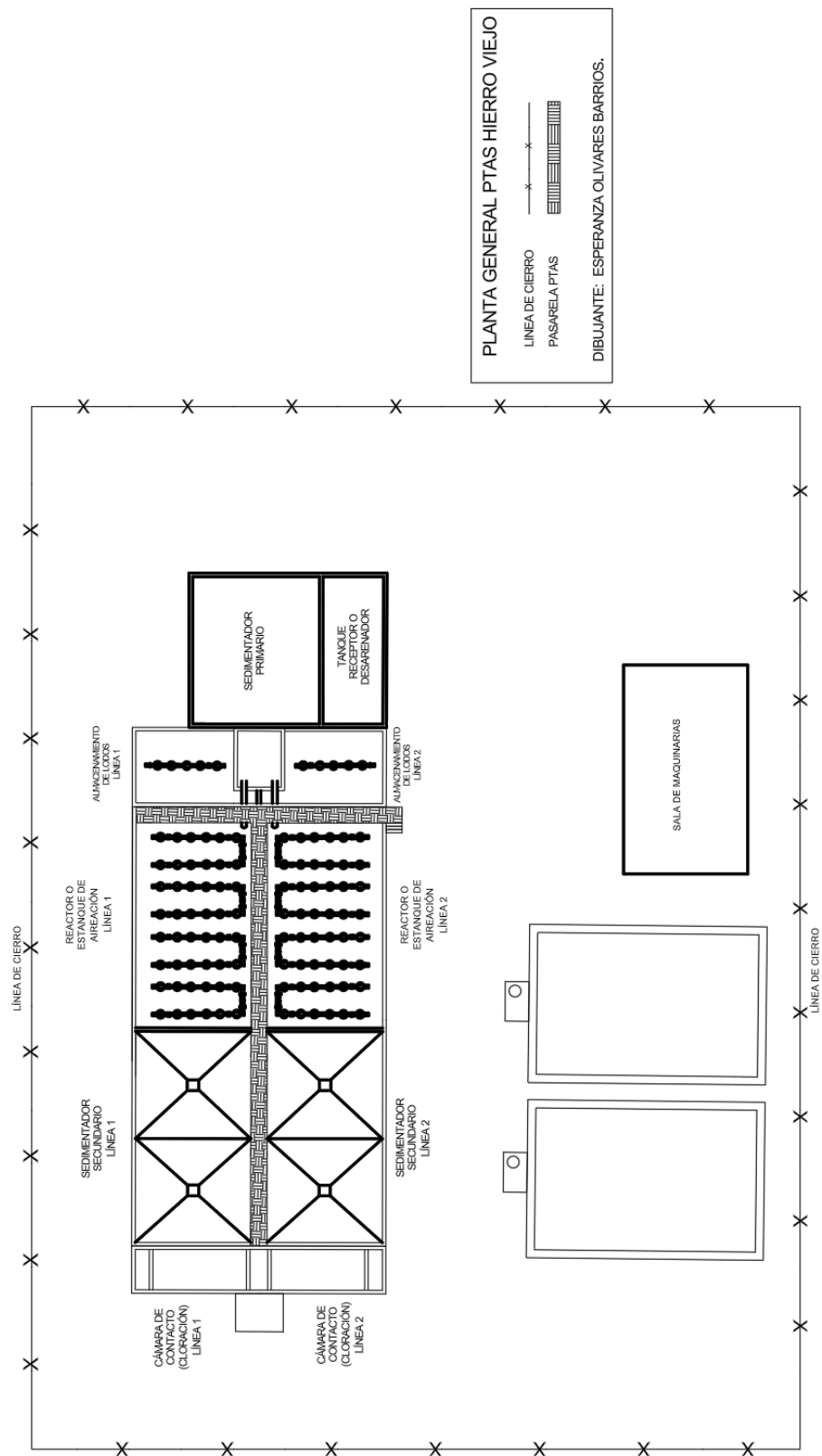


Imagen 6.6 – Esquema de PTAS de Hierro Viejo

6.2.2 Proceso que realiza la PTAS

La planta de tratamiento de aguas servidas de la localidad de Hierro Viejo opera bajo un sistema de lodos activados y está compuesta de dos líneas paralelas de tratamiento, como se muestra en el esquema presentado en la Imagen 6.6. No obstante, en la actualidad solo una de ellas se encuentra operativa, mientras que la otra permanece fuera de servicio por falta de mantención.

El proceso comienza en un estanque receptor que funciona como desarenador, donde se recolectan las aguas residuales provenientes del pueblo y se permite la decantación de arenas y sólidos de mayor tamaño presentes en el caudal. Este estanque requiere de limpieza periódica, cuya frecuencia depende de la cantidad de sólidos y/o desechos que ingresan.



Imagen 6.7 – Estanque Receptor de aguas servidas o Desarenador

Posteriormente el agua se dirige por rebalse al sedimentador primario, donde se realiza una primera decantación para remover los sedimentos más finos que no fueron retenidos en la fase anterior.



Imagen 6.8 – Sedimentador Primario y características del líquido

Una vez que se decanta la mayoría de los sedimentos, el agua se eleva mediante una bomba hacia una cámara distribuidora diseñada para dividir el caudal de forma equitativa para cada línea de tratamiento biológico. Sin embargo, dado que actualmente solo se encuentra una línea operativa, la salida correspondiente a la línea fuera de servicio ha sido sellada. Por lo tanto, el flujo se dirige únicamente hacia la línea activa, mientras que el excedente retorna a la etapa anterior (sedimentador primario).



Imagen 6.9 – Cámara distribuidora de caudal (imagen izquierda). Excedente que retorna a sedimentador primario (imagen derecha)

La línea activa cuenta con un reactor o estanque de aireación, en el cual se inyecta oxígeno mediante 2 líneas de difusores, pese a que el diseño original de la PTAS considera un total de 8 líneas. Esta aireación tiene por finalidad favorecer la actividad de los microorganismos encargados de descomponer o degradar los contaminantes orgánicos presentes en el agua.



Imagen 6.10 – Tanque de Aireación. Línea 1 (imagen izquierda). Línea 2 fuera de servicio (imagen derecha)

A continuación, el flujo pasa a un sedimentador secundario, donde se separan los sólidos suspendidos que van quedando durante la fase anterior de aireación.



Imagen 6.11 – Sedimentador secundario. Línea 1 (imagen izquierda). Línea 2 fuera de servicio (imagen derecha)

Desde este proceso nacen dos corrientes de lodos, una de las corrientes retorna el lodo al estanque de aireación para mantener la concentración de biomasa activa (RAS) y la otra corriente purga el exceso de lodo hacia un estanque de almacenamiento (WAS). No obstante, ninguno de estos procesos se puede llevar a cabo debido a fallas en las cañerías de recirculación. Los estanques de almacenamiento de lodo se encuentran estructuralmente en buen estado, pero no están en uso, además, el de la línea 2 permanece fuera de servicio debido a la incorrecta instalación y anclaje de los difusores encargados de la aireación.

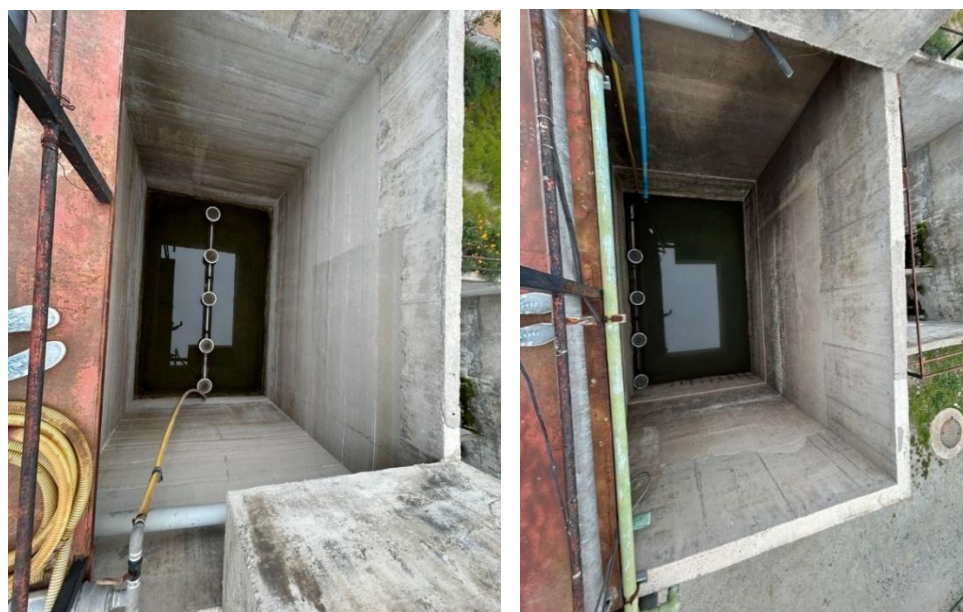


Imagen 6.12 – Tanque de almacenamiento de lodo. Línea 1 (imagen izquierda). Línea 2 (imagen derecha)

Finalmente, el agua tratada pasa a una cámara de contacto donde se le aplica cloro mediante un sistema automático conectado a la activación o encendido de bombas. Este proceso busca la desinfección del efluente antes de su disposición, la cual se dirige a un resumidero.

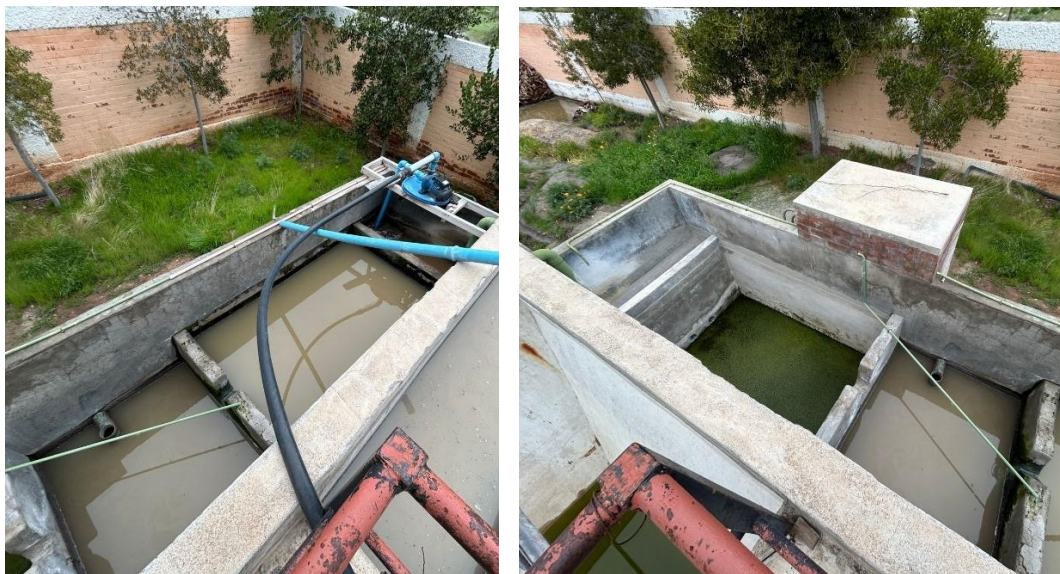


Imagen 6.13 – Sector cloración. Línea 1 (imagen izquierda). Línea 2 fuera de servicio (imagen derecha)

En cuanto al lodo almacenado, este es conducido a unas canchas de secado, donde se somete a un proceso de deshidratación y maduración antes de su disposición final, que en este caso se desecha como residuo.



Imagen 6.14 – Canchas de secado de lodos

Es importante mencionar que actualmente no se realizan mediciones de ningún tipo, lo que limita totalmente la evaluación de la planta de tratamiento. Asimismo, esta ausencia de registros impide determinar las condiciones de aireación y la dosificación de cloro aplicada al sistema.

-
- Sala de Cloración



Imagen 6.15 – Sala de cloración

Esta sala de cloración o sector donde se almacena el bidón de cloro carece de puertas de protección, lo que implica un riesgo de seguridad y manipulación inadecuada.

- Sopladores



Imagen 6.16 – Sala de equipos, “Sopladores”

No se dispone de mayor información respecto al funcionamiento de los sopladores. Estos operan alternándose cada 30 minutos, sin embargo, no se ha realizado mantención del cambio de aceite, durante los últimos cuatro años.

6.3 Evaluación técnica de la planta de tratamiento a partir de la guía de evaluación y diagnóstico de PTAS de la SUBDERE

6.3.1.1 Análisis de caudales y registros de parámetros

Esta sección se enfoca en describir los métodos y procedimientos utilizados para medir caudales y parámetros en la planta de tratamiento evaluada, utilizando la guía como base. Esto con el objetivo de poder determinar el comportamiento operacional del sistema.

6.3.1.1.1 Base de cálculo e información requerida para la evaluación

Caudales:

No se realiza ningún tipo de medición ni conteo del caudal que ingresa a la PTAS.

Características de las aguas residuales:

No se tiene información con respecto a la medición de la carga orgánica afluente al sistema de tratamiento (KgDBO/día).

No se tiene información en lo referido a las características de las aguas servidas crudas del resto de los parámetros de interés, es decir, SST/DBO, NKT/DBO, PT/DBO y AyG/DBO.

6.3.1.1.2 Aspectos cualitativos y cuantitativos de parámetros operacionales

Registros y control de parámetros a lo largo de la PTAS

No se realiza ningún tipo de registro de parámetros en la planta de tratamiento.

Registro de parámetros en determinados puntos de la PTAS

Durante el recorrido de los circuitos líquidos y de lodos de la PTAS, se efectuaron las siguientes observaciones con el objetivo de llenar las Tablas 6.2 y 6.3, elaboradas a partir de la tabla N°96 de la Guía del Estudio de soluciones sanitarias para el sector rural.

Tabla 6.2 – Registro visual de la PTAS

Punto de Observación	Parámetro	Resultado	Observación
Entorno de la PTAS	Olor	Olor moderado: perceptible, pero no insoportable ni persistente.	Se considera un funcionamiento aceptable
Afluente	Color	Café Chokolatoso	-
	Nivel del liquido	Medio	
Sedimentación Primaria	Color	Café Chokolatoso	Buen desempeño
	Espuma	Muy Poca	

Tabla 6.3 – Registro visual de las líneas de tratamiento de la PTAS

Punto de Observación	Parámetro	Resultado			
		Línea 1	Observación	Línea 2	Observación
Tanque de Aireación	Turbulencia	Sectores sin turbulencia, solo había burbujeo en el medio del tanque	Mal desempeño, ya que al presentar irregularidad en su burbujeo puede asociarse a problemas con la aireación	-	Fuera de servicio
	Color	Café chocolatado		-	
	Cantidad espuma superficial	Muy Poca		-	
Sedimentación Secundaria	Tipo de efluente	Café / turbio	No se puede determinar el desempeño que presenta este punto de observación con solo estos parámetros	-	Fuera de servicio
	Tipo de sólidos superficiales	No presenta		-	
Lodo activado de Retorno	Color	-	Fuera de servicio	-	Fuera de servicio
	Olor	-		-	
Motores y Equipos	Operación Pareja	-	No se tiene mayor información	-	No se tiene mayor información
	Vibración	-		-	
	Ruidos	Normal		-	
	Temperatura	-		-	

6.3.1.2 Análisis cualitativo del estado de componentes de la PTAS

De acuerdo a la evaluación cualitativa del estado de las componentes unitarias de la PTAS y su equipamiento asociado, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4 – Evaluación cualitativa de los componentes de la PTAS

Componentes del Sistema	Nº	Bueno	Regular	Malo	Observación
1. Obras Civiles					
Estanque Receptor o Desarenador	1		R		No se cuenta con ningún tipo de sistema para sacar sólidos
Sedimentador Primario	1	B			
Estación Elevadora	1		R		Solo estaba repartiendo a una línea de tratamiento

Componentes del Sistema	Nº	Bueno	Regular	Malo	Observación
Cámara Repartidora	1	B			Se tiene habilitado solo una salida desde esta cámara
Almacenamiento Lodos	2		R		Solo uno operativo (se considera 1B y 1M)
Estanque de Aireación	2			M	Solo uno operativo funcionando de forma deficiente (ya que faltan algunas líneas de aireadores). El otro esta fuera de servicio.
Sedimentador Secundario	2			M	Solo uno operativo funcionando de forma deficiente, ya que se encuentran rotas las cañeras de retornos de lodos. El otro esta fuera de servicio.
Sector Cloración	2		R		Solo se tiene un lado operativo. (se considera 1R y 1M)
Evacuador	1	B			
Cancha de Secado de Lodos	2	B			No operativas al momento de la visita, pero están en buen estado
2. Tratamiento Preliminar					
Estanque Receptor o Desarenador	1		R		No se cuenta con ningún tipo de sistema para sacar sólidos
3. Planta Elevadora de Aguas Servidas					
Bombas de elevación	1	B			Debería haber 2 bombas
4. Tratamiento Secundario					
Equipo de Sopladores	2	B			
Líneas de difusores sumergibles	16			M	En total se deberían tener 8 líneas de difusores por cada reactor. En uno se tienen solo 2 y el otro reactor se encuentra fuera de servicio por el mal anclaje de los difusores. (considerar 2B y 14M)
5. Sedimentación secundaria					
Sedimentadores secundarios	2			M	Solo se encuentra uno operativo y está

Componentes del Sistema	N°	Bueno	Regular	Malo	Observación
					funcionando de forma deficiente, debido a la roturas en algunas de sus cañerías.
6. Desinfección					
Dosificación de Hipoclorito de Sodio	1		R		No se realiza ningún tipo de medición, y falta agregar puertas al sector donde se encuentra el bidón y sistema de cloración.
Cámara de contacto	2	B			Solo una operativa.
7. Espesamiento de lodos					
Bomba extracción de lodo	1	B			Lodera
Estanques de almacenamiento de lodos	2	B			Solo se encuentra uno operativo.
8. Deshidratación de lodos					
Canchas de secado	2	B			No operativas al momento de la visita
9. Otros					
Equipo generador	1			M	Se encuentra fuera de servicio hace 11 años.
TOTAL	46	17	7	22	

Observaciones:

- En la fase de elevación de caudal desde el estanque primario a la cámara repartidora, solo se está operando con una bomba, cuando el diseño original considera dos. Actualmente, falta una bomba.
- Se dispone de una bomba lodera en casos de emergencia y esta es utilizada principalmente para extraer el lodo.
- En el reactor o estanque de aireación, varios de los difusores no están funcionando, debido a que la plataforma o estructura de anclaje se salió y presenta un estado de deterioro avanzando (desgaste y corrosión).
- Las mangueras del reactor se reventaron por la exposición prolongada al sol, por lo que debiera implementarse un cambio periódico de estos elementos.
- En el sedimentador secundario, las cañerías de retorno de lodo (PVC) se encuentran rotas y dañadas impidiendo su correcto funcionamiento.
- El sector donde se almacena el bidón de cloro carece de puertas de protección, lo que implica un riesgo de seguridad y manipulación inadecuada.



Imagen 6.17 – Reactor fuera de funcionamiento por mal anclaje de difusores y difusores en mal estado



Imagen 6.18 – Tuberías del sedimentador secundario de la línea 1 dañadas



Imagen 6.19 – Mangueras dañadas por exposición prolongada del sol

6.3.1.2.1 Diagnóstico técnico de la PTAS

A continuación, se presenta un resumen de las observaciones generales de la planta de tratamiento de aguas servidas de la localidad de Hierro Viejo.

- En la planta no se han realizado mantenciones de ningún tipo durante varios años, lo que ha desencadenado una serie de problemas operacionales.
- La instalación cuenta con dos líneas de tratamiento paralelas, sin embargo, actualmente solo una de ellas se encuentra operativa presentando un funcionamiento deficiente.
- La segunda línea permanece fuera de servicio hace 4 años aproximadamente, debido a una falla en el reactor biológico, la cual se relaciona con la incorrecta instalación y anclaje de los difusores encargados de la aireación.
- El diseño de la planta no considera cámara de rejillas, lo que dificulta la retención inicial de sólidos gruesos.
- La planta detiene su funcionamiento entre las 17:30 y las 23:30 hrs, debido a la falta de suministro eléctrico (hora punta).
- Se cuenta con un generador eléctrico, el cual se encuentra fuera de servicio hace 11 años aproximadamente.
- No se realiza mantención de cambio de aceite en sopladores hace 4 años.
- Las aguas tratadas descargan a un sumidero que actualmente se encuentra colapsado o saturado, debido a que el proceso de tratamiento es deficiente y el efluente llega con presencia de barro, provocando que el sector de descarga se vaya tapando.
- A un costado de las canchas de secado de lodos se evidencia acumulación de aguas servidas, producto del rebalse de una cámara, lo que genera que el agua residual emerja y se estanque en este sector.
- En la fase de elevación de caudal desde el estanque primario a la cámara repartidora, solo se está operando con una bomba, cuando el diseño original considera dos. Actualmente, falta una bomba.
- Se dispone de una bomba lodera en casos de emergencia, la cual es utilizada principalmente para extraer el lodo desde los estanques de almacenamiento de lodos hacia las canchas de secado, cuando las corrientes de lodos estaban en buen estado.
- En el reactor o estanque de aireación, varios de los difusores no están funcionando, debido a que la plataforma o estructura de anclaje se salió y presenta un estado de deterioro avanzando (desgaste y corrosión).
- Las mangueras del reactor se encuentran reventadas por la exposición prolongada al sol, por lo que debiera implementarse un cambio periódico de estos elementos.
- En el sedimentador secundario, las cañerías de retorno de lodo (PVC) se encuentran rotas y dañadas impidiendo su correcto funcionamiento.
- El sector donde se almacena el bidón de cloro carece de puertas de protección, lo que implica un riesgo de seguridad y manipulación inadecuada.

Con el fin de evaluar la aplicabilidad de la guía de la SUBDERE en un contexto operativo real, esta fue aplicada en la planta de tratamiento en estudio. Su aplicación permitió revisar cada una de las secciones, parámetros y procedimientos propuestos en la guía, comparándolos con las condiciones reales de operación y los registros disponibles. A partir de este proceso, fue posible identificar tanto los aspectos que la guía permite evaluar, como las limitaciones encontradas durante su implementación.

Los principales resultados y dificultades observadas se presentan a continuación:

6.4 Resultados de la aplicación de la guía SUBDERE

De acuerdo con la evaluación y diagnóstico preliminar realizados en la planta de tratamiento, la aplicación de la guía evidenció los siguientes aspectos:

- No se pudo evaluar correctamente la planta, debido a la falta de registros y de instrumentos de medición, como por ejemplo la sección de evaluación de caudales y parámetros operacionales.
- Se realizaron observaciones visuales de los equipos y procesos de la planta según tablas, recomendaciones y anexos de la guía.
- El sistema de control de olores, evaluación de reactivos y etapas avanzadas no aplican o están fuera de servicio.

6.5 Dificultades encontradas y vacíos metodológicos

- No se tiene equipamiento para la medición de todos los parámetros indicados en la guía, como, por ejemplo: T°, pH, SS, DBO, OD, PT y NKT.
- Exigencias técnicas de la guía no pueden cumplirse sin instrumentos de laboratorio.
- Inexistencia de fichas de operación o protocolos normalizados de monitoreo continuo.
- La planta depende de operadores técnicos, cuando en la práctica la gestión recae en personas con conocimientos prácticos adquiridos por experiencia.

Lo anterior evidencia que la guía presenta limitaciones en su versión actual, lo que dificulta su aplicación y que no se ajuste plenamente a las condiciones operativas del mundo rural. Esto hace necesario introducir ajustes, sugerencias y adaptaciones que permitan su uso efectivo como herramienta de diagnóstico en contextos con capacidades técnicas restringidas.

6.6 Propuestas de mejoras PTAS

Sugerencias para mejorar tanto el funcionamiento como la operación de la planta de tratamiento:

General:

- Se sugiere realizar mantenciones periódicas a cada fase o etapa de la planta, con el fin de asegurar la continuidad operativa y prolongar la vida útil de los equipos e instalaciones.

Infraestructura:

- Restaurar o reemplazar la estructura de anclaje de cada línea de difusores, para poner operativos ambos reactores.
- Adquirir una bomba adicional para la etapa de elevación de caudal desde el estanque primario a la cámara distribuidora.
- Cambiar mangueras de los reactores de aireación, implementando un plan de reemplazo periódico para prevenir fallas por desgaste o exposición al sol.
- Cambiar las cañerías de PVC de retorno de lodo que se encuentran en el sedimentador secundario, actualmente dañadas y fuera de servicio.
- Se recomienda instalar puertas en la sala o sector de Cloración, con el fin de mejorar la seguridad del área.

Equipos:

- Se sugiere reparar el generador eléctrico, de manera que la planta cuente con un sistema de suministro eléctrico durante la hora punta (de 17:30 a 23:30 hrs), permitiendo la continuidad operativa del proceso de tratamiento.
- Considerando el tipo de sopladores instalados en la planta, se recomienda la construcción de un techo o cubierta para evitar la exposición directa a la humedad y agentes corrosivos del ambiente, lo que contribuye a reducir el riesgo de oxidación y deterioro de los equipos.

Disposición final de efluentes tratados:

- Se recomienda realizar limpieza periódica en el sector del sumidero o implementar una nueva solución para evacuar las aguas ya tratadas, como por ejemplo la instalación de un sistema de drenes, que permita una correcta disposición del efluente tratado y así evitar futuras saturaciones.

Capacitación Operadores:

Se podrían implementar cursos específicos sobre:

- Funcionamiento de plantas de tratamiento con sistema de lodos activados, incluyendo los procesos de cada etapa

-
- Reparación y/o mantenimiento de equipos, como por ejemplo los sopladores y bombas.

Control Operacional:

- Se recomienda implementar progresivamente equipos de medición y establecer un registro de parámetros básicos que permitan evaluar el desempeño de la planta.
- En particular, se sugiere disponer de un cono Imhoff, tiras indicadoras de pH, sobres DPD de Cloro Libre para la medición periódica de parámetros simples.
- Se recomienda adquirir un medidor portátil multiparámetro para medir indicadores esenciales como los sólidos disueltos totales (TDS), oxígeno disuelto (OD), demanda química de oxígeno (DQO), temperatura y pH.

Aprovechamiento del Lodo Seco:

- Uno de los principales desafíos que enfrenta la Cooperativa es poder mantenerse económicamente durante el tiempo. Teniendo en cuenta esto, una alternativa interesante es darle un nuevo uso al lodo seco proveniente de las canchas de secado, el cual actualmente se elimina como residuo. Este lodo podría ser utilizado en la agricultura para mejorar la calidad de suelos, siempre y cuando cumpla con los requisitos de la normativa vigente DS N°4/2009 del MINSAL, que regula el uso de lodos tratados en suelos agrícolas.

Aprovechar este recurso no solo ayudaría a reducir el impacto ambiental, sino que también podría ser una oportunidad para generar ingresos o aliviar los costos de mantenimiento del APR.

Para aprovechar esta medida, se debería considerar lo siguiente:

- **Caracterización del lodo:** análisis y control periódico de los parámetros químicos y microbiológicos con el fin de verificar el cumplimiento de la norma.
- **Capacitación de operadores:** formación en el manejo correcto de lodos, es decir, transporte, aplicación y medidas de protección personal.
- **Construir o contar con infraestructuras de acopio:** áreas de almacenamiento temporales adecuadas, para controlar escurrimientos y contaminación.
- **Monitoreo y registro:** disponer de un plan de seguimiento con controles periódicos del lodo.

7 Propuestas de mejora Guía

La versión actual de la guía presenta una estructura rígida, orientada a sistemas que disponen de la instrumentación completa, personal capacitado y condiciones operacionales estables. Sin embargo, este enfoque no representa la realidad en su totalidad de muchos sistemas de saneamiento rural, los cuales operan con recursos limitados y capacidades técnicas restringidas.

Para ampliar su aplicabilidad, se propone incorporar niveles de diagnóstico, que permitan adaptar los criterios exigidos según las características propias del sistema de tratamiento, las capacidades reales de quienes lo operan y la infraestructura disponible. De esta manera, la guía podría aplicarse de forma más flexible y en una mayor diversidad de contextos rurales, considerando sus limitaciones y particularidades.

En cada nivel de diagnóstico, los criterios ya contenidos en la guía de la SUBDERE se identificarán con la siguiente etiqueta **[Original SUBDERE]**, mientras que los nuevos criterios propuestos se identificarán con la etiqueta **[Nueva Propuesta]**, con el fin de distinguir con claridad lo incorporado respecto a lo que plantea originalmente la guía, dejando explícito que el presente estudio se basa en el documento de la SUBDERE, sin que ello suponga una duplicación literal del mismo.

7.1 Caracterización

[Nueva Propuesta]

Esta guía estará dirigida a operadores de plantas de tratamiento de aguas servidas basadas en lodos activados. Su función es evaluar y verificar el nivel de funcionamiento general de la planta y a la vez cada componente unitario que la conforma.

Esta evaluación se divide en tres niveles de diagnóstico básico, intermedio y completo, adaptados según el grado de operación y capacidad de funcionamiento. Para comprender de mejor forma como se dividen estos niveles, se describen en la Tabla 7.1:

Tabla 7.1 – Caracterización de los niveles de diagnósticos

Diagnóstico / Característica	Diagnóstico Básico	Diagnóstico Intermedio	Diagnóstico Completo
Instrumentos	Instrumentos o equipos simples	Multiparámetro portátil o más de 4 equipos básicos	Equipos avanzados para medir parámetros
Parámetros medidos	1 a 4	4 a 6	6 a 13
Muestreo Laboratorio	No se realiza	1 o 2 veces al año	Se realiza constantemente
Registro de datos	Manual	Manual o Digital	Digital o Software de monitoreo
Funcionamiento	Funcionamiento general con obs. Y pruebas rápidas	Funcionamiento general con controles periódicos y apoyo ocasional de laboratorios	Funcionamiento general con controles diarios y apoyo directo de laboratorio

A continuación, se detalla cada nivel donde se encuentran los procedimientos y registros necesarios para evaluar el funcionamiento de la planta, incluyendo parámetros sugeridos, requerimientos para formación de operadores, planillas de evaluación cualitativa y cuantitativa y por último criterios para identificar fortalezas, debilidades y mejoras por realizar.

7.2 Nivel 1: Evaluación y diagnóstico básico

Este primer nivel se caracteriza por la observación directa de todos los procesos del sistema, sin requerir mediciones de laboratorio ni instrumental especializado. Si bien la guía ya contempla una sección de evaluación basada en la observación, sería importante que este análisis pueda constituirse como un nivel inicial autónomo, especialmente pensado para casos donde no se cuenta con capacidades técnicas o recursos suficientes para cumplir los estándares más completos de la guía.

7.2.1 Sugerencia de parámetros prioritarios

[Nueva Propuesta]

Principales parámetros que permiten una evaluación rápida y básica del funcionamiento de una PTAS. Estos deben considerarse siempre, incluso en los sistemas más básicos, ya que entregan información esencial del estado general de la planta.

Los parámetros son:

- **pH:** Indica la alcalinidad o acidez del agua, donde los valores extremos pueden afectar o incluso eliminar los microorganismos encargados de depurar las aguas residuales. Medir en caudal afluente.
- **Cloro Residual Libre:** Indica la cantidad de cloro disponible para la etapa final, asegurando la eliminación de patógenos antes de su descarga.
- **Sólidos Sedimentables (SS):** Permite evaluar la calidad del lodo dentro del sistema, detectando posibles problemas de decantación o sobrecarga. Esto se puede realizar con un cono Imhoff.
- **Turbiedad:** Indica una medida de la claridad del agua, asociada a la cantidad de partículas finas en suspensión. Este no es un parámetro que refleje directamente la eficiencia del tratamiento, pero puede servir como una primera aproximación visual al estado del efluente.

Estos parámetros permiten tener una idea general del funcionamiento del sistema de tratamiento sin requerir de mediciones avanzadas y ayudan a tomar decisiones para mantener operativa y en buen estado la planta.

Sugerencia de instrumentos simples para realizar registros

[Nueva Propuesta]

Algunos de los instrumentos simples útiles para este nivel son los siguientes:

- Cono Imhoff o probetas de 1000 y 2000 ml
- Testigo de lodos
- Baldes o recipientes para medir caudal (método volumétrico) / Canaleta Parshall
- Tiras indicadoras de pH
- Sobres DPD de Cloro Libre

7.2.2 Pautas de verificación visual del comportamiento de un sistema de tratamiento de aguas servidas

[Original SUBDERE]

Los comportamientos que se pueden encontrar en el tanque de aireación, sedimentador secundario y desinfección son los siguientes:

- Operación Normal
- Operación con Problemas de Aireación
 - Falta de Aireación
 - Exceso de Aireación
- Operación con Problemas de Lodos de Retorno
 - Bajo retorno de Lodos
 - Retorno excesivo de Lodos
- Operación con Problemas de Exceso de Aceites y Grasas

A continuación, se presentan tablas resumen con los comportamientos de operación según el color, cantidad de espuma, olor, contenido de sólidos y burbujeo de cada componente unitario de una planta de tratamiento.

Tanque de aireación

Tabla 7.2 – Posibles comportamientos en un tanque de aireación [Original SUBDERE]

Variables	Color	Cant. Espuma	Burbujeo
Operación normal	Café Choclatoso	Poca	Burbujeo normal
Falta de aireación	Negro	Poca	Poco/Ninguna
Exceso de aireación	Claro	Bastante	Burbujeo emergiendo
Bajo retorno de lodos	Chocolate o Gris	-	Burbujeo emergiendo
Retorno excesivo de lodos	Chocolate	-	Burbujeo emergiendo
Exceso de aceites y grasas	Lodo Claro (bolas de grasa flotando)	Amarilla	Burbujeo emergiendo

Nota: Entiéndase como Burbujeo normal: Burbujas finas y uniformes en toda la superficie y Burbujeo emergiendo: grandes burbujas que salen en columnas o zonas localizadas.

Sedimentación secundaria

Tabla 7.3 – Posibles comportamientos en un sedimentador secundario [Original SUBDERE]

Variables	Color	Observación
Operación normal	Superficie clara hasta 40-50 cm de profundidad	-
Falta de aireación	Oscuro y turbio	-
Exceso de aireación	Oscuro y turbio	No se ve el fondo de lodos, lodos flotantes
Bajo retorno de lodos	Oscuro y turbio	Lodos flotantes
Retorno excesivo de lodos	Claro en la superficie	Capa visible de lodos a 30 cm por debajo de la superficie
Exceso de aceites y grasas	Oscuro y turbio	- Lodos café amarillentos y grasosos flotando - Excesiva grasa presente

Desinfección

Tabla 7.4 – Posibles comportamientos en la etapa de desinfección [Original SUBDERE]

Variables	Color	Contiene sólidos	Olor
Operación normal	Transparente	No	Terroso
Falta de aireación	Oscuro y turbio	Si, Muchos	Séptico
Exceso de aireación	Oscuro y turbio	Si, Muchos	Mohoso
Bajo retorno de lodos	Oscuro y turbio	Si, Muchos	Mohoso
Retorno excesivo de lodos	Café	Si, Muchos	Mohoso
Exceso de aceites y grasas	Oscuro y turbio	Si, Muchos	Terroso

Cuando la operación difiera de la normal, esta guía establece mejoras para corregir el problema y restaurar la operación normal.

7.2.3 Formación básica para operadores

[Nueva Propuesta]

Los requerimientos para el operador de la planta de tratamiento, en este nivel, deben considerar la siguiente formación mínima:

- Conocimientos básicos en saneamiento rural, tales como la recolección de aguas servidas, control de contaminantes, mediciones necesarias de parámetros y funcionamiento general del sistema de tratamiento, incluyendo la función de cada unidad de la planta (cámara receptora, sedimentador primario, reactor, sedimentador secundario, sistema de cloración y disposición del efluente).
- Manejo de parámetros operacionales simples, como el caudal y condiciones de entrada y salida del sistema.
- Incorporar rutinas simples de mantenimiento y limpieza de forma regular.
- Habilidades para el registro manual de datos (cuaderno, libreta).

7.3 Nivel 2: Evaluación y diagnóstico intermedio

El segundo nivel se caracteriza por la medición de parámetros mediante instrumentos portátiles de fácil uso. Este enfoque permitirá completar la evaluación con datos simples pero relevantes, accesibles para operadores con un grado de formación media, sin requerir infraestructura de laboratorio ni conocimientos técnicos avanzados.

A continuación, se presentan instrumentos portátiles que pueden ser útiles para este nivel:

- 1) Multiparámetro portátil HQ2100 con electrodo de conductividad de campo robusto, cable de 5m.



Imagen 7.1 – Multiparámetro portátil HQ2100

Su objetivo es medir una amplia variedad de parámetros, incluidos sólidos disueltos totales (TDS), oxígeno disuelto (OD) óptico, demanda química de oxígeno (DQO), temperatura, conductividad y pH. [22]

- 2) Medidor Multiparamétrico pH/ORP/EC/TDS/Salinidad/OD/Presión/Temperatura a prueba de agua HI98194-4m (13')



Imagen 7.2 – Multiparámetro portátil HI98194-4m

El HI98194 es un medidor multiparamétrico de registro portátil a prueba de agua que monitorea hasta 12 parámetros diferentes de calidad del agua, incluidos 6 medidos y 6 calculados. La sonda multisensorial basada en microprocesador permite medir parámetros clave, incluidos pH, ORP, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura. La sonda transmite lecturas digitalmente al medidor, donde se pueden mostrar y registrar los puntos de datos. [23]

7.3.1 Sugerencia de parámetros prioritarios

[Nueva Propuesta]

Para este nivel se incorporan tres parámetros adicionales en comparación del nivel anterior, los cuales se pueden obtener mediante los equipos multiparámetros portátiles, permitiendo obtener información más completa sobre el estado operativo de la planta:

- **pH:** Indica la alcalinidad o acidez del agua, donde los valores extremos pueden afectar o incluso eliminar los microorganismos encargados de depurar las aguas residuales. Medir en caudal afluente.
- **Cloro Residual Libre:** Indica la cantidad de cloro disponible para la etapa final, asegurando la eliminación de patógenos antes de su descarga.
- **Sólidos Sedimentables (SS):** Permite evaluar la calidad del lodo dentro del sistema, detectando posibles problemas de decantación o sobrecarga. Esto se puede realizar con un cono Imhoff.
- **Turbiedad:** Indica una medida de la claridad del agua, asociada a la cantidad de partículas finas en suspensión. Este no es un parámetro que refleje directamente la eficiencia del tratamiento, pero puede servir como una primera aproximación visual al estado del efluente.
- **Sólidos Suspendidos Totales (SST):** Permiten evaluar la cantidad de materia en suspensión en el efluente y afluente y así verificar la eficiencia del tratamiento.
- **Oxígeno Disuelto (OD):** Es esencial para conocer la condición del ambiente donde están los microorganismos aeróbicos. Un nivel adecuado de oxígeno permite que los microorganismos trabajen de manera eficiente descomponiendo la materia orgánica y mejorando la calidad del agua tratada. Niveles bajos pueden generar malos olores y procesos indeseados.
- **Temperatura:** Influye directamente en la solubilidad del oxígeno y en la velocidad de las reacciones biológicas que ocurren dentro del sistema de tratamiento. A mayor temperatura, menor cantidad de oxígeno puede mantenerse en el agua, lo que podría comprometer los procesos aeróbicos.

Estos datos permiten calcular indicadores importantes del proceso, como la edad del lodo y el índice volumétrico del lodo (IVL), los cuales entregan información relevante del funcionamiento del sistema, sin requerir de mediciones avanzadas como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) o nitrógeno Kjeldahl (NKT) que requieren de análisis en laboratorio.

Sugerencia de instrumentos simples para realizar registros

[Nueva Propuesta]

Algunos de los Instrumentos simples útiles para este nivel son los siguientes:

- Cono Imhoff o probetas de 1000 y 2000 ml
- Testigo de lodos
- Caudalímetro / Canaleta Parshall
- Tiras indicadoras de pH
- Sobres DPD de Cloro Libre
- PHmetro
- Multiparámetro

7.3.2 Formación para operadores

[Nueva Propuesta]

Los requerimientos para el operador de la planta de tratamiento, en este nivel, deben considerar la siguiente formación mínima:

- Estar capacitado en el funcionamiento general del sistema de tratamiento, es decir, saber cómo funciona cada unidad de la planta (cámara receptora, sedimentador primario, reactor, sedimentador secundario, sistema de cloración y disposición del efluente).
- Manejo de parámetros operacionales simples, como el caudal y condiciones de entrada y salida del sistema.
- Incorporar rutinas simples de mantenimiento y limpieza.
- Estar capacitado en Excel básico.
- Comprender el funcionamiento y lectura adecuada de los valores obtenidos por el instrumento portátil.
- Conocimiento y aplicación de protocolos básicos de seguridad personal y operativa.

7.4 Nivel 3: Evaluación y diagnóstico completo

El tercer y último nivel correspondería a una evaluación completa, tal como ya se plantea actualmente en la guía. Este nivel estaría dirigido para aquellos sistemas que cuentan con operadores capacitados, disponibilidad de recursos económicos suficientes para realizar análisis de laboratorio y acceso a instrumentos completos. En estos casos se podrían aplicar todos los criterios establecidos en la guía, permitiendo un diagnóstico completo y más detallado.

7.4.1 Sugerencia de parámetros prioritarios

[Nueva Propuesta]

Para este nivel se considera una mayor cantidad de parámetros para la evaluación operativa, los cuales se mencionan a continuación:

- **pH:** Indica la alcalinidad o acidez del agua, donde los valores extremos pueden afectar o incluso eliminar los microorganismos encargados de depurar las aguas residuales. Medir en caudal afluente.
- **Sólidos Sedimentables (SS):** Permite evaluar la calidad del lodo dentro del sistema, detectando posibles problemas de decantación o sobrecarga. Esto se puede realizar con un cono Imhoff.
- **Cloro Residual Libre:** Indica la cantidad de cloro disponible para la etapa final, asegurando la eliminación de patógenos antes de su descarga.
- **Turbiedad:** Indica una medida de la claridad del agua, asociada a la cantidad de partículas finas en suspensión. Este no es un parámetro que refleje directamente la eficiencia del tratamiento, pero puede servir como una primera aproximación visual al estado del efluente.
- **Sólidos Suspendidos Totales (SST):** Permiten evaluar la cantidad de materia en suspensión en el efluente y afluente y así verificar la eficiencia del tratamiento.
- **Oxígeno Disuelto (OD):** Es esencial para conocer la condición del ambiente donde están los microorganismos aeróbicos. Un nivel adecuado de oxígeno permite que los microorganismos trabajen de manera eficiente descomponiendo la materia orgánica y mejorando la calidad del agua tratada. Niveles bajos pueden generar malos olores y procesos indeseados.
- **Temperatura:** Influye directamente en la solubilidad del oxígeno y en la velocidad de las reacciones biológicas que ocurren dentro del sistema de tratamiento. A mayor temperatura, menor cantidad de oxígeno puede mantenerse en el agua, lo que podría comprometer los procesos aeróbicos.
- **Nitrógeno Kjeldahl (NKT):** Indica la cantidad de nitrógeno disponible para procesos de nitrificación en el tratamiento biológico. Los altos niveles de nitrógeno pueden causar eutrofización, proceso que agota el oxígeno del agua. Por lo tanto, es muy importante controlarlo y medirlo para prevenir daños ambientales.
- **Fósforo Total (PT):** Es otro nutriente crítico para la eutrofización, su control es esencial para cumplir la normativa y proteger los cuerpos receptores.

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):** Estima la cantidad de contaminación orgánica en las aguas residuales. Además, permite evaluar la eficiencia del tratamiento y verificar si el efluente cumple con los límites ambientales.
- **Demanda química de oxígeno (DQO):** Indica la carga total de materia orgánica, tanto biodegradable como no biodegradable. Ayuda a controlar variaciones en el caudal afluente. Se puede predecir la DBO de forma rápida, ya que se obtiene en horas en lugar de los 5 días de la DBO.
- **Coliformes Fecales:** Indica la calidad bacteriológica del efluente antes de su descarga por lo que evalúa el proceso de desinfección. Su presencia confirma la existencia de patógenos en las aguas residuales que pueden afectar la salud humana.
- **Aceites y grasas:** Estos conjuntos lipídicos dificultan la aireación, forman costras y espumas y pueden obstruir tuberías y equipos.

Para la evaluación de estos parámetros es necesario contar con equipamiento avanzado de laboratorio y/o recursos suficientes para enviar muestreo de datos de manera regular a un laboratorio externo. La información obtenida a partir de estos datos permite obtener en detalle el estado operativo completo del sistema de tratamiento.

7.4.2 Registro diario de operación

[Original SUBDERE]

Los registros más importantes a obtener para la evaluación obedecerán al siguiente detalle:

Tabla 7.5 – Registros diarios para operación de PTAS – Tabla N° 97 [Original SUBDERE]

Parámetros	Valor
Caudal medio diario (l/s)	
Concentración DBO Afluente (mg/l)	
Concentración SST afluente (mg/l)	
Concentración SST tanque aireación (kg.)	
Concentración SSV tanque aireación (kg.)	
Tasa de lodos de retorno con respecto al caudal afluente	
Lodos en exceso evacuados diariamente (kg/d)	
Cantidad aire suministrado a los tanques de aireación [Nm ³ /h]	
Edad del lodo [días]	
F/M	
IVL	
Consumo de energía [kWh/mes]	

7.4.3 Formación básica para operadores [Nueva Propuesta]

Los requerimientos para el operador de la planta de tratamiento, en este nivel, deben considerar la siguiente formación mínima:

- Estar capacitado en el funcionamiento general del sistema de tratamiento.
- Incorporar rutinas de mantenimiento y limpieza.
- Estar capacitado en Excel avanzado.
- Conocimiento y aplicación de protocolos básicos de seguridad personal y operativa.

-
- Tener experiencia en la toma de muestras, cumpliendo estándares de calidad y conservación (Manual operativo de la norma de muestreo de aguas residuales de la SISS – NCh 411/10 – 2005).

7.4.4 Características de las aguas residuales [Original SUBDERE]

Para efectos de estimar la carga orgánica afluente al sistema de tratamiento (KgDBO/día), se debe considerar el caudal y la concentración afluente de aguas servidas crudas a la PTAS.

$$\text{Carga orgánica [KgDBO/día]} = (\text{DBO [mg/l]} * \text{Caudal [m}^3\text{/día]} / 1000)$$

Para efectos de la evaluación cuantitativa del comportamiento operacional de la PTAS, se deberá contar con los registros de caudal y concentración de DBO (medidos simultáneamente) de por lo menos el mes anterior al de la evaluación, debiendo cada medición corresponder a la concentración de una muestra compuesta en 24 horas para poder generar conclusiones medianamente representativas del comportamiento de la PTAS.

En relación a las características de las aguas residuales, los registros históricos de las PTAS permiten realizar un análisis estadístico que genera las siguientes relaciones SST/DBO, NKT/DBO, PT/DBO y AyG/DBO, las que deberán estar en los antecedentes a analizar.

En el caso de no contar con estos registros, pueden adoptarse las correlaciones típicas encontradas a nivel nacional como primera aproximación, es decir:

- SST/DBO = 1.00
- SSV/SST = 0.75 – 0.80
- NKT/DBO = 0.25
- PT/DBO = 0.05

Nota: Es fundamental medir la DBO, ya que la mayoría de las correlaciones se expresan en función de este parámetro.

7.5 Evaluación cualitativa de la PTAS para los 3 niveles de diagnósticos

7.5.1 Planilla de evaluación cualitativa

En esta sección se establece la metodología para realizar la evaluación cualitativa de una planta de tratamiento de aguas servidas. La evaluación considera el estado operativo y estructural de las unidades que conforman la planta, así como de su equipamiento asociado, de acuerdo a los criterios que se describen en el “**Anexo I**” de la guía presentada al final de este documento.

Los criterios descritos en el Anexo I corresponden a [Original SUBDERE]. En el documento de la SUBDERE solo se presenta, a modo de ejemplo, evaluaciones de PTAS en un anexo; la guía original no incluye una planilla. Por ello, la planilla de evaluación cualitativa se clasifica como [Nueva Propuesta].

En esta evaluación se definen tres escenarios de diagnóstico:

- Bueno (B): el componente se encuentra en condiciones adecuadas de mantenimiento y operación.
- Regular (R): el componente presenta deficiencias o desgastes que pueden comprometer su desempeño a corto o mediano plazo.
- Malo (M): el componente se encuentra deteriorado o fuera de servicio, lo que requiere reparación o reemplazo.

Durante la inspección debe evaluarse detenidamente los aspectos asociados a la calificación del equipamiento o componente.

Si existe alguna instalación y/o componente unitaria de la PTAS que no esté en la planilla de evaluación, se debe catastrar de todas formas, indicando su estado (bueno, regular o malo) y especificando en que etapa se encuentra.

A continuación, se presenta un ejemplo:

- Se realiza una visita a terreno a una localidad rural de la comuna de Petorca, en donde se encuentra la siguiente componente unitaria:



Imagen 7.3 – Pasarela sector de estanque de aireación y sedimentadores secundarios

Si bien, la pasarela no figura como ítem en la planilla de evaluación, esta debe considerarse en los comentarios. Allí se debe indicar a que apartado pertenece, clasificar su estado y detallar cualquier observación correspondiente, de la siguiente manera:

Comentarios:

[Nueva Propuesta]

Tabla 7.6 – Tabla resumen para agregar nuevas componentes unitarias de PTAS

Componente Unitario:	Pasarelas sector estanques de aireación y sedimentadores secundarios
Apartado:	1. Obras civiles
Estado:	Malo
Observación:	Pasarelas en mal estado, corroídas y con daños estructurales

Para llevar a cabo la inspección, se utilizará la planilla presentada en el “**Anexo II**” de la guía presentada al final de este documento, la cual permite registrar de manera sistemática la condición observada de cada componente.

8 Calificación

[Nueva Propuesta]

En esta sección se presenta la forma de calificar la evaluación cuantitativa y cualitativa.

Para la evaluación cuantitativa y cualitativa, se realiza un chequeo final que ubica la planta en un rango de cumplimiento. Este rango estará descrito por el método de “semáforo”, es decir:

- **Verde:** Buen desempeño operativo y cumplimiento de parámetros.
- **Amarillo:** Desempeño Regular, se requieren ajustes y seguimientos.
- **Rojo:** Mal desempeño o condición de alerta, se necesita un plan de mejoras inmediatas.

Para poder comprender de una manera sencilla esta calificación, se evaluará un ejemplo del nivel básico, es decir, se evaluarán 4 parámetros, que es la cantidad de parámetros sugeridos que se menciona en el apartado 7.2.1.

8.1 Evaluación cuantitativa

A continuación, se presenta la sintetización de las variables y parámetros mínimos requeridos que permiten efectuar una evaluación de la capacidad de las componentes unitarias a lo largo de una PTAS.

Tabla 8.1 – Planilla de parámetros del nivel básico [Nueva Propuesta]

Parámetro	Punto de Medición	Límite (DS 90/2001. Tabla N°1)	Valor Medición	Cumple/ No Cumple/ Desempeño
pH (in situ)	- Afluente	6 – 8.5		
	- Efluente			
Cloro Residual Libre	- Efluente final	0.5 mg/L		
Sólidos Sedimentables (SS)	- Tanque de Aireación	-		
	- Sedimentador			
Turbiedad	- Efluente final	-		

* Conforme a la nueva modificación o anteproyecto del DS 90, el límite máximo permitido de cloro residual será de 0,5 mg/L [24]; en consecuencia, para efectos de este análisis se adoptará dicho valor.

Para poder evaluar los parámetros que no tienen un valor límite asociado, se deben considerar los criterios descritos en las tablas que se muestran a continuación.

Es importante señalar, que en la versión mejorada de la guía se incluyen criterios de evaluación para todos los parámetros de acuerdo a cada nivel. Esto significa que, cuando un parámetro no cuenta con un valor límite asociado, se incorpora una tabla específica con criterios para su evaluación. Por ejemplo, si en el nivel básico existen dos parámetros que no tienen un valor límite asociado, se presentan dos tablas de criterios correspondientes, y así sucesivamente para el nivel intermedio y completo.

Criterios para evaluar la Turbiedad:

Tabla 8.2 – Criterios para evaluar la turbiedad [Nueva Propuesta]

Nivel	Descripción	Desempeño
Baja	El agua se ve transparente o ligeramente traslúcida. No se observan sedimentos visibles.	Bueno
Media	El agua presenta un aspecto turbio o lechoso, con una ligera presencia de partículas finas en suspensión o sedimentos pequeños al fondo después de unos minutos.	Regular
Alta	El agua se observa opaca, de color marrón y contiene sólidos visibles en movimiento o depositados al fondo.	Malo/Alerta

Criterios para evaluar los Sólidos Sedimentables:

Tabla 8.3 – Criterios para evaluar los Sólidos Sedimentables [Nueva Propuesta]

Nivel	Descripción	Desempeño
Optimo	Límite de separación claro, flóculos compactos y bien formados; sobrenadante transparente o ligeramente opalescente. Indicador: 100 – 200 ml/l/h (10–20% del cono/probeta)	Bueno
Intermedio	Asentamiento lentos, flóculos poco compactos, sobrenadante levemente turbio. Indicador: 200 – 500 ml/l/h (20–50% del cono/probeta)	Regular
Malo	Límite de separación difusa, flóculos difusos, sobrenadante turbio. Indicador: > 500 ml/l/h (> 50% del cono/probeta)	Malo/Alerta
Sólidos bajos – lodo joven	Asienta bastante rápido, capa delgada de lodo, sobrenadante claro, pero con flóculos finos. Indicador: 0 – 100 ml/l/h (< 10% del cono/probeta)	Regular (riesgo de arrastre)

* Considerando que el cono/probeta es de 1000 ml

Para calificar esta evaluación, se debe asignar a cada parámetro un puntaje y luego sumarlos para un índice total. Se tendrán tres casos: 1) parámetro con un rango, 2) parámetro con límite fijo y 3) parámetro medido por desempeño.

- 1) **Parámetros con rangos** (considere: pH)
 - Dentro del rango = 1
 - Cerca de los bordes (considerar holgura de ± 0.3) = 0.5
 - Fuera del rango = 0
- 2) **Parámetros con límite fijo** (considere: Cloro Residual)
 - Menor al límite = 1
 - Holgura (+0.3) = 0.5
 - Mayor al límite = 0
- 3) **Parámetros por desempeño** (considere: SS y Turbiedad)
 - Bueno = 1
 - Regular = 0.5
 - Malo = 0

Como en este ejemplo se analizan 4 parámetros, la puntuación máxima que se puede obtener es 4 puntos, lo que correspondería al 100%, por lo tanto, el 80% correspondería a 3.2 puntos y el 50% a 2 puntos. Considere “S” como la suma del puntaje obtenido.

Por lo tanto, al sumar la puntuación de parámetros, se podrá calificar de acuerdo al porcentaje resultante que se indica a continuación:

1) Verde ($\geq 80\%$) $\rightarrow (S \geq 3.2)$

Las mediciones son adecuadas y las concentraciones de parámetros se mantienen de acuerdo a los límites exigidos en la norma vigente.

2) Amarillo ($50\% < S < 80\%$) $\rightarrow (2.0 < S < 3.2)$

Se realiza control con menos frecuencia, lo que deja algunos de los parámetros fuera de rango de los límites exigidos. Se sugiere aumentar la frecuencia de monitoreo, ajustar operación y priorizar los parámetros fuera de rango.

3) Rojo ($\leq 50\%$) $\rightarrow (S \leq 2.0)$

Desempeño insuficiente, incumplimiento en ciertos parámetros. Se sugiere elaborar un plan de mejora, que incluya ajustes operacionales, mantenciones y capacitación.

** Nota: Si aumenta la cantidad de parámetros, cambian los puntajes, pero se mantienen los porcentajes. Esta misma lógica se considera para los otros niveles.*

A continuación, se presenta una tabla resumen para monitorear la evolución del funcionamiento de la PTAS que se está evaluando, basada en el cumplimiento y desempeño de parámetros, orientada a asegurar la operación correcta.

Frecuencia para realizar esta evaluación: 10 a 15 días.

Nota: los datos son referenciales y no representan mediciones reales. Lo ideal es lograr mantener el color verde.

Tabla 8.4 – Resumen y Evolución de evaluación cuantitativa de la PTAS [Nueva Propuesta]

Fecha de Evaluación	Puntuación Obtenida	% Obtenido	Color Semáforo
17-10-2025	1.5	38%	Rojo
27-10-2025	2.5	63%	Amarillo
7-11-2025	3.0	75%	Amarillo
17-11-2025	3.5	88%	Verde

Si la PTAS se categoriza como “Nivel Básico” se debe calificar la evaluación según las pautas de verificación visual del comportamiento de la PTAS presentadas en el apartado 7.2.2, específicamente las Tabla 7.2, Tabla 7.3 y Tabla 7.4.

Tabla 8.5 – Calificación de la evaluación según las pautas de verificación visual del Tanque de Aireación

Componente Unitario	Color	Cant. Espuma	Burbujeo
Tanque de Aireación 1	Café Chokolatoso	Poca	Normal
Tanque de Aireación 2	Claro	Mucha	Emergiendo

Resultado: - Tanque de Aireación 1: Operación Normal
 - Tanque de Aireación 2: Exceso de Aireación

Tabla 8.6 – Calificación de la evaluación según las pautas de verificación visual del Sedimentador Secundario

Componente Unitario	Color	Observación
Sedimentador Secundario 1	Superficie clara	-
Sedimentador Secundario 2	Oscuro	No se ve fondo de lodos, lodos flotantes

Resultado: - Sedimentador Secundario 1: Operación Normal
 - Sedimentador Secundario 2: Exceso de Aireación

Tabla 8.7 – Calificación de la evaluación según la verificación visual de la Desinfección

Componente Unitario	Color	Contiene Sólidos	Olor
Desinfección 1	Transparente	No	Terroso
Desinfección 2	Oscuro	No	Mohoso

Resultado: - Desinfección 1: Operación Normal
 - Desinfección 2: Exceso de Aireación

8.2 Evaluación Cualitativa

De acuerdo con los resultados de la planilla de la evaluación cualitativa (Anexo II de la guía), el porcentaje que evalúa el desempeño general de la planta, se determina de la siguiente forma:

Puntajes por categoría:

- Bueno (B) = 2 puntos
- Regular (R) = 1 punto
- Malo (M) = 0 punto

Por lo tanto, la fórmula de evaluación es:

$$\% \text{ evaluación} = \left(\frac{2 * B + 1 * R + 0 * M}{2 * \text{Total de parámetros evaluados}} \right) * 100$$

Donde:

B = cantidad de parámetros en estado Bueno

R = cantidad de parámetros en estado Regular

M = cantidad de parámetros en estado Malo

1) Verde (> 80%)

Funcionamiento totalmente operativo, de forma continua. No presenta ningún tipo de irregularidad en procesos, equipos o registros.

2) Amarillo ($\geq 50\%$ y $\leq 80\%$)

Funcionamiento parcialmente operativo. Se evidencian problemas menores o intermitentes como presencia de ruidos extraños, daños leves en infraestructura, dosificación irregular, entre otros, que requieren de ajuste y seguimiento.

3) Rojo (< 50%)

Funcionamiento irregular o fuera de servicio. Existen fallas críticas como secciones no operativas, daños graves de infraestructura, dosificación discontinua o inexistente, entre otras, que exigen un plan de mejoras inmediatas.

A continuación, se presenta la tabla resumen con datos ilustrativos correspondientes a la calificación de la evaluación cualitativa.

Nota: los datos son referenciales y no representan mediciones reales. Lo ideal es lograr mantener el color verde.

Tabla 8.8 – Resumen de calificación de la evaluación cualitativa de la PTAS [Nueva Propuesta]

Fecha de Evaluación	% Evaluación	Color de Semáforo	Cantidad		
			Bueno	Regular	Malo
17-10-2025	40%	Rojo	5	10	20
17-12-2025	60%	Amarillo	10	15	10
17-02-2026	95%	Verde	20	15	0

Este enfoque permite monitorear la evolución de la infraestructura de la planta y ejecutar mejoras progresivas hasta llegar al color verde, que representa un funcionamiento totalmente operativo.

9 Análisis de Resultados con la Calificación propuesta como mejora de la Guía

En esta sección, se presenta un análisis de resultados de las localidades evaluadas, La Ñipa y Hierro Viejo, de acuerdo a las calificaciones con el método del semáforo propuestas como mejoras de la guía. Este análisis permite conocer el comportamiento operacional las PTAS en el momento de la evaluación y visitas a terreno, así como el color del semáforo asignado para cada una de ellas.

De acuerdo a la categorización establecida en la Tabla 7.1 del presente trabajo, se identifica que las localidades de La Ñipa y de Hierro Viejo pertenecen al nivel básico.

Tabla 9.1 – Caracterización PTAS de localidades de La Ñipa y Hierro Viejo

Característica	La Ñipa	Hierro Viejo
Instrumentos	Instrumentos simples	Instrumentos simples
Parámetros medidos	3	-
Muestreo Laboratorio	No se realiza	No se realiza
Registro de datos	Manual	-
Funcionamiento	Funcionamiento general con obs. Y pruebas rápidas	Funcionamiento general con observación
Caracterización	NIVEL BÁSICO	NIVEL BÁSICO

9.1 Análisis de resultados o calificación PTAS de La Ñipa

9.1.1 Evaluación cuantitativa

De acuerdo a la evaluación cuantitativa se tiene lo siguiente:

Tabla 9.2 – Evaluación de parámetros PTAS La Ñipa

Parámetro	Punto de Medición	Límite (DS 90/2001. Tabla N°1)	Valor Medición	Cumple / No Cumple /Desempeño
pH (in situ)	- Afluyente	6 – 8.5	-	-
	- Línea 1 de Tratamiento		7	-
	- Efluente línea 1		7	Cumple
	- Línea 2 de Tratamiento		6.5	-
	- Efluente línea 2		6.5	Cumple
Cloro Residual Libre	- Efluente final	0.5 mg/L	0.2 mg/L	Cumple

Parámetro	Punto de Medición	Límite (DS 90/2001. Tabla N°1)	Valor Medición	Cumple / No Cumple /Desempeño
Sólidos Sedimentables (SS)	- Tanque de Aireación 1	-	550 ml/l/h	Malo/Alerta
	- Sedimentador 1		< 50 ml/l/h	Regular
	- Tanque de Aireación 2		500 ml/l/h	Malo/Alerta
	- Sedimentador 2		< 50 ml/l/h	Regular
Turbiedad	- Efluente final	-	Nivel Alto	Malo/Alerta

Dado que esta localidad se encuentra en el nivel básico, en el cual solo se sugiere la medición de cuatro parámetros, el pH y el cloro residual libre cumplen con el límite máximo establecido.

Por otro lado, la turbiedad y los sólidos sedimentables presentan un mal desempeño. En la turbiedad se observa un color marrón opaco con sólidos visibles en movimiento y los sólidos sedimentables registran mediciones mayores a 500 ml/l/h, lo que corresponde a un nivel “malo” de acuerdo a los criterios presentados en la Tabla 8.3.

Considerando estos análisis, a pesar de que se cumplen dos parámetros relevantes, los dos restantes presentan incumplimientos significativos, por lo que se debe priorizar acciones correctivas sobre estos parámetros.

De acuerdo a la calificación de estos parámetros se presentan los siguientes resultados:

Tabla 9.3 – Calificación de parámetros PTAS La Ñipa

Fecha de Evaluación	Puntuación Obtenida	% Obtenido	Color Semáforo
29-05-2025	2	50%	Rojo

Lo que representa un desempeño insuficiente, incumplimiento en ciertos parámetros. Se sugiere elaborar un plan de mejora, que incluya ajustes operacionales, mantenciones y capacitación.

Como esta localidad pertenece al nivel básico, se evalúan las componentes unitarias de acuerdo a las pautas de verificación visual del comportamiento de la PTAS presentadas en el apartado 7.2.2, específicamente las Tabla 7.2, Tabla 7.3 y Tabla 7.4.

La versión mejorada de la guía incluye sugerencias de mejoras respecto a la operación observada en cada componente unitaria. Por ello, en los resultados se presentarán recomendaciones específicas para optimizar la operación de cada uno de estos componentes.

Tabla 9.4 – Evaluación de tanque de aireación PTAS La Ñipa

Componente Unitario	Color	Cant. Espuma	Burbujeo
Tanque de Aireación 1	Café Chokolatoso	Poca	Normal
Tanque de Aireación 2	Claro	Mucha	Emergiendo

Resultado: - Tanque de Aireación 1: Operación Normal
 - Tanque de Aireación 2: Exceso de Aireación

Tabla 9.5 – Evaluación sedimentador secundario PTAS La Ñipa

Componente Unitario	Color	Observación
Sedimentador Secundario 1	Superficie clara	-
Sedimentador Secundario 2	Oscuro	No se ve fondo de lodos, lodos flotantes

Resultado: - Sedimentador Secundario 1: Operación Normal
 - Sedimentador Secundario 2: Exceso de Aireación

Tabla 9.6 – Evaluación del sector de desinfección PTAS La Ñipa

Componente Unitario	Color	Contiene Sólidos	Olor
Desinfección 1	Transparente	No	Terroso
Desinfección 2	Oscuro	No	Mohoso

Resultado: - Desinfección 1: Operación Normal
 - Desinfección 2: Exceso de Aireación

Recomendación: Debido a que toda la línea 2 de tratamiento presenta un exceso de aireación, la guía recomienda que se debe reducir la cantidad de aire que ingresa al tanque de aireación, para regular todos los procesos o bien, se debe revisar si existe alguna rotura o fisura en difusores.

9.1.2 Evaluación cualitativa

De acuerdo a la evaluación cualitativa que se presentó en la Tabla 5.9, realizada el día 29-05-2025, se tiene el siguiente resumen:

Tabla 9.7 – Resumen evaluación cualitativa PTAS La Ñipa

	Nº de componentes evaluadas	Bueno	Regular	Malo
Cantidad	40	23	13	4

Para calcular el porcentaje de evaluación se debe realizar de la siguiente forma:

Puntajes por categoría:

- Bueno (B) = 2 puntos
- Regular (R) = 1 punto
- Malo (M) = 0 punto

Teniendo en cuenta estos porcentajes, se tiene que la fórmula de evaluación es:

$$\% \text{ evaluación} = \left(\frac{2 * B + 1 * R + 0 * M}{2 * \text{Total de parámetros evaluados}} \right) * 100$$

$$\% \text{ evaluación} = \left(\frac{2 * 23 + 1 * 13 + 0 * 4}{2 * 40} \right) * 100 = 73.75 \%$$

Se realizó una segunda visita a terreno el día 28-08-2025, donde se registraron algunas mejoras con respecto a los equipos y rutinas de limpieza. Se realizó el arreglo de sopladore y difusores y se realizaron mantenciones al sedimentador primario y estación elevadora. Si bien las rutinas de limpieza no se consideran como un criterio formal dentro de las metodologías de evaluación, permite mejorar el desempeño general de la planta.

Considerando estas mejoras, aumento el porcentaje de evaluación a un 77.5 %.

Por lo tanto, se tiene lo siguiente:

Tabla 9.8 – Calificación de evaluación cualitativa PTAS La Ñipa

Fecha de Evaluación	% Evaluación	Color de Semáforo	Cantidad		
			Bueno	Regular	Malo
29-05-2025	73.75%	Amarillo	23	13	4
28-08-2025	77.5 %	Amarillo	23	16	1

Por lo tanto, considerando el análisis de resultados cualitativo, La Ñipa se encontraba en el color amarillo, lo cual indica que el desempeño es regular y se requieren ajustes y seguimientos en ciertos parámetros y componentes unitarios.

9.2 Análisis de resultados o calificación PTAS de Hierro Viejo

9.2.1 Evaluación cuantitativa

En este caso, la localidad de Hierro Viejo no registra mediciones de ningún tipo de parámetro, por lo cual la calificación cuantitativa no se puede realizar, correspondiendo a un estado desfavorable, lo que indica un mal desempeño y condición de alerta, donde se necesita un plan de mejoras inmediatas.

9.2.2 Evaluación cualitativa

De acuerdo a la evaluación cualitativa que se presentó en la Tabla 6.4, de dicho trabajo, se tiene el siguiente resumen:

Tabla 9.9 – Resumen evaluación cualitativa PTAS Hierro Viejo

	Nº de componentes evaluadas	Bueno	Regular	Malo
Cantidad	46	17	7	22

Para calcular el porcentaje de evaluación se debe realizar de la siguiente forma:

Puntajes por categoría:

- Bueno (B) = 2 puntos
- Regular (R) = 1 punto
- Malo (M) = 0 punto

Teniendo en cuenta estos porcentajes, se tiene que la fórmula de evaluación es:

$$\% \text{ evaluación} = \left(\frac{2 * B + 1 * R + 0 * M}{2 * \text{Total de parámetros evaluados}} \right) * 100$$

$$\% \text{ evaluación} = \left(\frac{2 * 17 + 1 * 7 + 0 * 22}{2 * 46} \right) * 100 = 44.5 \%$$

No se realizó una posterior visita a terreno, ya que, según lo indicado por el operador, no se disponen de recursos necesarios para arreglar y/o mejorar las componentes unitarias en problemas, ni para realizar las muestras requeridas para evaluar la calidad de tratamientos y aguas residuales afluentes.

9.3 Análisis de resultados o calificación de PTAS de la región del Maule

Para evaluar la aplicabilidad de esta nueva versión de la guía, se realizaron visitas a PTAS de la región del Maule, ubicadas en la comuna de Curicó. Sin embargo, solo una de estas accedió a compartir sus registros y participar en este estudio.

9.3.1 PTAS El Porvenir – Zapallar

El Porvenir, es una aldea en Curicó, Región del Maule y está compuesta por 65 viviendas aproximadamente. El Porvenir se encuentra cerca de Mas Sport Zapallar en el kilómetro 4.3 aproximadamente.



Imagen 9.1 – Ubicación sector El Porvenir



Imagen 9.2 – Ubicación de la PTAS El Porvenir.

Esta aldea cuenta con una planta de tratamientos de aguas servidas (PTAS) en base a lodos activados compuesta por una línea de tratamiento. La planta se encuentra ubicada en la zona sur de la aldea, colindante con la Ruta J-615.



Imagen 9.3 – PTAS El Porvenir



Imagen 9.4 – PTAS El Porvenir – Sala de cloración



Imagen 9.5 – Cancha de secado y cámaras de gruesos y finos de PTAS El Porvenir

De acuerdo a la categorización establecida en la Tabla 7.1 del presente trabajo, se identifica que la PTAS del sector de El Porvenir pertenece al nivel básico. A continuación, se presentan las características del funcionamiento y operación de esta planta de tratamiento.

Tabla 9.10 – Caracterización PTAS de El Porvenir

Característica	El Porvenir
Instrumentos	Instrumentos simples
Parámetros medidos	2 (el operador se encarga solamente de medir el cloro residual y sólidos sedimentables (cono Imhoff))
Muestreo Laboratorio	Por el momento no se realizan muestreos en laboratorios, pero a partir de enero comienzan a realizar los muestreos junto con los análisis de AP en laboratorio. El cual se realiza cada 3, 6 y 12 meses.
Registro de datos	Manual
Funcionamiento	Funcionamiento general con obs. Y pruebas rápidas. (luego apoyo ocasional de laboratorios)
Caracterización	NIVEL BÁSICO

Una vez que se inicie los análisis de muestreos mediante laboratorio, esta PTAS pasará a un nivel intermedio, ya que contará con el control de un mayor número de parámetros.

9.3.1.1 Evaluación cuantitativa

Tabla 9.11 – Evaluación de parámetros PTAS El Porvenir

Parámetro	Punto de Medición	Límite (DS 90/2001. Tabla N°1)	Valor Medición	Cumple/ No Cumple/ Desempeño
pH (in situ)	- Afluente	6 – 8.5	-	-
	- Efluente		-	-
Cloro Residual Libre	- Efluente final	0.5 mg/L	Varía	Cumple
Sólidos Sedimentables (SS)	- Tanque de Aireación	-	-	No se puede determinar, ya que no se realizan registros continuos.
	- Sedimentador		-	
Turbiedad	- Efluente final	-	Bajo	Bueno

Se realizan muestreos de sedimentabilidad mediante conos Imhoff, como se muestran en la Imagen 9.6. Según lo indicado por el operador, cuando se alcanzan valores sobre los 600 ml/l/h se procede a extraer el lodo a secado. Sin embargo, no realizan registros continuos sobre este ensayo, por lo no es posible determinar el desempeño de estos parámetros.

De acuerdo a la Imagen 9.6 y los criterios de análisis de sólidos sedimentables en la Tabla 8.3, valores entre los 200 y 500 ml/l/h corresponden a una calidad de lodos con desempeño regular.



Imagen 9.6 – Ensayos de sedimentabilidad realizados en la PTAS de El Porvenir

- Cloro Residual Libre (muestras de tres meses)

Para medir el cloro se utilizan sobres de DPD para cloro libre (el reactivo que se utiliza es DPD (N,N-Dietil-p-fenilendiamina)). Se añade el reactivo a una muestra tomada desde la cámara de contacto y mediante un kit colorimétrico, se compara el color obtenido con la escala del fabricante para determinar la concentración de cloro.

Tabla 9.12 – Registro de mediciones de cloro residual en el efluente de la PTAS

Nº	Fecha inicio ensayo	Lugar de muestreo	Resultado	Nº	Fecha inicio ensayo	Lugar de muestreo	Resultado
1	05/08/25	Efluente	0.3 mg/l	18	12/09/25	Efluente	0.4 mg/l
2	07/08/25	Efluente	0.4 mg/l	19	14/09/25	Efluente	0.3 mg/l
3	09/08/25	Efluente	0.3 mg/l	20	16/09/25	Efluente	0.2 mg/l
4	10/08/25	Efluente	0.2 mg/l	21	18/09/25	Efluente	0.3 mg/l
5	14/08/25	Efluente	0.3 mg/l	22	21/09/25	Efluente	0.3 mg/l
6	16/08/25	Efluente	0.1 mg/l	23	24/09/25	Efluente	0.3 mg/l
7	19/08/25	Efluente	0.2 mg/l	24	26/09/25	Efluente	0.3 mg/l
8	22/08/25	Efluente	0.3 mg/l	25	28/09/25	Efluente	0.3 mg/l
9	24/08/25	Efluente	0.3 mg/l	26	30/09/25	Efluente	0.2 mg/l
10	25/08/25	Efluente	0.3 mg/l	27	01/10/25	Efluente	0.3 mg/l
11	28/08/25	Efluente	0.4 mg/l	28	04/10/25	Efluente	0.3 mg/l
12	30/08/25	Efluente	0.3 mg/l	29	06/10/25	Efluente	0.3 mg/l
13	01/09/25	Efluente	0.1 mg/l	30	08/10/25	Efluente	0.4 mg/l
14	04/09/25	Efluente	0.3 mg/l	31	09/10/25	Efluente	0.1 mg/l
15	06/09/25	Efluente	0.3 mg/l	32	12/10/25	Efluente	0.2 mg/l
16	08/09/25	Efluente	0.4 mg/l	33	14/10/25	Efluente	0.3 mg/l
17	10/09/25	Efluente	0.3 mg/l				

Para medir este parámetro se consideran entre 12 a 14 muestras por mes. Se observa que el valor varía entre 0.1 y 0.4 [mg/l] lo cual está bajo el límite máximo considerado de 0.5 mg/L.

Considerando estos análisis, a pesar de que se cumple el cloro residual y la turbiedad presenta un buen desempeño, es necesario llevar un registro constante de los ensayos de sedimentabilidad, con el fin de contar datos respaldados. En cuanto al parámetro de pH, se debe implementar su medición para conocer la calidad del agua que esta entrenado a la planta.

De acuerdo a la calificación de estos parámetros se presentan los siguientes resultados:

Tabla 9.13 – Calificación de parámetros PTAS El Porvenir

Fecha de Evaluación	Puntuación Obtenida	% Obtenido	Color Semáforo
07-11-2025	2	50%	Rojo

Como esta localidad pertenece al nivel básico, se evalúan las componentes unitarias de acuerdo a las pautas de verificación visual del comportamiento de la PTAS presentadas en el apartado 7.2.2, específicamente las Tabla 7.2, Tabla 7.3 y Tabla 7.4.

Tabla 9.14 – Evaluación de tanque de aireación PTAS El Porvenir

Componente Unitario	Color	Cant. Espuma	Burbujeo
Tanque de Aireación	Café Chokolatoso	Poca	Normal

Resultado: - Tanque de Aireación: Operación Normal

Tabla 9.15 – Evaluación de sedimentador secundario PTAS El Porvenir

Componente Unitario	Color	Observación
Sedimentador Secundario	Superficie clara	-

Resultado: - Sedimentador Secundario: Operación Normal

Tabla 9.16 – Evaluación del sector de desinfección PTAS El Porvenir

Componente Unitario	Color	Contiene Sólidos	Olor
Desinfección	Transparente	No	Terroso

Resultado: - Desinfección: Operación Normal



Imagen 9.7 – Tanque de Aireación

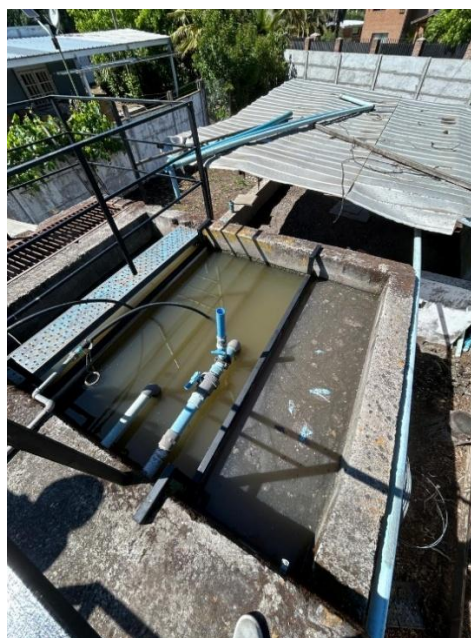


Imagen 9.8 – Sedimentador Secundario



Imagen 9.9 – Sector de desinfección – cámara de cloración

9.3.2 Evaluación cualitativa

De acuerdo a la evaluación cualitativa se tiene lo siguiente:

Tabla 9.17 – Evaluación cualitativa de los componentes de la PTAS El Porvenir

Componentes del Sistema	Nº	Bueno	Regular	Malo	Observación
1. Obras Civiles					
Cámara de Rejas	2	B			
Estación Elevadora	1	B			
Almacenamiento Lodos	1	B			
Estanque de Aireación	1	B			
Sedimentador Secundario	1	B			
Sector Cloración	1	B			
Evacuador	1	B			
Cancha de Secado de Lodos	1	B			
2. Tratamiento Preliminar					
Cámara rejas Fijas	1	B			Se realiza limpieza todos los días
Cámara rejas Gruesas	1	B			Se realiza limpieza todos los días
3. Planta Elevadora de Aguas Servidas					
Bombas de elevación	1	B			
Sensor de nivel	1	B			
4. Tratamiento Secundario					
Equipo de Sopladores	2	B			Ambos operativos, se realiza mantenimiento constantemente.

Componentes del Sistema	Nº	Bueno	Regular	Malo	Observación
Aireación por difusión – Parrilla de difusores	4		R		Solo una línea presenta burbujeo deficiente. (Considerar 3B y 1 R)
5. Sedimentación secundaria					
Bombas de recirculación	1	B			
6. Desinfección – Cloración					
Estanque de contacto	1	B			
Dosificación de Hipoclorito de Sodio	1	B			
7. Acumulación de lodos					
Aireación por difusión – Parrilla de difusores	2	B			
8. Manejo y disposición de lodos					
Cancha de secado	1			M	No se tiene la tubería habilitada para que llegue el lodo a este sector, se debe trasladar el lodo manualmente
9. Otros					
Equipo Electrógeno	1	B			
TOTAL	26	24	1	1	

Observación:

- La planta no cuenta con pasarela que permita recorrer de forma segura todos los procesos, lo que compromete la seguridad del operador y podría comprometer la correcta operación de la planta.

En resumen, se tiene lo siguiente:

Tabla 9.18 – Resumen evaluación cualitativa PTAS El Porvenir

	Nº de componentes evaluadas	Bueno	Regular	Malo
Cantidad	26	24	1	1

Para calcular el porcentaje de evaluación se debe realizar de la siguiente forma:

Puntajes por categoría:

- Bueno (B) = 2 puntos
- Regular (R) = 1 punto
- Malo (M) = 0 punto

Teniendo en cuenta estos porcentajes, se tiene que la fórmula de evaluación es:

$$\% \text{ evaluación} = \left(\frac{2 * B + 1 * R + 0 * M}{2 * \text{Total de parámetros evaluados}} \right) * 100$$

$$\% \text{ evaluación} = \left(\frac{2 * 24 + 1 * 1 + 0 * 1}{2 * 26} \right) * 100 = 94.23 \%$$

Por lo tanto, se tiene lo siguiente:

Tabla 9.19 – Calificación de evaluación cualitativa PTAS El Porvenir

Fecha de Evaluación	% Evaluación	Color de Semáforo	Cantidad		
			Bueno	Regular	Malo
07-11-2025	94.23%	Verde	24	1	1

Por lo tanto, considerando el análisis de resultados tanto cuantitativo como cualitativo, la PTAS de El Porvenir presenta una buena infraestructura y una mantención adecuada en términos generales. Sin embargo, al momento de evaluar la calidad de agua que ingresa y sale de la planta, esto no es posible debido a la falta de instrumentos y registros necesarios, lo que requiere la necesidad de implementar ajustes y seguimientos a ciertos parámetros.

Es importante mencionar que, luego de esta visita, se entregó al presidente de la APR y al operador un informe técnico, detallando lo que se encuentra en buen estado y algunas sugerencias orientadas a mejorar la operación de la PTAS. Entre ellas, se recomienda incorporar instrumentos simples como tiras reactivas de pH, para evaluar la calidad del agua que ingresa y un caudalímetro que permita conocer con mayor precisión el caudal a tratar.

10 Estudio de caso 3: El Sobrante (sin PTAS)

10.1 Descripción general

El Sobrante es una localidad rural ubicada en la región de Valparaíso, en la comuna de Petorca. Esta localidad está situada en la precordillera, en la ribera norte del Río Sobrante y constituye la localidad terminal de la cuenca del Río Petorca. Se accede desde Chincolco por la ruta E-35 y después por la E-375.

La principal actividad económica escrita agrícola y en los últimos años se ha comenzado a explotar además su potencial como destino atractivo para el ecoturismo y el turismo rural, por estar en la cercanía de petroglifos y otros sitios arqueológicos, del Camino del Inca y de la ruta Sendero de Chile. [9]

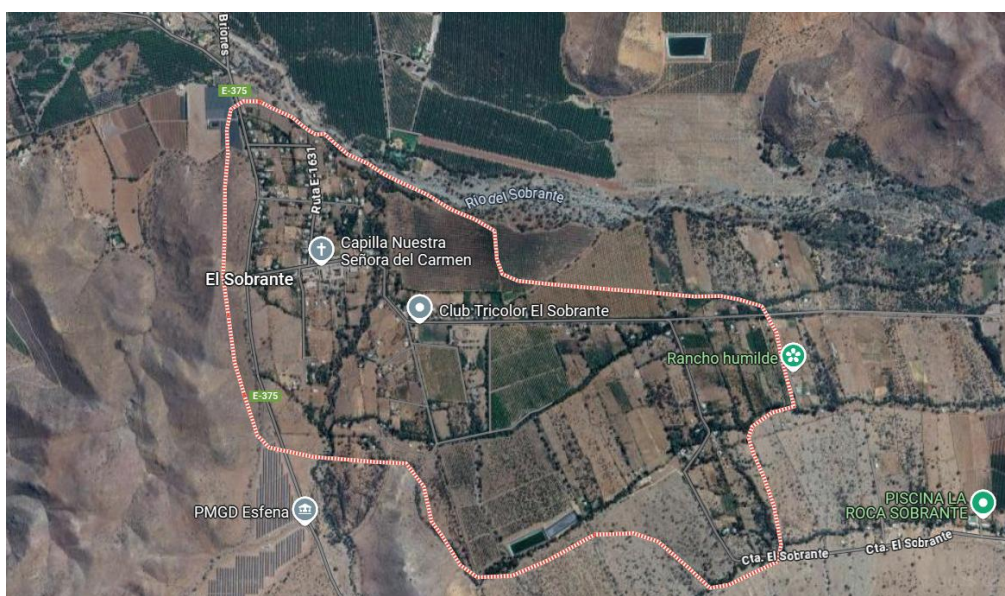


Imagen 10.1 – Localidad de El Sobrante

10.2 Recopilación de antecedentes

De acuerdo con la información brindada por la presidenta de la APR de El Sobrante, se tienen los siguientes antecedentes:

Tabla 10.1 – Resumen de antecedentes generales de la localidad de El Sobrante

Pregunta/Parámetro	Respuesta/Observación
Fecha de visita a terreno	29-05-2025
Nombre del entrevistado	Lucia Castro (Presidenta APR)
Nombre de la cooperativa/comité	Comité de Agua Potable Rural El Sobrante
Entidad responsable del servicio de AS (Comité, Cooperativa, Municipio)	Comité
Existencia de alcantarillado (si/no)	No, cada vivienda tiene su sistema propio
Número de uniones domiciliarias	198
Consumo mensual (zona baja)	2227 m ³

10.3 Condiciones actuales de saneamiento

Actualmente, para la extracción del agua, se cuenta con un pozo profundo de 97 m de profundidad y una noria de 14 m de profundidad con un diámetro de 3 m. No obstante, durante los periodos de sequía pasado, fue necesario recurrir al apoyo de camiones aljibes para garantizar el abastecimiento de los estanques de acumulación de agua potable.

Adicionalmente, se está realizando el estudio del proyecto “Diseño de ingeniería de la reposición del sistema sanitario rural El Sobrante”, que busca mejorar el abastecimiento de agua potable para localidad. Sin embargo, en lo que respecta al saneamiento, hasta el momento no se han desarrollado proyectos para el sector.

Hoy en día cada vivienda tiene su sistema particular para la evacuación de las aguas residuales, principalmente a través de fosas sépticas en el caso de las descargas de inodoros. En cuanto a las aguas grises provenientes de lavamanos, duchas, lavadora y lavaplatos, suelen desecharse directamente en la naturaleza o reciclarse para riego.

Durante la visita, la presidenta del APR comentó que, en el caso de implementarse un sistema de tratamiento de aguas servidas en la localidad, el alcantarillado solo debería abarcar la parte baja de la localidad que es donde se concentra la mayor parte de la población, ya que se trata de una zona con una población bastante dispersa. A continuación, en color verde, se destaca la zona baja de la localidad de El Sobrante.



Imagen 10.2 – Sector bajo de la localidad de El Sobrante

En este sector bajo, se encuentran aproximadamente 90 viviendas, una sociedad agrícola y ganadera, una iglesia, un colegio, una sede se junta de vecino, una sede adulto mayor, un club deportivo, y una multicancha. Considerando a toda esta la población, se estima un consumo mensual de agua de aproximadamente 2227 [m³].

10.4 Propuesta de sistema de tratamiento para localidad sin PTAS

10.4.1 Selección de tecnología ideal: Humedales Construidos

A continuación, en la Tabla 10.2 se presenta un resumen de las eficiencias de remoción de contaminantes de los sistemas de tratamiento de aguas servidas descritos en el apartado 5.3.

Tabla 10.2 – Resumen eficiencias de remoción de las tecnologías – Tabla N°53 del Estudio de Soluciones Sanitarias para el Sector Rural 2018.

Sistema de Tratamiento	Porcentaje de Remoción (%)				
	DBO	Nitrógeno	Fósforo	Sólidos Suspendidos	Coliformes Fecales
Lagunas de Estabilización Facultativa	70 – 90	40 – 50	20 – 60	•	60 – 90
Lagunas Anaeróbicas	70 – 90	•	•	•	•
Humedales	80 – 90	50 – 70	50 – 70	70 – 90	60 – 99
Lodos Activados	90 – 95	15 – 30 (1) 70 – 95 (2)	10 – 25 (3) 70 – 90 (4)	90 – 95	60 – 90
Lagunas Aireadas a mezcla completa	50 – 60 80 – 90 (5)	•	•	•	90 – 99
Lagunas Aireadas Multicelulares	50 – 60 80 – 90	•	•	•	90 – 99
Lagunas Facultativas	70 – 80	•	•	•	60 – 90
Biofiltro	70 – 90	10 – 30	30 – 50	80 – 90	60 – 99
Biodiscos	70 – 90	10 – 30	30 – 50	80 – 90	60 – 99
Lombrifiltros	75 – 90	60 – 70	60 – 80	80 – 90	60 – 99

(1) Tratamiento secundario convencional

(2) Incluyendo desnitrificación

(3) Tratamiento secundario convencional

(4) Incluyendo remoción combinada de N y P o remoción química de fósforo

(5) Incluyendo laguna de sedimentación

Desde la tabla comparativa se observa que los distintos sistemas de tratamiento presentan eficiencias variables en la remoción de parámetros críticos como DBO, Nitrógeno, Fósforo, Sólidos Suspendidos y Coliformes Fecales. Sin embargo, además de este porcentaje de remoción, es necesario considerar otros factores para determinar su implementación en una determinada zona rural, como por ejemplo los costos asociados tanto de inversión inicial como de mantenimiento y operación, la disponibilidad de terreno y el nivel técnico requerido.

En este contexto, los sistemas de lodos activados, biofiltro, biodiscos y lombrifiltros ofrecen un buen desempeño en la remoción de parámetros, pero implican mayores costos de mantención e implementación, necesidad de equipos mecánicos y una mayor frecuencia de mantenimiento, criterios que dificultan garantizar un buen desempeño en localidades rurales con recursos limitados.

Por otro lado, las lagunas de estabilización, aunque presenten una baja complejidad operativa y una alta eficiencia de remoción de parámetros, requieren grandes áreas de superficie, lo cual no siempre puede ser favorable para zonas con espacios reducidos.

En consecuencia, considerando este análisis y las características particulares de El Sobrante, que corresponde a un sector rural con una población reducida (análisis limitado a la zona baja), recursos limitados para operación y mantención y la falta de personal capacitado para operar plantas complejas, la tecnología más adecuada para el tratamiento de aguas servidas corresponde a la implementación de humedales construidos.

De acuerdo a la Tabla 10.2 esta tecnología presenta altas eficiencias de remoción de parámetros críticos como DBO5 (80-90%), Nitrógeno (50-70%), Fósforo (50-70%), Sólidos Suspendidos (70-90%) y Coliformes Fecales (60-99%).

A continuación, se presenta un cuadro comparativo con variables claves a la hora de elegir entre un sistema de lodos activados (sistema actual presente en las localidades de Petorca) y uno de humedales construidos (tecnología adecuada para esta localidad).

Toda la información relacionada con humedales construidos que se concluye en esta tabla se encuentra en “Humedales Construidos, Diseño y Operación 2018” [13] y lo relacionado a Lodos Activados se encuentra en “Estudio de Soluciones Sanitarias para el Sector Rural 2018” [4].

Tabla 10.3 – Cuadro comparativo entre sistemas de tratamiento de lodos activados y humedales construidos

Criterio	Lodos Activados	Humedales Construidos
Funcionamiento	Es un proceso biológico aeróbico, con cultivo en suspensión, que transforma la materia orgánica en flóculos que son removidos por sedimentación.	Tratamiento biológico natural a través del metabolismo de las plantas macrófitas, microorganismos y medios filtrantes.
Costo de inversión inicial	Alto. Sistema altamente mecanizado que requiere equipo especializado.	Bajo a medio, dependiendo del tipo de terreno que se tenga y el tipo de humedal a utilizar.
Costo de operación y mantenimiento	Alto. El costo de operación se asocia principalmente a los requerimientos de oxígeno (aireación continua). Además, si hay fallas en equipos (bombas, difusores, sopladores)	Bajo. Se debe verificar el buen estado de las plantas y eliminar maleza, limpieza de tanque de sedimentación o fosa séptica, control del nivel de agua según estación, regeneración en caso

Criterio	Lodos Activados	Humedales Construidos
	incrementan los gastos de mantenimientos o remplazos.	de obstrucción y limpieza de canales o tuberías.
Consumo energético	Alta. Requiere suministro constante de electricidad para aireación y bombeo continuo.	Bajo o Nulo. Este sistema puede funcionar sin electricidad.
Comportamiento ante fallas o cortes de energía	Perdida de biomasa si se generan cortes eléctricos o variaciones de cargas, ya que se interrumpe la aireación.	Puede seguir funcionando con interrupciones temporales.
Eficiencia de remoción de materia orgánica (%)	Superiores a 90%	54–88% Flujo superficial. 65–95% Flujo subsuperficial horizontal. 30–95% Flujo subsuperficial vertical.
Mano de obra y nivel técnico requerido	Alto. Requiere personal capacitado para la operación, mantención de componentes unitarias y control de parámetros.	Bajo. Puede ser operado por personal con capacitación básica.
Superficie requerida	No se tiene un valor específico, pero depende del caudal de diseño y de la carga orgánica afluente. (En general se tienen superficies menores a los Humedales)	5 a 10 m ² por persona. (Depende del caudal de diseño y la carga orgánica afluente.)
Beneficios Ambientales	Reduce los contaminantes en un 90%, sin embargo, no presenta muchos beneficios, debido a su gran infraestructura, al alto consumo energético y al ruido emitido por los equipos, lo que hace necesario implementar insonorización, lo que implica un costo adicional.	Mejora la calidad ambiental, creación y restauración de nichos ecológicos, mejora paisajística y fuente de agua en procesos de reutilización de aguas residuales para riego.
Adaptación en zona rural	Bajo. Necesita personal capacitado, grandes costos de mantención y operación.	Alto. No requiere de personal capacitado, por la simplicidad de la tecnología y sus costos de mantención y operación son bajos.

De acuerdo a este análisis, se evidencia que, en contextos rurales como El Sobrante, los Humedales Construidos, representan una alternativa, económica, sostenible en el tiempo y beneficiosa ambientalmente con respecto al sistema de Lodos Activados, que requiere mayores costos, personal capacitado y acceso a energía constante. Es por esto, que a continuación se presenta una configuración de propuesta de lo que podría implementarse en el caso de que se considerara la construcción de un sistema de tratamiento en base a Humedales Construidos.

10.4.2 Configuración propuesta del sistema en base a humedales construidos

Los sistemas de Humedales Construidos están formados por tres unidades de procesos; pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario (los humedales propiamente). [25]

10.4.2.1 Pretratamiento

El pretratamiento está formado por todos aquellos procesos que se sitúan al inicio del sistema de depuración, y cuya función consiste en eliminar sólidos gruesos (piedras, ramas, plásticos, etc.), grasas y arenas que pueden dañar o interferir en los procesos posteriores. [25]

Para una población menor a 2000 habitantes, el pretratamiento más recomendado consta de un canal, donde se encuentran de manera continua, una zona donde se ubica un aliviadero de exceso de caudal, luego una reja de gruesos y/o finos y por último una zona de desarenador. [25]

- **Aliviadero de entrada**

Este tipo de estructura cumple un rol fundamental en una planta de tratamiento, ya que ayuda a evitar que un exceso de caudal sobrecargue las instalaciones que reciben aguas provenientes del alcantarillado. Generalmente consiste de una arqueta de planta rectangular que, al alcanzar un cierto nivel de agua, desvía el caudal sobrante hacia un canal lateral, pasando únicamente por una reja.

- **Canal de desbaste (Rejas)**

En este proceso se retienen los sólidos grandes mediante su intercepción con rejas, con separación entre barrotes de 50 a 100 mm, de limpieza automática para poblaciones mayores a 500 habitantes y de forma manual para menos habitantes, debiendo inspeccionar la instalación mínimo 2 veces a la semana. [25]

Si la reja llegara a obstruirse, el aliviadero de entrada entra en funcionamiento para evitar posibles inundaciones. En esta situación, la mayor parte del caudal no alcanzará a ingresar al sistema de depuración hasta que no se realice una limpieza de las rejas.

- **Desarenador**

Este tipo de desarenador, denominado de flujo horizontal, es lo más habitual en plantas de tratamiento de tamaño pequeño. [25] El desarenador permite separar las materias pesadas de granulometría superior a 200 μm evitando su sedimentación en los canales y conducciones, protegiendo de la abrasión y previniendo sobrecargas en las fases de tratamiento siguientes. [25] Es importante mencionar, que la extracción de las arenas se realiza de forma manual cada 4 o 5 días.

10.4.2.2 Tratamiento primario

El principal objetivo de este tratamiento es reducir la materia en suspensión presente en el agua residual, con el propósito de reducir y retrasar el proceso de la colmatación de los sistemas de humedales. [25] Normalmente se utilizan fosas sépticas o tanques Imhoff. Las fosas sépticas suelen utilizarse para comunidades de hasta 200 habitantes. En cambio, los tanques Imhoff se recomiendan para comunidades de 200 a 500 habitantes.

Por lo tanto, de acuerdo a la población de la zona baja de la localidad de El Sobrante que aproximadamente son 270 habitantes, se utilizaría un tanque Imhoff.

- **Tanque Imhoff**

También conocido como tanque decantador-digestor, se puede considerar como una modificación de la fosa séptica convencional, donde las zonas de decantación y de digestión están separadas, una encima de la otra. [25]

La geometría del tanque depende del número de habitantes a los que presta el servicio. En sistemas de hasta 500 habitantes, es común utilizar tanques de planta circular, cuadrada o rectangular con un único punto de extracción de fangos. Si la población es mayor, se suelen empelar tanques rectangulares con dos o más puntos de extracción dependiendo de la capacidad que se requiera.

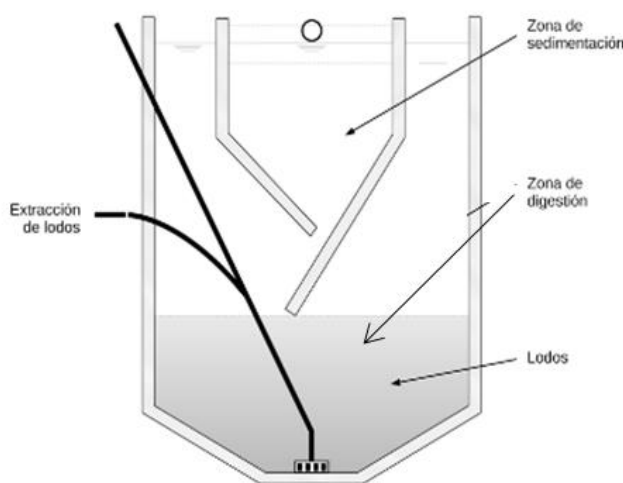


Imagen 10.3 – Sección transversal de un tanque Imhoff. [26]

En lo referente a los rendimientos de depuración que se alcanzan en los tanques Imhoff, estos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 10.4 – Rendimiento de depuración de Tanque Imhoff

Parámetro	Reducción (%)
Sólidos en suspensión	55 – 65
DBO ₅	25 – 35
DQO	20 – 30
NT	–
PT	–
Coliformes Fecales (reducción u. log.)	0 – 1

10.4.2.3 Tratamiento secundario

- **Humedales construidos**

El funcionamiento de los humedales construidos también conocidos como humedales artificiales se basa en la acción conjunta de las plantas y las comunidades bacterianas que habitan en sus raíces. A través de las interacciones físicas, químicas y biológicas entre el agua, el suelo, la vegetación y los microorganismos, permiten reducir el contenido de materia orgánica, nutrientes y sustancias tóxicas presentes en diversos influentes. [13]

De acuerdo al tipo de circulación de agua, los humedales construidos se clasifican en flujo superficial o en flujo subsuperficial como se observa en la siguiente figura:

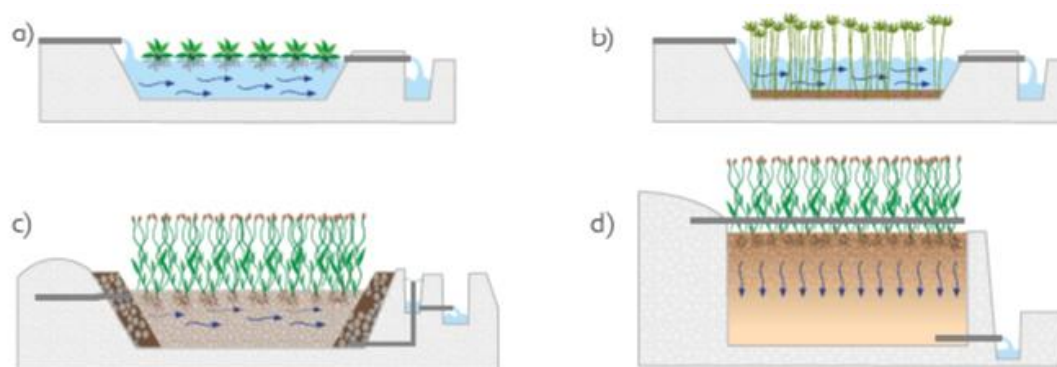


Imagen 10.4 – Tipos de humedales construidos según el tipo de flujo predominante en los lechos: a) Humedal de flujo horizontal superficial, b) Humedal de flujo horizontal superficial, c) Humedal de flujo horizontal subsuperficial, d) Humedal de flujo vertical subsuperficial. Fuente: [13]

Un humedal de flujo subsuperficial tiene una mayor capacidad de tratamiento admitiendo mayor cantidad de carga orgánica, tienen un bajo riesgo de contacto del agua con las personas y de aparición de insectos. [25]

Los humedales con flujo horizontal subsuperficial son efectivos eliminando sólidos en suspensión para la reducción de materia orgánica teniendo como límite la capacidad de transferencia de oxígeno y nitrificación, ya que no se dan las condiciones ambientales.

Los humedales con flujo vertical subsuperficial son efectivos eliminando sólidos en suspensión y materia orgánica, además de promover el mecanismo de la nitrificación, pero no el de desnitrificación. [13]

Por lo tanto, la disposición de los humedales dependerá de los objetivos del tratamiento, de las características del agua a tratar, de las condiciones de operación y de la disponibilidad económica.

10.4.2.4 Desinfección

Desinfectar el efluente de una planta de tratamiento de agua residual es clave para proteger la salud humana. Para reducir al máximo los microorganismos patógenos, se han desarrollado tecnologías como el uso de membranas de filtración, aplicación de radiación ultravioleta y procesos químicos, entre los que destacan el uso del ozono y compuestos del cloro. [27]

Las tecnologías como membranas de filtración u ozono son eficaces en la remoción de virus, bacterias y protozoos, pero suelen presentar altos costos de inversión y operación con respecto a los procesos de cloración. [27]

La cloración en cambio, destaca por su simplicidad operativa, bajo costo y operación, y puede realizarse mediante distintas formas de cloro, como el gas o el hipoclorito, siendo este último el más adecuado para sistemas de menor población. La instalación de una cámara de contacto es indispensable para asegurar el tiempo de retención necesario para una desinfección efectiva.

En resumen, la configuración de diseño de este sistema de tratamiento estará conformado por los siguientes componentes:

- 1) Pretratamiento:
 - Aliviadero de entrada
 - Reja de gruesos y de finos
 - Desarenador
- 2) Tratamiento primario
 - Tanque Imhoff
- 3) Tratamiento secundario
 - Humedales de flujo subsuperficial horizontal
- 4) Desinfección
 - Cloración

11 Conclusiones

La evaluación y diagnóstico operacional de sistemas de tratamiento de aguas residuales en localidades del sector rural resultan claves para asegurar su funcionamiento continuo y protección de la salud pública. Sin embargo, no se le ha brindado el apoyo necesario, lo que se traduce en plantas con bajos niveles de control, recursos insuficientes y alta dependencia de operadores capacitados.

Frente a este escenario se desarrolló una versión mejorada de una guía elaborada por la SUBDERE, dado que la aplicación de la guía original en las localidades de estudio permitió identificar diversas fortalezas y debilidades. Entre las principales dificultades están la falta de instrumentos para medir parámetros esenciales, la ausencia de protocolos estandarizados de control y la poca flexibilidad de algunos requisitos diseñados para la operación ideal. En cuanto a las fortalezas, se comprueba que ciertos criterios y tablas se pueden aplicar con observaciones visuales y mediciones simples.

Esta guía mejorada se adapta a la realidad rural mediante niveles de diagnósticos, herramientas simples de terreno, criterios mínimos y orientaciones básicas para la capacitación de operadores. Un elemento clave de esta nueva guía es la calificación de evaluación cuantitativa (parámetros y evaluación visual) y cualitativa (estado de equipos e infraestructura de la planta) basada en el método del semáforo, entregando un porcentaje de desempeño asociado a un color de referencia por evaluación. Este enfoque permite monitorear la evolución de la PTAS en el tiempo, verificando si se requiere realizar mejoras o correcciones.

Al aplicar esta versión mejorada en las localidades con PTAS demostró ser una herramienta útil y práctica, ya que su estructura facilita la comprensión de los procedimientos y su aplicación en terreno, permitiendo a los operadores identificar de manera clara los problemas que se tienen en el momento de la evaluación, apoyando la toma de decisiones y la implementación de tareas simples a corto plazo orientadas a mejorar su desempeño.

Sin embargo, es difícil lograr grandes cambios debido a las limitaciones de recursos que enfrentan estas APR, situación que se presenta de forma generalizada en el sector rural. La incorporación de mejoras sustantivas, tanto en los registros de parámetros como en el mejoramiento de componentes unitarias, requiere de inversiones económicas que no todas las organizaciones pueden asumir.

Dicho lo anterior, el principal aporte de este trabajo radica en demostrar que incluso en contextos con recursos limitados es posible avanzar mediante mejoras graduales y sostenidas en el tiempo, ya que esta guía permite establecer rutinas básicas de limpieza y mantenimiento, ordenar y sistematizar la toma de datos y reforzar en los operadores la importancia del monitoreo constante de los sistemas, con el objetivo de mejorar progresivamente el funcionamiento de la PTAS y generar una base técnica que facilite a futuro la gestión de apoyo técnico o el acceso a financiamiento de mejoras de mayor alcance.

Bajo este mismo contexto de limitaciones, se hace necesario considerar alternativas para las localidades que no cuentan con sistema de tratamiento. En el caso de El Sobrante, los humedales

construidos se identifican como una opción más adecuada, al ofrecer bajos costos de operación y mantención, bajo requerimiento de personal capacitado y su adaptación ambiental.

A raíz de todas estas conclusiones, se tienen dos tareas pendientes. La primera es aplicar la guía mejorada en una PTAS durante un periodo más prolongado, de manera que sea posible evaluar su aplicación y confirmar su utilidad en función de las mejoras que puedan realizarse a largo plazo. Y, la segunda tarea consiste en desarrollar un diseño completo de la configuración propuesta de humedales, incluyendo dimensionamiento, especificaciones, costos asociados, estudios de suelos y plan de operación y mantenimiento con el fin de asegurar su viabilidad técnica y económica garantizando que es la mejor alternativa para esta localidad.

12 Referencias

- [1] Instituto Nacional de Estadísticas (INE), “Síntesis de resultados. Censo 2017,” Santiago, Chile, Jun. 2018.
- [2] Banco Mundial, “Rural Brief 2021,” 2021.
- [3] SUBDERE (Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo), “Manual de soluciones de saneamiento sanitario para zonas rurales, Edición 1,” Santiago, Chile, 2009.
- [4] Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, “Estudio de Soluciones Sanitarias para el Sector Rural,” 2018.
- [5] Instituto Nacional de Estadísticas (INE), “Estimaciones y proyecciones de la población de Chile 2002–2035: Totales regionales, población urbana y rural,” Santiago, Chile, Jun. 2019.
- [6] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), “Definición de población urbana y rural utilizadas en los censos de los países latinoamericanos,” Santiago de Chile.
- [7] Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), “Informe de gestión del sector sanitario 2022,” Santiago, Chile, 2022.
- [8] J. S. Sravan, L. Matsakas, and O. Sarkar, “Advances in Biological Wastewater Treatment Processes: Focus on Low-Carbon Energy and Resource Recovery in Biorefinery Context,” *Bioengineering*, vol. 11, no. 3, p. 281, Mar. 2024, doi: 10.3390/BIOENGINEERING11030281.
- [9] “Eficiencia del tratamiento de aguas residuales por Lagunas Facultativas e Implicaciones en la Salud Pública.” Accessed: Nov. 30, 2025. [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072010000100009
- [10] Sustainable Sanitation and Water Management (SSWM), “Laguna de estabilización,” <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/tratamiento-semi-centralizado/laguna-de-estabilizaci%C3%B3n>.
- [11] Inc. Metcalf & Eddy, G. Tchobanoglous, and F. L. Burton, *Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización (Volumen I)*, Tercera edición. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U., 1995.
- [12] C. A. Arias I. and H. Brix, “Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales,” *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 13, 2003.
- [13] G. Vidal and S. Hormazábal, “Humedales construidos: Diseño y operación,” *Grupo de Ingeniería y Biotecnología Ambiental (GIBA-UDEC)*, p. 259, 2018, Accessed: Apr. 04, 2025. [Online]. Available: <http://biblioteca.cehum.org/handle/CEHUM2018/1779>

-
- [14] Universal Water, “Aireación Extendida,” <https://www.universalwater.com.mx/2021/07/12/aireacion-extendida/>.
- [15] Fuchs Water, “Lagunas Aireadas,” <https://www.fuchswater.com/es/aplicaciones/lagunas-aireadas/>.
- [16] Moksa Ingeniería Verde, “Biofiltros: Soluciones basadas en la naturaleza para el tratamiento de agua.” [Online]. Available: <https://moksa.com.co/biofiltros/>
- [17] Unfamed, “BIODISCOS, la solución perfecta en el tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones.” [Online]. Available: <https://www.unfamed.com/biodiscos-la-solucion-perfecta-en-el-tratamiento-de-aguas-residuales-en-pequenas-poblaciones/>
- [18] Jorge Chamorro Alonso, “Tecnología MBBR e IFAS algo más que una cuestión de plástico.” [Online]. Available: <https://www.aguasresiduales.info/expertos/tribuna-opinion/tecnologia-mbbr-e-ifas-algo-mas-que-una-cuestion-de-plastico-wpBxS>
- [19] BCN. B. del C. N. de Chile, “Reportes Estadísticos 2024 de Petorca. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile,” 2023, Accessed: Jul. 08, 2025. [Online]. Available: https://www.bcn.cl/siit/reportescomunales/comunas_v.html?anno=2024&idcom=5404
- [20] Gobierno de Chile, “01 Visualizador de Servicios Sanitarios Rurales - Vista general.” [Online]. Available: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=6c3d4993fc514470a4fc1a8f22077776#overview>
- [21] Ministerio de Obras Públicas (MOP), “Ley 20.998 y Reglamento que Regula los Servicios Sanitarios Rurales,” Sep. 2023.
- [22] “HQ2100 Multímetro portátil con electrodo de conductividad de campo robusto, cable de 5 m | Termodinámica Chile - Aspectos Generales | Termodinámica.” Accessed: Oct. 23, 2025. [Online]. Available: <https://www.termodinamica.cl/hq2100-multimetro-portatil-con-electrodo-de-conductividad-de-campo-robusto-cable-de-5-m/product?id=59007660678>
- [23] “Medidor Multiparamétrico pH/ORP/EC/TDS/Salinidad/OD/Presión/Temperatura a Prueba de Agua HI98194-4m (13') | Hanna Instruments Chile.” Accessed: Oct. 23, 2025. [Online]. Available: <https://hannachile.com/producto/multiparameter-ph-orp-ec-tds-salinity-do-pressure-temperature-waterproof-meter-hi98194-4m-13/>
- [24] D. de E. A. Ministerio del Medio Ambiente, “Análisis general del impacto económico y social del anteproyecto de la revisión de la norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales (D.S. N°90/2000),” Dec. 2020.

-
- [25] J. García Serrano and A. Corzo Hernández, *Depuración con Humedales Construidos: Guía Práctica de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial*. Universitat Politècnica de Catalunya, 2008.
- [26] “El modesto tanque Imhoff: fundamentos y diseño | iAgua.” Accessed: Oct. 29, 2025. [Online]. Available: <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/modesto-tanque-imhoff-fundamentos-y-diseno>
- [27] N. L. Siguí Gil, “Aspectos a considerar en la cloración de aguas residuales,” *Agua, Saneamiento & Ambiente*, vol. 17, no. 2, pp. 56–61, Dec. 2022, doi: 10.36829/08ASA.V17I2.1492.

13 Anexo



Guía de Evaluación y Diagnóstico Operacional de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas en Sectores Rurales (Versión Mejorada)

**Sistema de Tratamiento en base a lodos
activados**

**Esperanza Catalina Olivares Barrios
2025**



CONTENIDO

Introducción.....	6
Clasificación.....	6
1 Clasificación.....	8
1.1 ¿Cómo usar esta Clasificación?.....	8
1.2 Pasos a seguir:.....	9
Diagnóstico Básico.....	9
2 Diagnóstico Básico.....	11
2.1 Sugerencia de parámetros prioritarios	11
2.2 Test de Sedimentabilidad.....	11
2.3 Sugerencia de instrumentos simples.....	13
2.4 Pautas de verificación visual del comportamiento de un sistema de tratamiento de aguas servidas	14
2.4.1 Tanque de Aireación	14
2.4.2 Sedimentación Secundaria	15
2.4.3 Desinfección.....	16
2.5 Formación básica para operadores.....	17
2.6 Medidas Higiénicas	17
2.7 Información requerida para la evaluación de la PTAS.....	18
2.7.1 Caudales	18
2.7.2 Método Volumétrico para medir caudal	18
2.8 Evaluación cualitativa y cuantitativa de la PTAS.....	20
2.8.1 Metodología de evaluación cualitativa	20
2.8.2 Metodología de evaluación cuantitativa	22
2.9 Calificación	23
2.9.1 Evaluación Cuantitativa	23
2.9.2 Evaluación Cualitativa	25
2.10 Planillas evaluación cuantitativa.....	27
2.11 Planilla evaluación cualitativa.....	28
2.12 Planilla método volumétrico para medir caudal	29

Diagnóstico Intermedio.....	28
3 Diagnóstico Intermedio	31
.....	31
3.1 Sugerencia de parámetros prioritarios	32
3.2 Sugerencia de instrumentos simples.....	33
3.3 Formación para operadores.....	33
3.4 Medidas Higiénicas	34
3.5 Información requerida para la evaluación de la PTAS.....	35
3.5.1 Caudales	35
3.6 Evaluación cualitativa y cuantitativa de la PTAS.....	35
3.6.1 Metodología de evaluación cualitativa	35
3.6.2 Metodología de evaluación cuantitativa	37
3.7 Calificación	39
3.7.1 Evaluación cuantitativa.....	39
3.7.2 Evaluación Cualitativa	40
3.8 Planillas evaluación cuantitativa.....	42
3.9 Planilla evaluación cualitativa.....	43
Diagnóstico Completo.....	42
4 Diagnóstico Completo	45
4.1 Sugerencia de parámetros prioritarios	45
4.2 Registros diarios de operación PTAS	47
4.3 Formación básica para operadores.....	48
4.4 Medidas Higiénicas	48
4.5 Información requerida para la evaluación de la PTAS.....	49
4.5.1 Caudales	49
4.6 Evaluación cualitativa y cuantitativa de la PTAS.....	49
4.6.1 Metodología de evaluación cualitativa	49
4.6.2 Metodología de evaluación cuantitativa	51
4.7 Calificación	53
4.7.1 Evaluación cuantitativa.....	53
4.7.2 Evaluación Cualitativa	54
4.8 Planillas evaluación cuantitativa.....	56

4.9	Planilla evaluación cualitativa.....	57
	Alternativas de Sistemas de Tratamiento	58
5	Sistemas de tratamiento de aguas residuales.....	59
6	Referencias.....	62
	Anexo I.....	61
1.	Evaluación cualitativa del estado de las componentes unitarias de las PTAS y su equipamiento asociado.....	64
1.1.	Evaluación obras civiles.....	64
2.	Planta elevadora aguas servidas (PEAS).....	64
3.	Circuito líquido PTAS	65
3.1.	Tratamiento Preliminar	65
4.	Tratamiento Primario	67
5.	Tratamiento Secundario	67
5.1.	Reactores Biológicos	67
5.2.	Aireadores Superficiales.....	67
5.3.	Aireación por difusión.....	68
5.4.	Agitadores sumergibles.....	68
6.	Sedimentación Secundaria.....	68
7.	Desinfección y Decloración	69
7.1.	Cloración	69
7.2.	Radiación Ultravioleta.....	69
7.3.	Decloración	69
8.	Circuito de lodos.....	70
8.1.	Espesamiento de lodos.....	70
9.	Digestión Aeróbica	71
9.1.	Aireadores Superficiales.....	71
9.2.	Aireación por difusión.....	71
9.3.	Agitadores sumergibles	71
10.	Acumulación de lodos.....	72
10.1.	Aireadores Superficiales.....	72
10.2.	Aireación por difusión.....	72
10.3.	Agitadores sumergibles	72
11.	Deshidratación de lodos	73

11.1.	Deshidratación mecanizada (filtro de banda, filtro de prensa, centrífuga)	73
11.2.	Deshidratación gravitacional por lecho de secado.....	73
11.3.	Equipo dosificación de cal.....	73
12.	Manejo y disposición de lodos.....	74
13.	Otros.....	74
Anexo II.....		72

Índice de Imágenes

Imagen 2.1 – Pruebas de sedimentabilidad en probetas.....	12
Imagen 2.2 – Pasarelas sector de Estanques de Aireación y Sedimentadores Secundarios	21
Imagen 3.1 – Multiparámetro Portátil HQ2100	31
Imagen 3.2 – Multiparámetro Portátil HI98194-4m.....	31
Imagen 3.3 – Pasarelas sector de Estanques de Aireación y Sedimentadores Secundarios	36
Imagen 4.1 – Pasarelas sector de Estanques de Aireación y Sedimentadores Secundarios	50

Índice de Tablas

Tabla 2.1 – Parámetros prioritarios del Nivel Básico [Nueva Propuesta]	11
Tabla 2.2 – Tasa de retorno expresa como % de caudal medio de diseño.....	13
Tabla 2.3 – Posibles comportamientos en un tanque de aireación [Original SUBDERE]	14
Tabla 2.4 – Posibles comportamientos en un sedimentador secundario [Original SUBDERE]	15
Tabla 2.5 – Posibles comportamientos en la etapa de desinfección [Original SUBDERE]	16
Tabla 2.6 – Evaluación de caudal mediante el método volumétrico	19
Tabla 2.7 – Tabla resumen para agregar nuevas componentes unitarias de PTAS	21
Tabla 2.8 – Criterios para evaluar la turbiedad [Nueva Propuesta]	22
Tabla 2.9 – Criterios para evaluar los sólidos sedimentables [Nueva Propuesta]	22
Tabla 2.10 – Resumen y evaluación cuantitativa de la PTAS [Nueva Propuesta]	24
Tabla 2.11 – Resumen de calificación de la evaluación cualitativa de la PTAS [Nueva Propuesta] ..	26
Tabla 3.1 – Parámetros prioritarios nivel intermedio [Nueva Propuesta].....	32
Tabla 3.2 – Tabla resumen para agregar nuevas componentes unitarias de PTAS	37
Tabla 3.3 – Criterios para evaluar la Turbiedad [Nueva Propuesta].....	37
Tabla 3.4 – Criterios para evaluar los Sólidos Sedimentables [Nueva Propuesta].....	37
Tabla 3.5 – Criterios para evaluar el Oxígeno Disuelto [Original SUBDERE]	38
Tabla 3.6 – Resumen y evolución de evaluación cuantitativa de la PTAS [Nueva Propuesta]	40
Tabla 3.7 – Resumen de calificación de la evaluación cualitativa de la PTAS [Nueva Propuesta]	41
Tabla 4.1 – Parámetros prioritarios del nivel completo [Nueva Propuesta]	45
Tabla 4.2 – Registros diarios para operación de PTAS – Tabla N° 97 [Original SUBDERE]	47
Tabla 4.3 – Tabla resumen para agregar nuevas componentes unitarias de PTAS	51
Tabla 4.4 – Criterios para evaluar la Turbiedad [Nueva Propuesta].....	51

Tabla 4.5 – Criterios para evaluar los Sólidos Sedimentables [Nueva Propuesta].....	51
Tabla 4.6. Criterios para evaluar el Oxígeno Disuelto [Original SUBDERE]	52
Tabla 4.7 – Criterios para evaluar la demanda química de oxígeno [Nueva Propuesta]	52
Tabla 4.8 – Resumen y evolución de evaluación cuantitativa de la PTAS [Nueva Propuesta]	54
Tabla 4.9 – Resumen de calificación de la evaluación cualitativa de la PTAS [Nueva Propuesta].....	55
Tabla 5.1 – Cuadro comparativo entre sistemas de tratamiento de lodos activados y humedales construidos.....	60

Introducción

Esta guía está dirigida a operadores encargados de manejar plantas de tratamiento de aguas servidas basadas en lodos activados. Su función es evaluar y verificar el nivel de funcionamiento de la planta y ofrecer sugerencias que puedan ayudar a mejorar la calidad de operación y funcionamiento general.

Esta evaluación se divide en tres niveles de diagnóstico; básico, intermedio y completo. Cada uno se encuentra adaptado a distintas capacidades operacionales, permitiendo realizar una evaluación de la capacidad de las componente unitarias de la PTAS.

Para obtener un diagnóstico representativo, se debe contar con información adecuada y suficiente a través de un registro continuo de parámetros y del estado de componentes unitarias de la planta.

Este manual o guía toma como referencia el documento de la SUBDERE *“Estudio de Soluciones Sanitarias para el Sector Rural”* (2018) [1], adaptándola al contexto operativo de PTAS con lodos activados. Las modificaciones y propuestas aquí presentadas son de elaboración propia, no obstante, se conservan determinados elementos del documento original.

En cada nivel de diagnóstico, los criterios ya contenidos en la guía de la SUBDERE se identificarán con la siguiente etiqueta **[Original SUBDERE]**, mientras que los nuevos criterios propuestos se identificarán con la etiqueta **[Nueva Propuesta]**, con el fin de distinguir con claridad lo incorporado respecto a lo que plantea originalmente la guía, dejando explícito que el presente estudio se basa en el documento de la SUBDERE, sin que ello suponga una duplicación literal del mismo.

Capítulo 1: Clasificación



1 Clasificación

Este capítulo clasifica la evaluación de la planta de tratamiento de aguas servidas según su grado de operación y capacidad de funcionamiento, de modo que el lector pueda ir directamente al capítulo correspondiente sin revisar toda la guía. Los niveles son los siguientes:

a) Diagnóstico Básico (Capítulo 2, pág. 9)

- **Instrumentos:** Elementos simples (Cono Imhoff, Tiras indicadoras de pH, Sobres reactivos para Cloro residual libre)
- **Parámetros medidos:** De 1 a 4.
- **Muestreos de Laboratorios:** No se realizan.
- **Registro de datos:** Manual (planilla impresa o bitácora).
- **Funcionamiento:** Se verifica funcionamiento general con observaciones y pruebas rápidas.

b) Diagnóstico Intermedio (Capítulo 3, pág. 28)

- **Instrumentos:** Multiparámetro Portátil o más de 4 equipos simples de medición.
- **Parámetros medidos:** De 4 a 6.
- **Muestreos de Laboratorios:** 1 o 2 veces al año.
- **Registro de datos:** Manual o de forma digital.
- **Funcionamiento:** Se verifica funcionamiento general con controles más periódicos y apoyo ocasional de laboratorios.

c) Diagnóstico Completo (Capítulo 4, pág. 42)

- **Instrumentos:** Equipos avanzados para medir parámetros en cada etapa de la planta.
- **Parámetros medidos:** De 6 a 12.
- **Muestreos de Laboratorios:** Se realizan constantemente.
- **Registro de datos:** Digital o Software de monitoreos.
- **Funcionamiento:** Se verifica funcionamiento general mediante controles diarios y apoyo directo de laboratorio.

1.1 ¿Cómo usar esta Clasificación?

Elegir el nivel que mejor se adecue a la operación actual de la planta que se desea evaluar, considerando la disponibilidad de instrumentos, el número de parámetros que se miden, la forma de registro y la frecuencia con la que se realizan los muestreos.

En el capítulo de cada nivel se encuentran los procedimientos y registros necesarios para evaluar el funcionamiento de la planta, incluyendo parámetros sugeridos, requerimientos para formación de operadores, planillas de evaluación cualitativa y cuantitativa y criterios para identificar fortalezas, debilidades y mejoras por realizar.

1.2 Pasos a seguir:

1. Identificar a que nivel de diagnóstico (básico, intermedio, completo) pertenece la operación de la planta de tratamiento según la clasificación que se presenta en el “Capítulo 1”.
2. Dirigirse al capítulo del nivel correspondiente según la clasificación.
3. Leer procedimiento y características que se solicitan.
4. Identificar las planillas de evaluación cualitativas y cuantitativas.
5. Rellenar planillas con mediciones y datos requeridos, de acuerdo a criterios presentados.
6. Calificar según puntaje obtenido en planillas de evaluación para categorizar el rendimiento y operación de la planta de tratamiento y así dar prioridad a los parámetros o componentes unitarias que requieran mejoras.



Capítulo 2: Diagnóstico Básico

2 Diagnóstico Básico

Este primer nivel se basará principalmente en la observación directa de todos los procesos del sistema, sin requerir mediciones de laboratorio ni instrumental especializado. Si bien la guía original ya contempla una sección de evaluación basada en la observación, pero sería importante que este análisis pueda constituirse como un nivel inicial autónomo, especialmente pensado para casos donde no se cuenta con capacidades técnicas o recursos suficientes para cumplir los estándares más completos de la guía.

2.1 Sugerencia de parámetros prioritarios

[Nueva Propuesta]

Con el propósito de catastrar parámetros que proporcionen información confiable para la evaluación y/o diagnóstico de la PTAS, se deberán realizar mediciones de los siguientes parámetros.

Tabla 2.1 – Parámetros prioritarios del Nivel Básico [Nueva Propuesta]

Parámetro	Importancia
pH (in situ)	Indica la alcalinidad o acidez del agua, donde los valores extremos pueden afectar o incluso eliminar los microorganismos encargados de depurar las aguas residuales.
Cloro Residual Libre	Indica la cantidad de cloro disponible para la etapa final, asegurando la eliminación de patógenos antes de su descarga.
Sólidos Sedimentables (SS)	Permite evaluar la calidad del lodo dentro del sistema, detectando posibles problemas de decantación o sobrecarga. Esta muestra se puede realizar mediante un cono Imhoff.
Turbiedad	Indica una medida de la claridad del agua, asociada a la cantidad de partículas finas en suspensión. Este no es un parámetro que refleje directamente la eficiencia del tratamiento, pero puede servir como una primera aproximación visual al estado del efluente.

2.2 Test de Sedimentabilidad

[Original SUBDERE]

Adicionalmente, se podría efectuar el **test de sedimentabilidad** a una muestra del reactor o tanque de aireación, la que permitirá evaluar el comportamiento del último mes. A continuación, se presentan los criterios fundamentales para la medición e interpretación de este test.

Se debe coleccionar una muestra del *tanque de aireación* y efectuar la prueba por un tiempo de 60 min usando un cilindro graduado de 1000 ml (si es posible usar un cilindro de 2000 ml de 125 mm de diámetro, se podrán obtener resultados más precisos). Se deberá observar la sedimentación del lodo en la muestra por aproximadamente una hora. Después de algunos minutos se empezarán a formar pequeñas partículas muy finas en el cilindro con un *color ligero café claro*. Las partículas permanecerán suspendidas, pero sedimentando.

Después de una hora, se deberá medir la altura de lodos precipitados en el fondo del cilindro, lo que representa un indicador de las condiciones en el tanque de aireación.

Algunos aspectos y consideraciones generales con respecto a la prueba propiamente tal y al momento de interpretar los resultados y efectuar los cálculos necesarios relacionados con el test de sedimentabilidad pueden resumirse del siguiente modo:

- Los sólidos medidos sean en términos de [mg/l] o de [kg de sólidos secos] permiten obtener una indicación del tamaño de la población microbiana en el tanque de aireación.
- Los sólidos suspendidos a medir en el licor mezclado se efectúan normalmente en una muestra puntual obtenida en el efluente del tanque de aireación. Para asegurar un buen muestreo, se debe tomar la muestra a 1.5 m del efluente del tanque de aireación y a 0.4 – 0.6 m debajo de la superficie del agua. También debe tomarse a la misma hora una muestra del lodo de recirculación para determinar su concentración.
- La observación de las características de los sólidos y los resultados de las pruebas de sedimentabilidad en 60 minutos permitirán visualizar la *tasa de crecimiento de los sólidos*, las *condiciones de los sólidos al interior del tanque de aireación* y fundamentalmente la *cantidad de lodo que debe retornarse* para asegurar el retorno adecuado de microorganismos al tanque de aireación. Así, por ejemplo, si el agua residual cruda es débil (baja carga contaminante) será necesario retornar todo el lodo por 10 a 15 días o más.



Imagen 2.1 – Pruebas de sedimentabilidad en probetas

- Los resultados de la prueba de sedimentabilidad en 60 minutos pueden usarse para estimar si la tasa de retorno de lodos es muy alta o baja. Si el volumen del lodo sedimentado en el cilindro es indicativo de la cantidad de lodo sedimentando en el sedimentador secundario,

el volumen de lodos de retorno deberá ser igual o ligeramente mayor que el porcentaje del lodo sedimentado en el cilindro, multiplicado por la suma de los caudales efluente del sedimentador primario y del lodo de retorno.

Es decir:

$$V_{retorno} \geq (\% L_{sed} * (Q_{sedprimario} + Q_{retorno}))$$

Donde:

$V_{retorno}$ = Volumen de lodo de retorno

$\% L_{sed}$ = Porcentaje de lodo sedimentado en el cilindro/probeta.

$Q_{sedprimario}$ = Caudal efluente del sedimentador primario

$Q_{retorno}$ = Caudal efluente del lodo de retorno

- Otro ejemplo es la tasa de recirculación de lodos. Si es muy alta, los altos caudales resultantes acortan el tiempo de retención en el tanque de aireación y el en sedimentador secundario. Por el contrario, si la tasa de recirculación es muy baja, pueden aparecer las siguientes condiciones indeseables:
 - 1) Cantidad insuficiente de microorganismos para tratar la carga afluente (alimento) en el tanque de aireación.
 - 2) Desarrollo de un lodo séptico si el periodo de retención en el sedimentador secundario es muy alto.
 - 3) Manto de lodos profundo por acumulación de lodo en el sedimentador secundario, lo que ocasionara que los sólidos salgan en el efluente.

La tasa de retorno de lodos, expresada como porcentaje del caudal medio de diseño de las aguas residuales, debe ser generalmente variable entre los límites establecidos a continuación:

Tabla 2.2 – Tasa de retorno expresa como % de caudal medio de diseño

Tipo de proceso	% Caudal medio de diseño	
	Mínimo	Máximo
Aireación Extendida	50	150

Fuente: [2]

2.3 Sugerencia de instrumentos simples

[Nueva Propuesta]

Algunos de los instrumentos simples útiles para este nivel son los siguientes:

- Cono Imhoff o Probetas de 1000 o 2000 ml
- Testigo de Lodos
- Baldes o recipientes para medir caudal
- Tiras indicadoras de pH
- Sobres DPD de Cloro Libre

2.4 Pautas de verificación visual del comportamiento de un sistema de tratamiento de aguas servidas

[Original SUBDERE]

Los comportamientos que se pueden identificar son los siguientes:

- Operación Normal
- Operación con Problemas de Aireación
 - Falta de Aireación
 - Exceso de Aireación
- Operación con Problemas de Lodos de Retorno
 - Bajo Retorno de Lodos
 - Retorno excesivo de Lodos
- Operación con Problemas de Exceso de Aceites y Grasas

A continuación, se presentan tablas resumen con los comportamientos de operación según el color, cantidad de espuma y burbujeo de cada componente unitario de una planta de tratamiento.

2.4.1 Tanque de Aireación

Tabla 2.3 – Posibles comportamientos en un tanque de aireación [Original SUBDERE]

Variables	Color	Cant. Espuma	Burbujeo
Operación normal	Café chocolateado	Poca	Burbujeo Normal
Falta de aireación	Negro	Poca	Poco/Ninguna
Exceso de aireación	Claro	Bastante	Burbujeo emergiendo
Bajo retorno de lodos	Chocolate o gris	-	Burbujeo emergiendo
Retorno excesivo de lodos	Chocolate		Burbujeo emergiendo
Exceso de aceites y grasas	Lodo claro / Café (bolas de grasa flotando)	Amarilla	Burbujeo emergiendo

Nota: Entiéndase como Burbujeo Normal: Burbujas finas y uniformes en toda la superficie y Burbujeo Emergiendo: grandes burbujas que salen en columnas o zonas localizadas.

Ejemplos de operación en tanque de aireación:

- a) Operación normal, se aprecia un color café chocolateado y poca espuma.
- b) Operación con falta de aireación.



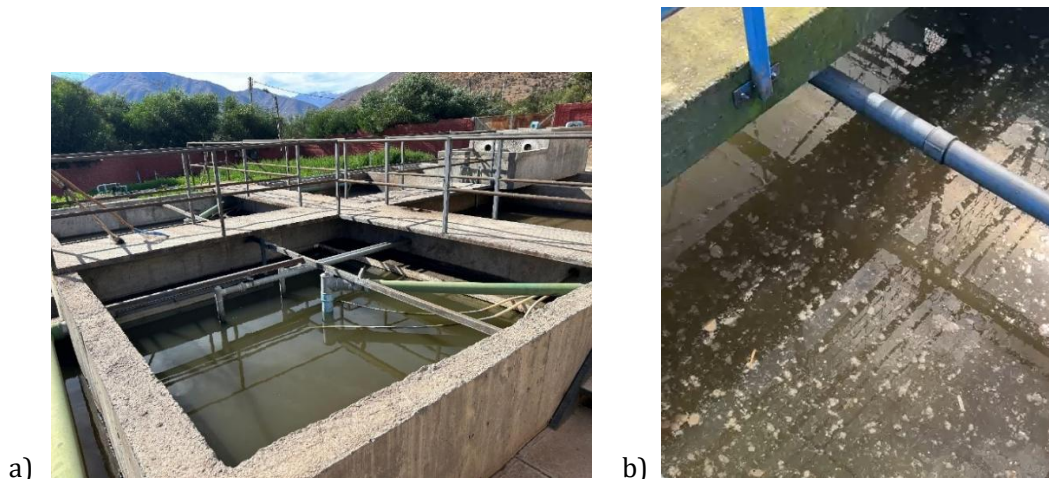
2.4.2 Sedimentación Secundaria

Tabla 2.4 – Posibles comportamientos en un sedimentador secundario [Original SUBDERE]

Variables	Color	Observación
Operación normal	Superficie clara hasta 40 – 50 cm de profundidad	
Falta de aireación	Oscuro y turbio	
Exceso de aireación	Oscuro y turbio	No se ve el fondo de lodos, lodos flotantes
Bajo retorno de lodos	Oscuro y turbio	Lodos flotantes
Retorno excesivo de lodos	Claro en la superficie	Capa visible de lodos a 30 cm por debajo de la superficie
Exceso de aceites y grasas	Oscuro y turbio	- Lodos café amarillentos y grasosos flotando - Excesiva grasa presente

Ejemplos de operación en sedimentador secundario:

- a) Operación normal, se aprecia una superficie clara hasta 40 – 50 cm de profundidad.
- b) Operación con bajo retorno de lodos, se aprecia un color oscuro, con lodos flotantes.



2.4.3 Desinfección

Tabla 2.5 – Posibles comportamientos en la etapa de desinfección [Original SUBDERE]

Variables	Color	Contiene sólidos	Olor
Operación normal	Transparente	No	Terroso
Falta de aireación	Oscuro y turbio	Si, Muchos	Séptico
Exceso de aireación	Oscuro y turbio	Si, Muchos	Mohoso
Bajo retorno de lodos	Oscuro y turbio	Si, Muchos	Mohoso
Retorno excesivo de lodos	Café	Si, Muchos	Mohoso
Exceso de aceites y grasas	Oscuro y turbio	Si, Muchos	Terroso

Ejemplos de operación en sector de desinfección:

- a) Operación normal, presenta un color transparente y sin sólidos
- b) Operación con falta de aireación, se tiene un color oscuro, con presencia de sólidos.



2.5 Formación básica para operadores

[Original SUBDERE]

Los requerimientos para el operador de la planta de tratamiento en este nivel, deben considerar la siguiente formación mínima:

- Conocimientos básicos en saneamiento rural y funcionamiento general del sistema de tratamiento, que permitan comprender, operar y evaluar correctamente los sistemas de tratamiento de aguas servidas en contextos rurales. Dentro de estos conocimientos se incluyen aspectos como; la recolección de aguas servidas, control de contaminantes en las distintas etapas del proceso, mediciones y seguimiento de parámetros y funcionamiento general del sistema de tratamiento, incluyendo la función de cada unidad de la planta (cámara receptora, sedimentador primario, reactor, sedimentador secundario y sistema de cloración).
- Manejo de parámetros operacionales simples, como el caudal y condiciones de entrada y salida del sistema.
- Incorporar rutinas simples de mantenimiento y limpieza.
- Habilidades para el registro manual de datos y llevar un registro constante de mediciones. (puede utilizarse cuadernos, libretas).

2.6 Medidas Higiénicas

[Nueva Propuesta]

A pesar de que el operador sabe perfectamente que está trabajando en una planta de tratamiento de aguas residuales, y que esta puede ser un foco infeccioso, es normal que con el paso del tiempo pierda el miedo y olvide los riesgos para la salud que su trabajo conlleva si no se toman ciertas precauciones básicas. A continuación, se enumeran algunas medidas de seguridad recomendadas por la Organización Mundial de la Salud [3]:

- La planta debe contar siempre con disponibilidad de agua limpia, jabón y toallas. Es aconsejable utilizar toallas desechables de papel, en lugar de toallas de tela, para evitar que estas permanezcan demasiado tiempo sin lavar.
- El operador debe disponer de guantes impermeables, botas de goma, gafas o una careta, mascarilla y overol resistente al agua. Todas las prendas utilizadas en la planta deben permanecer en ella al finalizar la jornada laboral. En lo posible lavar la ropa en el trabajo.
- Siempre que se vaya a comer o a beber, hay que lavarse las manos. Si es posible, es preferible evitar las comidas en el interior del recinto.
- Evitar tocarse la cara, la boca, los ojos, la nariz o las heridas de la piel abiertas al manipular desechos, o cualquier material que han estado en contacto con desechos.
- Todas las herramientas de trabajo deben limpiarse con agua limpia antes de ser guardadas después de su uso.
- Los cortes, arañazos y abrasiones que pueda sufrir el operador deben desinfectarse inmediatamente después de que se hayan producido.

- El acceso a la planta debe mantenerse cerrado, incluso cuando el operador está trabajando en el recinto, ya que éste no puede estar pendiente todo el tiempo de posibles visitas, y existe un riesgo importante de accidentes, especialmente para los niños.
- Es importante recordar los riesgos higiénicos para los visitantes si no están suficientemente informados y tocan las estructuras y demás elementos de la planta que están en contacto con las aguas residuales.
- Mantener la vacunación actualizada contra hepatitis A, B, difteria, tétanos y fiebre tifoidea.

2.7 Información requerida para la evaluación de la PTAS

[Original SUBDERE]

2.7.1 Caudales

Los distintos tipos de caudales afluentes a la planta de tratamiento de aguas servidas (PTAS) necesarios para verificar o evaluar las diferentes componentes unitarias de las configuraciones de tratamiento pueden resumirse del siguiente modo:

- **Medio diario anual:** Corresponde al valor medio diario anual de consumo de agua potable corregido por un factor denominado coeficiente de recuperación, el que en el país es normalmente adoptado como $R = 0.8$.
- **Medio período verano (punta):** corresponde al valor medio diario del caudal correspondiente al periodo del verano (enero a marzo y diciembre de cada año).
- **Medio período resto del año (no punta):** corresponde al valor medio diario del caudal correspondiente al periodo del resto del año (abril a noviembre de cada año).
- **Máximo mensual:** Corresponde al valor del mes de máximo caudal del año (enero a diciembre).
- **Máximo diario:** Corresponde al día de máximo caudal del año.
- **Máximo horario:** Corresponde a la condición de máximo horario obtenido a lo largo del año.

Se debe destacar que un requisito indispensable para poder estimar adecuadamente el comportamiento de la PTAS o determinadas componentes unitarias de la misma, se requiere contar con el **caudal medio diario anual**, obtenible a partir del análisis estadístico de todo un año de mediciones diarias.

2.7.2 Método Volumétrico para medir caudal

Cuando no se cuenta con un medidor de caudal instalado o con instrumentos especializados, es posible estimar el caudal utilizando el método volumétrico, que consiste en cronometrar el tiempo que tarda en llenarse un recipiente de volumen conocido con el agua de la planta, ya sea el afluente o efluente.

A continuación, se presenta la metodología:

- 1) Elegir un recipiente o balde de volumen conocido para medir con precisión. Un volumen de 10, 20 o 25 litros suele ser práctico. (puede ser un balde de pintura)
- 2) Ubicar el recipiente o balde directamente bajo un punto de descarga y cronometrar el tiempo exacto en que este tarda en llenarse.
- 3) Repita la medición al menos 3 veces para obtener una mejor precisión.
- 4) Calcular el caudal, dividiendo el volumen del recipiente entre el tiempo de llenado.

$$\text{Caudal} \left[\frac{L}{s} \right] = \frac{\text{Volumen [L]}}{\text{Tiempo [seg]}}$$

Por ejemplo:

Si un balde de 20 litros se llena en 120 segundos, el caudal sería (20 L/120 seg) = 0.167 (L/seg).

- 5) Registrar los resultados de las condiciones de flujo (continuo o intermitente), volumen, tiempos, promedios de tiempos y caudal calculado.

A continuación, se presenta un ejemplo de una planilla para registrar caudales, junto con el procedimiento para calcular cada caudal en sus respectivas unidades:

Tabla 2.6 – Evaluación de caudal mediante el método volumétrico

Fecha	Nº medición	Vol. del recipiente [L]	Tiempo llenado [seg]	Caudal [L/seg]	Caudal [L/min] (* 60)	Caudal [m³/hr] (* 0.06)	Flujo
15/11/25	1	20	25	0.8	48	2.88	Continuo
	2	20	23	0.87	52.2	3.13	Continuo
	3	20	24	0.83	49.8	2.99	Continuo
Promedio			24	0.83	50	3	
18/11/25							
Promedio							

Considerar:

$$\text{Caudal} \left[\frac{L}{seg} \right] * \frac{60 seg}{1 min} = \text{Caudal} \left[\frac{L}{min} \right]$$

$$\text{Caudal} \left[\frac{L}{min} \right] * \frac{60 min}{1 hr} * \frac{1 m^3}{1000 L} = \text{Caudal} \left[\frac{m^3}{hr} \right]$$

2.8 Evaluación cualitativa y cuantitativa de la PTAS

2.8.1 Metodología de evaluación cualitativa

En esta sección se establece la metodología para realizar la evaluación cualitativa de una planta de tratamiento de aguas servidas. La evaluación considera el estado operativo y estructural de las unidades que conforman la planta, así como de su equipamiento asociado, de acuerdo a los criterios que se describen en el “**Anexo I**”.

Para llevar a cabo la inspección, se utilizará la planilla presentada en el “**Anexo II**”, la cual permite registrar de manera sistemática la condición observada de cada componente.

Los criterios descritos en el anexo I corresponden a **[Original SUBDERE]**. En el documento de la SUBDERE solo se presenta, a modo de ejemplo, evaluaciones de PTAS en un anexo; la guía original no incluye una planilla. Por ello, la planilla de evaluación cualitativa presentada en anexo II se clasifica como **[Nueva Propuesta]**.

En esta evaluación se definen tres escenarios de diagnóstico:

- Bueno (B): el componente se encuentra en condiciones adecuadas de mantenimiento y operación.
- Regular (R): el componente presenta deficiencias o desgastes que pueden comprometer su desempeño a corto o mediano plazo.
- Malo (M): el componente se encuentra deteriorado o fuera de servicio, lo que requiere reparación o reemplazo.

Durante la inspección debe evaluarse detenidamente los aspectos asociadas a la calificación del equipamiento o componente.

Si existe alguna instalación y/o componente unitaria de la PTAS que no esté en la planilla de evaluación, se debe catastrar de todas formas, indicando su estado (bueno, regular o malo) y especificando en que etapa de la planta se encuentra.

A continuación, se presenta un ejemplo:

- Se realiza una visita a terreno a una localidad rural de la comuna de Petorca, en donde se encuentra la siguiente componente unitaria:



Imagen 2.2 – Pasarelas sector de Estanques de Aireación y Sedimentadores Secundarios

Si bien, la pasarela no figura como ítem en la planilla de evaluación, esta debe considerarse en los comentarios. Allí se debe indicar a que apartado pertenece, clasificar su estado y detallar cualquier observación correspondiente, de la siguiente manera:

Comentarios:

Tabla 2.7 – Tabla resumen para agregar nuevas componentes unitarias de PTAS

Componente Unitario:	Pasarelas sector de Estanques de Aireación y Sedimentadores Secundarios.
Apartado:	1. Obras civiles
Estado:	Malo
Observación:	Pasarelas en mal estado, corroídas y con daños estructurales.

2.8.2 Metodología de evaluación cuantitativa

En esta sección se presentan algunos de los criterios para realizar la evaluación cuantitativa de la planta de tratamiento de acuerdo a la sugerencia de parámetros. Los criterios descritos son para parámetros que no se miden de acuerdo a límites establecidos por la normativa vigente.

Para llevar a cabo la evaluación, se utilizará la planilla presentada al final de este capítulo, la cual permite registrar de manera sistemática tanto el registro medido (sugerencia de parámetros) y lo observado (pauta de verificación visual) de cada parámetro y proceso.

Criterios para evaluar la Turbiedad:

Tabla 2.8 – Criterios para evaluar la turbiedad [Nueva Propuesta]

Nivel	Descripción	Desempeño
Baja	El agua se ve transparente o ligeramente traslúcida. No se observan sedimentos visibles.	Bueno
Media	El agua presenta un aspecto turbio o lechoso, con una ligera presencia de partículas finas en suspensión o sedimentos pequeños al fondo después de unos minutos.	Regular
Alta	El agua se observa opaca, de color marrón y contiene sólidos visibles en movimiento o depositados al fondo.	Malo/Alerta

Criterios para evaluar los Sólidos Sedimentables:

Tabla 2.9 – Criterios para evaluar los sólidos sedimentables [Nueva Propuesta]

Nivel	Descripción	Desempeño
Óptimo	Límite de separación claro, flóculos compactos y bien formados; sobrenadante transparente o ligeramente opalescente. Indicador: 100 – 200 ml/l/h (10 – 20% del cono/probeta)	Bueno
Intermedio	Asentamiento lentos, flóculos poco compactos, sobrenadante levemente turbio. Indicador: 200 – 500 ml/l/h (20 – 50% del cono/probeta)	Regular
Malo	Límite de separación difusa, flóculos difusos, sobrenadante turbio. Indicador: > 500 ml/l/h (> 50% del cono/probeta)	Malo/Alerta
Sólidos bajos – lodo joven	Asienta bastante rápido, capa delgada de lodo, sobrenadante claro, pero con flóculos finos. Indicador: 0 – 100 ml/l/h (< 10% del cono/probeta)	Regular (riesgo de arrastre)

* Considerando que el cono/probeta es de 1000 ml

2.9 Calificación

[Nueva Propuesta]

De acuerdo a la evaluación cualitativa y cuantitativa, se realiza un chequeo final para ubicar la planta en un rango de cumplimiento. Este rango estará descrito por el método de “semáforo”, es decir:

- **Verde:** Buen desempeño operativo y cumplimiento de parámetros.
- **Amarillo:** Desempeño Regular, se requieren ajustes y seguimientos.
- **Rojo:** Mal desempeño o condición de alerta, se necesita un plan de mejoras inmediatas.

Para poder comprender de una manera sencilla esta calificación, se evaluará un ejemplo del nivel básico, es decir, se evaluarán 4 parámetros, que es la cantidad de parámetros sugeridos que se menciona en el apartado 2.1 del presente capítulo.

2.9.1 Evaluación Cuantitativa

2.9.1.1 Sugerencia de parámetros

La calificación consiste en asignar a cada parámetro un puntaje y luego sumarlos para un índice total. Se tendrán tres casos: 1) parámetro con un rango, 2) parámetro con límite fijo y 3) parámetro medido por desempeño.

- 1) **Parámetros con rangos** (considere: pH)
 - Dentro del rango = 1
 - Cerca de los bordes (considerar holgura de ± 0.3) = 0.5
 - Fuera del rango = 0
- 2) **Parámetros con límite fijo** (considere: Cloro Residual)
 - Menor al límite = 1
 - Holgura (+0.3) = 0.5
 - Mayor al límite = 0
- 3) **Parámetros por desempeño** (considere: SS y Turbiedad)
 - Bueno = 1
 - Regular = 0.5
 - Malo = 0

Como en este ejemplo se analizan 4 parámetros, la puntuación máxima que se puede obtener es 4 puntos, lo que correspondería al 100%, por lo tanto, el 80% correspondería a 3.2 puntos y el 50% a 2 puntos. Considere “S” como la suma del puntaje obtenido.

Por lo tanto, al sumar la puntuación de parámetros, se podrá calificar de acuerdo al porcentaje resultante que se indica a continuación:

1) Verde ($\geq 80\%$) $\rightarrow$ ($S \geq 3.2$)

Las mediciones son adecuadas y las concentraciones de parámetros se mantienen de acuerdo a los límites exigidos en la norma vigente.

2) Amarillo ($50\% < S < 80\%$) $\rightarrow$ ($2.0 < S < 3.2$)

Se realiza control con menos frecuencia, lo que deja algunos de los parámetros fuera de rango de los límites exigidos. Se sugiere aumentar la frecuencia de monitoreo, ajustar operación y priorizar los parámetros fuera de rango.

3) Rojo ($\leq 50\%$) $\rightarrow$ ($S \leq 2.0$)

Desempeño insuficiente, incumplimiento en ciertos parámetros. Se sugiere elaborar un plan de mejora, que incluya ajustes operacionales, mantenciones y capacitación.

A continuación, se presenta una tabla para monitorear la evolución del desempeño de la PTAS, basada en el cumplimiento y desempeño de parámetros, orientada a asegurar la operación correcta.

Frecuencia para realizar esta evaluación: 10 a 15 días.

Nota: los datos son referenciales y no representan mediciones reales. Lo ideal es lograr mantener el color verde.

Tabla 2.10 – Resumen y evaluación cuantitativa de la PTAS [Nueva Propuesta]

Fecha de Evaluación	Puntuación Obtenida	% Obtenido	Color Semáforo
17-10-2025	1.5	38%	Rojo
27-10-2025	2.5	63%	Amarillo
7-11-2025	3.0	75%	Amarillo
17-11-2025	3.5	88%	Verde

2.9.1.2 Verificación Visual

[Original SUBDERE]

Se debe prestar atención, ante cualquier condición distinta de la operación normal ya sea para el tanque de aireación, sedimentador secundario o desinfección. Se debe registrar la observación y fotografiar para dejar una alerta y realizar una posterior revisión operativa.

Recomendaciones:

- **Problemas por falta de aireación:**

Si se trata de un sistema de aireación por difusión, deberán revisarse las posibles fugas de aire, limpiar difusores y líneas de aire. Una vez corregidas las fallas, el sistema debería volver a la operación normal.

Si se trata de un sistema de aireación superficial, se debe realizar el adecuado mantenimiento del motor – reductor, constituido en la componente mecánica más importante del sistema de aireación.

- **Problemas por exceso de aireación:**

En este caso se busca la reducción de la cantidad de aire que ingresa al tanque de aireación.

- **Problemas con un bajo retorno de lodos:**

Se debe revisar cuidadosamente el sistema de retorno de lodos y el fondo del sedimentador, el que puede requerir de limpieza a mayor frecuencia.

- **Problemas con un excesivo retorno de Lodos:**

Se debe revisar cuidadosamente y ajustar la tasa de retorno de lodos, así como verificar la carga orgánica aplicada al sistema de tratamiento, la que podría ser elevada con respecto a lo proyectado.

- **Problemas con exceso de aceites y grasas:**

Se debe revisar cuidadosamente la cámara de retención de aceites y grasas, y someterla a una mayor frecuencia de limpieza, y de no existir, evaluar la necesidad de incorporarla.

2.9.2 Evaluación Cualitativa

De acuerdo con los resultados de la planilla de la evaluación cualitativa (Anexo II), el porcentaje que evalúa el desempeño general de la planta, se determina de la siguiente forma:

- Bueno (B) = 2 puntos
- Regular (R) = 1 punto
- Malo (M) = 0 punto

Por lo tanto, la fórmula de evaluación es:

$$evaluación = \left(\frac{2 * B + 1 * R + 0 * M}{2 * Total\ de\ parámetros\ evaluados} \right) * 100$$

Donde:

B = cantidad de parámetros en estado Bueno

R = cantidad de parámetros en estado Regular

M = cantidad de parámetros en estado Malo

1) Verde (> 80%)

Funcionamiento totalmente operativo, de forma continua. No presenta ningún tipo de irregularidad en procesos, equipos o registros.

2) Amarillo ($\geq 50\%$ y $\leq 80\%$)

Funcionamiento parcialmente operativo. Se evidencian problemas menores o intermitentes como presencia de ruidos extraños, daños leves en infraestructura, dosificación irregular, entre otros, que requieren de ajuste y seguimiento.

3) Rojo (< 50%)

Funcionamiento irregular o fuera de servicio. Existen fallas críticas como secciones no operativas, daños graves de infraestructura, dosificación discontinua o inexistente, entre otras, que exigen un plan de mejoras inmediatas.

A continuación, se presenta una tabla para monitorear la evolución de la infraestructura de la PTAS y ejecutar mejoras progresivas hasta llegar al color verde, que representa el funcionamiento totalmente operativo.

Frecuencia para realizar esta evaluación: 1 o 2 meses.

Nota: los datos son referenciales y no representan mediciones reales. Lo ideal es lograr mantener el color verde.

Tabla 2.11 – Resumen de calificación de la evaluación cualitativa de la PTAS [Nueva Propuesta]

Fecha de Evaluación	% Evaluación	Color de Semáforo	Cantidad		
			Bueno	Regular	Malo
17-10-2025	40%	Rojo	5	10	20
17-12-2025	60%	Amarillo	10	15	10
17-02-2026	95%	Verde	20	15	0

2.10 Planillas evaluación cuantitativa

Nombre de PTAS: _____ Nombre de evaluador: _____

Planilla de evaluación de parámetros

Parámetro	Punto de medición	Límite DS 90/2001. tabla N°1 o Criterio	Fecha:		Fecha:		Fecha:	
			Valor medición	C / NC / D	Valor medición	C / NC / D	Valor medición	C / NC / D
pH	Afluente	6 - 8.5						
	Efluente							
CR	Efluente final	0.5 mg/L						
SS	Tanque aireación	criterio (ver apartado 2.8.2)						
	Sedimentador							
Turbiedad	Efluente final	criterio (ver apartado 2.8.2)						

* Conforme a la nueva modificación o anteproyecto del DS 90, el límite máximo permitido de cloro residual será de 0,5 mg/L; en consecuencia, para efectos de este análisis se adoptará dicho valor.

Calificación de evaluación de parámetros (ver apartado 2.9.1. calificación cuantitativa)

Fecha de evaluación	Puntuación obtenida	% Obtenido	Color del semáforo

Entiendase como C = Cumple ; NC = No Cumple ; D = Desempeño

Indicar que comportamiento se presenta en cada componente de acuerdo a lo descrito en el apartado 2.4

Planilla para pauta de verificación visual

Fecha	Componente Unitaria	Color	Cant. Espuma	Burbujeo	Resultado Operación
	Tanque de aireación 1				
	Tanque de aireación 2				
	Tanque de aireación 1				
	Tanque de aireación 2				
	Tanque de aireación 1				
	Tanque de aireación 2				
	Tanque de aireación 1				
	Tanque de aireación 2				

Fecha	Componente Unitaria	Color	Observación	Resultado Operación
	Sedimentador secundario 1			
	Sedimentador secundario 2			
	Sedimentador secundario 1			
	Sedimentador secundario 2			
	Sedimentador secundario 1			
	Sedimentador secundario 2			
	Sedimentador secundario 1			
	Sedimentador secundario 2			

Fecha	Componente Unitaria	Color	Cant. Espuma	Burbujeo	Resultado Operación
	Sector de desinfección 1				
	Sector de desinfección 2				
	Sector de desinfección 1				
	Sector de desinfección 2				
	Sector de desinfección 1				
	Sector de desinfección 2				
	Sector de desinfección 1				
	Sector de desinfección 2				

Nota: Solo rellenar dependiendo de la cantidad de componentes unitarias que se estén evaluando.

2.11 Planilla evaluación cualitativa

Dirigirse a Anexo II.

2.12 Planilla método volumétrico para medir caudal

Para completar planilla, revisar ejemplo del apartado 2.7.2.

Fecha	Nº medición	Vol. del recipiente [L]	Tiempo llenado [seg]	Caudal [L/seg]	Caudal [L/min] (* 60)	Caudal [m³/hr] (* 0.06)	Flujo
/ /							
Promedio							
/ /							
Promedio							
/ /							
Promedio							
/ /							
Promedio							
/ /							
Promedio							
/ /							
Promedio							
/ /							
Promedio							
/ /							
Promedio							
/ /							
Promedio							



Capítulo 3: Diagnóstico Intermedio

3 Diagnóstico Intermedio

El segundo nivel se basará en la medición de algunos parámetros simples mediante instrumentos portátiles de fácil uso. Este enfoque permitirá completar la observación con datos simples pero relevantes, accesibles para operadores con un grado de formación media, sin requerir infraestructura de laboratorio ni conocimiento técnicos avanzados.

A continuación, se presentan instrumentos portátiles que pueden ser útiles para este nivel:

- 1) HQ2100 Multímetro portátil con electrodo de conductividad de campo robusto, cable de 5 m.



Imagen 3.1 – Multiparámetro Portátil HQ2100

Su objetivo es medir una amplia variedad de parámetros, incluidos sólidos disueltos totales (TDS), oxígeno disuelto (OD) óptico, demanda química de oxígeno (DQO), temperatura, conductividad y pH.

- 2) Medidor Multiparamétrico pH/ORP/EC/TDS/Salinidad/OD/Presión/Temperatura a prueba de agua HI98194-4m (13')



Imagen 3.2 – Multiparámetro Portátil HI98194-4m

El HI98194 es un medidor multiparamétrico de registro portátil a prueba de agua que monitorea hasta 12 parámetros diferentes de calidad del agua, incluidos 6 medidos y 6 calculados. La sonda multisensorial basada en microprocesador permite medir parámetros clave, incluidos pH, ORP, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura. La sonda transmite lecturas digitalmente al medidor, donde se pueden mostrar y registrar los puntos de datos.

3.1 Sugerencia de parámetros prioritarios

[Nueva Propuesta]

Parámetros críticos para la evaluación operativa intermedia:

Tabla 3.1 – Parámetros prioritarios nivel intermedio [Nueva Propuesta]

Parámetro	Importancia
pH (in situ)	Indica la alcalinidad o acidez del agua, donde los valores extremos pueden afectar o incluso eliminar los microorganismos encargados de depurar las aguas residuales.
Cloro Residual Libre	Indica la cantidad de cloro disponible para la etapa final, asegurando la eliminación de patógenos antes de su descarga.
Sólidos Sedimentables (SS)	Permite evaluar la calidad del lodo dentro del sistema, detectando posibles problemas de decantación o sobrecarga. Esta muestra se puede realizar mediante un cono Imhoff.
Turbiedad	Indica una medida de la claridad del agua, asociada a la cantidad de partículas finas en suspensión. Este no es un parámetro que refleje directamente la eficiencia del tratamiento, pero puede servir como una primera aproximación visual al estado del efluente.
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Permiten evaluar la cantidad de materia en suspensión en el efluente y afluente y así verificar la eficiencia del tratamiento.
Oxígeno Disuelto (OD)	Es esencial para conocer la condición del ambiente donde están los microorganismos aeróbicos. Un nivel adecuado permite que los microorganismos trabajen de manera eficiente descomponiendo la materia orgánica y mejorando la calidad del agua tratada. Niveles bajos pueden generar malos olores y procesos indeseados.
Temperatura (°C)	Influye directamente en la solubilidad del oxígeno y en la velocidad de las reacciones biológicas que ocurren dentro del sistema de tratamiento. A mayor temperatura, menor cantidad de oxígeno puede mantenerse en el agua, lo que podría comprometer los procesos aeróbicos.

Estos datos permiten calcular indicadores importantes del proceso, como la edad del lodo, el índice volumétrico del lodo (IVL) y la relación F/M (alimento/microorganismo), los cuales entregan información relevante del funcionamiento del sistema, sin requerir de mediciones avanzadas como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) o nitrógeno Kjeldahl (NKT) que requieren de análisis en laboratorio.

Al igual que en el primer nivel de diagnóstico, se puede realizar un test de sedimentabilidad, para visualizar la tasa de crecimiento de los sólidos, las condiciones de los sólidos al interior del tanque de aireación y fundamentalmente la cantidad de lodo debe retornarse para asegurar el retorno adecuado de microorganismos al tanque de aireación.

3.2 Sugerencia de instrumentos simples

[Nueva Propuesta]

Algunos de los instrumentos simples útiles para este nivel son los siguientes:

- Cono Imhoff o Probetas de 1000 o 2000 ml
- Testigo de Lodos
- Caudalímetro / Canaleta Parshall
- Tiras indicadoras de pH
- Sobres DPD de Cloro Libre
- PHmetro
- Multiparámetro

3.3 Formación para operadores

[Nueva Propuesta]

Los requerimientos para el operador de la planta de tratamiento, en este nivel, deben considerar la siguiente formación mínima:

- Estar capacitado en el funcionamiento general del sistema de tratamiento, es decir, la función específica de cada unidad de la planta (cámara receptora, sedimentador primario, reactor, sedimentador secundario y sistema de cloración).
- Manejo de parámetros operacionales simples, como el caudal y condiciones de entrada y salida del sistema.
- Incorporar rutinas simples de mantenimiento y limpieza.
- Estar capacitado en Excel básico.
- Comprender el funcionamiento y lectura adecuada de los valores obtenidos por el instrumento portátil.
- Conocimiento y aplicación de protocolos básicos de seguridad personal y operativa.

3.4 Medidas Higiénicas

[Nueva Propuesta]

A pesar de que el operador sabe perfectamente que está trabajando en una planta de tratamiento de aguas residuales, y que esta puede ser un foco infeccioso, es normal que con el paso del tiempo pierda el miedo y olvide los riesgos para la salud que su trabajo conlleva si no se toman ciertas precauciones básicas. A continuación, se enumeran algunas medidas de seguridad recomendadas por la Organización Mundial de la Salud [3]:

- La planta debe contar siempre con disponibilidad de agua limpia, jabón y toallas. Es aconsejable utilizar toallas desechables de papel, en lugar de toallas de tela, para evitar que estas permanezcan demasiado tiempo sin lavar.
- El operador debe disponer de guantes impermeables, botas de goma, gafas o una careta, mascarilla y overol resistente al agua. Todas las prendas utilizadas en planta deben permanecer en ella al finalizar la jornada laboral. En lo posible lavar la ropa en el trabajo.
- Siempre que se vaya a comer o a beber, hay que lavarse las manos. Si es posible, es preferible evitar las comidas en el interior del recinto.
- Evitar tocarse la cara, la boca, los ojos, la nariz o las heridas de la piel abiertas al manipular desechos, o cualquier material que han estado en contacto con desechos.
- Todas las herramientas de trabajo deben limpiarse con agua limpia antes de ser guardadas después de su uso.
- Los cortes, arañazos y abrasiones que pueda sufrir el operador deben desinfectarse inmediatamente después de que se hayan producido.
- El acceso a la planta debe mantenerse cerrado, incluso cuando el operador está trabajando en el recinto, ya que éste no puede estar pendiente todo el tiempo de posibles visitas, y existe un riesgo importante de accidentes, especialmente para los niños.
- Es importante recordar los riesgos higiénicos para los visitantes si no están suficientemente informados y tocan las estructuras y demás elementos de la planta que están en contacto con las aguas residuales.
- Mantener la vacunación actualizada contra hepatitis A, B, difteria, tétanos y fiebre tifoidea.

3.5 Información requerida para la evaluación de la PTAS

[Nueva Propuesta]

3.5.1 Caudales

Los distintos tipos de caudales afluentes a la planta de tratamiento de aguas servidas (PTAS) necesarios para verificar o evaluar las diferentes componentes unitarias de las configuraciones de tratamiento pueden resumirse del siguiente modo:

- **Medio diario anual:** Corresponde al valor medio diario anual de consumo de agua potable corregido por un factor denominado coeficiente de recuperación, el que en el país es normalmente adoptado como $R = 0,8$.
- **Medio período verano (punta):** corresponde al valor medio diario del caudal correspondiente al periodo del verano (enero a marzo y diciembre de cada año).
- **Medio período resto del año (no punta):** corresponde al valor medio diario del caudal correspondiente al periodo del resto del año (abril a noviembre de cada año).
- **Máximo mensual:** Corresponde al valor del mes de máximo caudal del año (enero a diciembre).
- **Máximo diario:** Corresponde al día de máximo caudal del año.
- **Máximo horario:** Corresponde a la condición de máximo horario obtenido a lo largo del año.

Se debe destacar que un requisito indispensable para poder estimar adecuadamente el comportamiento de la PTAS o determinadas componentes unitarias de la misma, se requiere contar con el **caudal medio diario anual**, obtenible a partir del análisis estadístico de todo un año de mediciones diarias.

3.6 Evaluación cualitativa y cuantitativa de la PTAS

3.6.1 Metodología de evaluación cualitativa

En esta sección se establece la metodología para realizar la evaluación cualitativa de una planta de tratamiento de aguas servidas. La evaluación considera el estado operativo y estructural de las unidades que conforman la planta, así como de su equipamiento asociado, de acuerdo a los criterios que se describen en el “*Anexo I*”.

Para llevar a cabo la inspección, se utilizará la planilla presentada en el “*Anexo II*”, la cual permite registrar de manera sistemática la condición observada de cada componente.

Los criterios descritos en el anexo I corresponden a [Original SUBDERE]. En el documento de la SUBDERE solo se presenta, a modo de ejemplo, evaluaciones de PTAS en un anexo; la guía original no incluye una planilla. Por ello, la planilla de evaluación cualitativa presentada en anexo II se clasifica como [Nueva Propuesta].

En esta evaluación se definen tres escenarios de diagnóstico:

- Bueno (B): el componente se encuentra en condiciones adecuadas de mantenimiento y operación.
- Regular (R): el componente presenta deficiencias o desgastes que pueden comprometer su desempeño a corto o mediano plazo.
- Malo (M): el componente se encuentra deteriorado o fuera de servicio, lo que requiere reparación o reemplazo.

Durante la inspección debe evaluarse detenidamente los aspectos asociados a la calificación del equipamiento o componente.

Si existe alguna instalación y/o componente unitaria de la PTAS que no esté en la planilla de evaluación, se debe catastrar de todas formas, indicando su estado (bueno, regular o malo) y especificando en que etapa de la planta se encuentra.

A continuación, se presenta un ejemplo:

- Se realiza una visita a terreno a una localidad rural de la comuna de Petorca, en donde se encuentra la siguiente componente unitaria:



Imagen 3.3 – Pasarelas sector de Estanques de Aireación y Sedimentadores Secundarios

Si bien, la pasarela no figura como ítem en la planilla de evaluación, esta debe considerarse en los comentarios. Allí se debe indicar a que apartado pertenece, clasificar su estado y detallar cualquier observación correspondiente, de la siguiente manera:

Comentarios:

Tabla 3.2 – Tabla resumen para agregar nuevas componentes unitarias de PTAS

Componente Unitario:	Pasarelas sector de Estanques de Aireación y Sedimentadores Secundarios.
Apartado:	1. Obras civiles
Estado:	Malo
Observación:	Pasarelas en mal estado, corroídas y con daños estructurales.

3.6.2 Metodología de evaluación cuantitativa

En esta sección se presentan algunos de los criterios para realizar la evaluación cuantitativa de la planta de tratamiento de acuerdo a la sugerencia de parámetros. Los criterios descritos son para parámetros que no se miden de acuerdo a límites establecidos por la normativa vigente.

Para llevar a cabo la evaluación, se utilizará la planilla presentada al final de este capítulo, la cual permite registrar de manera sistemática tanto el registro medido (sugerencia de parámetros) y lo observado (pauta de verificación visual) de cada parámetro y proceso.

Criterios para evaluar la Turbiedad:

Tabla 3.3 – Criterios para evaluar la Turbiedad [Nueva Propuesta]

Nivel	Descripción	Desempeño
Baja	El agua se ve transparente o ligeramente traslúcida. No se observan sedimentos visibles.	Bueno / Verde
Media	El agua presenta un aspecto turbio o lechoso, con una ligera presencia de partículas finas en suspensión o sedimentos pequeños al fondo después de unos minutos.	Regular / Amarillo
Alta	El agua se observa opaca, de color marrón y contiene sólidos visibles en movimiento o depositados al fondo.	Malo/Alerta

Criterios para evaluar los Sólidos Sedimentables:

Tabla 3.4 – Criterios para evaluar los Sólidos Sedimentables [Nueva Propuesta]

Nivel	Descripción	Desempeño
Óptimo	Límite de separación claro, flóculos compactos y bien formados; sobrenadante transparente o ligeramente opalescente. Indicador: 100 – 200 ml/l/h (10 – 20% del cono/probeta)	Bueno
Intermedio	Asentamiento lentos, flóculos poco compactos, sobrenadante levemente turbio. Indicador: 200 – 500 ml/l/h (20 – 50% del cono/probeta)	Regular
Malo	Límite de separación difusa, flóculos difusos, sobrenadante turbio. Indicador: > 500 ml/l/h (>50% del cono/probeta)	Malo/Alerta
Sólidos bajos – lodo joven	Asienta bastante rápido, capa delgada de lodo, sobrenadante claro, pero con flóculos finos. Indicador: 0 – 100 ml/l/h (< 10% del cono/probeta)	Regular (riesgo de arrastre)

*** Considerando que el cono/probeta es de 1000 ml**

Criterios para evaluar el Oxígeno Disuelto:

Tabla 3.5 – Criterios para evaluar el Oxígeno Disuelto [Original SUBDERE]

Valor Leído	Verificaciones	Desempeño
OD > 1 mg/L	Presencia de burbujas finas con distribución uniforme. Menos del 25% de la superficie con espuma delgada (de espesor menos que 8 mm) siempre y cuando esta no sea blanca espesa, cafésosa, oscura con aspecto grasiento o espumoso o muy negra.	Bueno / Verde
1 > OD > 0.5 mg/L	Burbujas gruesas y no uniformemente distribuidas. Más del 25% de la superficie con espuma delgada (de espesor menos que 8 mm) siempre y cuando esta no sea blanca espesa, cafésosa, oscura con aspecto grasiento o espumoso o muy negra.	Regular / Amarillo
OD < 0.5 mg/L	Presencia de espumas extrañas.	Malo / Rojo

3.7 Calificación

[Nueva Propuesta]

De acuerdo a la evaluación cualitativa y cuantitativa, se realiza un chequeo final para ubicar la planta en un rango de cumplimiento. Este rango estará descrito por un “semáforo”, es decir:

- **Verde:** Buen desempeño operativo y cumplimiento de parámetros.
- **Amarillo:** Desempeño Regular, se requieren ajustes y seguimientos.
- **Rojo:** Mal desempeño o condición de alerta, se necesita un plan de mejoras inmediatas.

Para poder comprender de una manera sencilla esta calificación, se evaluará un ejemplo del nivel intermedio, es decir, se evaluarán 7 parámetros, que es la cantidad de parámetros sugeridos que se menciona en el apartado 3.1 del presente capítulo.

3.7.1 Evaluación cuantitativa

3.7.1.1 Sugerencia de parámetros

La calificación consiste en asignar a cada parámetro un puntaje y luego sumarlos para un índice total. Se tendrán tres casos: 1) parámetro con un rango, 2) parámetro con límite fijo y 3) parámetro medido por desempeño.

- 4) **Parámetros con rangos** (considere: pH)
 - Dentro del rango = 1
 - Cerca del borde (considerar holgura de ± 0.3) = 0.5
 - Fuera del rango = 0
- 5) **Parámetros con límite fijo** (considere: Cloro Residual, SST y T)
 - Menor al límite = 1
 - Holgura (+0.3) = 0.5
 - Mayor al límite = 0
- 6) **Parámetros por desempeño** (considere: SS, Turbiedad y OD)
 - Bueno = 1
 - Regular = 0.5
 - Malo = 0

Como en este ejemplo se analizan 7 parámetros, la puntuación máxima que se puede obtener es 7 puntos, lo que correspondería al 100%, por lo tanto, el 80% correspondería a 5.6 puntos y el 50% a 3.5 puntos. Considere “S” como la suma del puntaje obtenido.

Por lo tanto, al sumar la puntuación de parámetros, se podrá calificar de acuerdo al porcentaje que se indica a continuación:

1) Verde ($\geq 80\%$) $\rightarrow$ ($S \geq 5.6$)

Las mediciones son adecuadas y las concentraciones de parámetros se mantienen de acuerdo a los límites exigidos en la norma vigente.

2) **Amarillo** (50% < S < 80%) → (3.5 < S < 5.6)

Se realiza control con menos frecuencia, lo que deja algunos de los parámetros fuera de rango de los límites exigidos. Se sugiere aumentar la frecuencia de monitoreo, ajustar operación y priorizar los parámetros fuera de rango.

3) **Rojo** (≤ 50%) → (S ≤ 3.5)

Desempeño insuficiente, incumplimiento en ciertos parámetros. Se sugiere elaborar un plan de mejora, que incluya ajustes operacionales, mantenciones y capacitación.

A continuación, se presenta una tabla para monitorear la evolución del desempeño de la PTAS, basada en el cumplimiento y desempeño de parámetros, orientada a asegurar la operación correcta.

Frecuencia para realizar esta evaluación: 10 a 15 días.

Nota: los datos son referenciales y no representan mediciones reales. Lo ideal es lograr mantener el color verde.

Tabla 3.6 – Resumen y evolución de evaluación cuantitativa de la PTAS [Nueva Propuesta]

Fecha de Evaluación	Puntuación Obtenida	% Obtenido	Color Semáforo
17-10-2025	2.5	36%	Rojo
27-10-2025	3.5	50%	Amarillo
7-11-2025	5.0	71%	Amarillo
17-11-2025	6.5	93%	Verde

3.7.2 Evaluación Cualitativa

De acuerdo con los resultados de la planilla de la evaluación cualitativa (Anexo II), el porcentaje que evalúa el desempeño general de la planta, se determina de la siguiente forma:

- Bueno (B) = 2 puntos
- Regular (R) = 1 punto
- Malo (M) = 0 punto

Por lo tanto, la fórmula de evaluación es:

$$\% \text{ evaluación} = \left(\frac{2 * B + 1 * R + 0 * M}{2 * \text{Total de parámetros evaluados}} \right) * 100$$

Donde:

B = cantidad de parámetros en estado Bueno

R = cantidad de parámetros en estado Regular

M = cantidad de parámetros en estado Malo

1) **Verde** (> 80%)

Funcionamiento totalmente operativo, de forma continua. No presenta ningún tipo de irregularidad en procesos, equipos o registros.

2) Amarillo ($\geq 50\%$ y $\leq 80\%$)

Funcionamiento parcialmente operativo. Se evidencian problemas menores o intermitentes como presencia de ruidos extraños, daños leves en infraestructura, dosificación irregular, entre otros, que requieren de ajuste y seguimiento.

3) Rojo ($< 50\%$)

Funcionamiento irregular o fuera de servicio. Existen fallas críticas como secciones no operativas, daños graves de infraestructura, dosificación discontinua o inexistente, entre otras, que exigen un plan de mejoras inmediatas.

A continuación, se presenta una tabla para monitorear la evolución de la infraestructura de la PTAS y ejecutar mejoras progresivas hasta llegar al color verde, que representa el funcionamiento totalmente operativo.

Frecuencia para realizar esta evaluación: 1 o 2 meses.

Nota: los datos son referenciales y no representan mediciones reales. Lo ideal es lograr mantener el color verde.

Tabla 3.7 – Resumen de calificación de la evaluación cualitativa de la PTAS [Nueva Propuesta]

Fecha de Evaluación	% Evaluación	Color de Semáforo	Cantidad		
			Bueno	Regular	Malo
17-10-2025	40%	Rojo	5	10	20
17-12-2025	60%	Amarillo	10	15	10
17-02-2026	95%	Verde	20	15	0

3.8 Planillas evaluación cuantitativa

Nombre de PTAS: _____ Nombre de evaluador: _____

Planilla de evaluación de parámetros

Parámetro	Punto de medición	Límite DS 90/2001. tabla N°1 o Criterio	Fecha:		Fecha:		Fecha:	
			Valor medición	C / NC / D	Valor medición	C / NC / D	Valor medición	C / NC / D
pH	Afluente	6 - 8.5						
	Efluente							
Cloro Residual	Efluente final	0.5 mg/L						
Sólidos Sedimentables	Tanque aireación	criterio (ver apartado 3.6.2)						
	Sedimentador							
Turbiedad	Efluente final	criterio (ver apartado 3.6.2)						
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Afluente	80 mg/L						
	Tanque aireación							
	Efluente final							
Oxígeno Disuelto (OD)	Tanque aireación	criterio (ver apartado 3.6.2)						
	Salida sedimentador secundario							
Temperatura	Afluente	35 °C						
	Tanque aireación							

* Conforme a la nueva modificación o anteproyecto del DS 90, el límite máximo permitido de cloro residual será de 0,5 mg/L; en consecuencia, para efectos de este análisis se adoptará dicho valor.

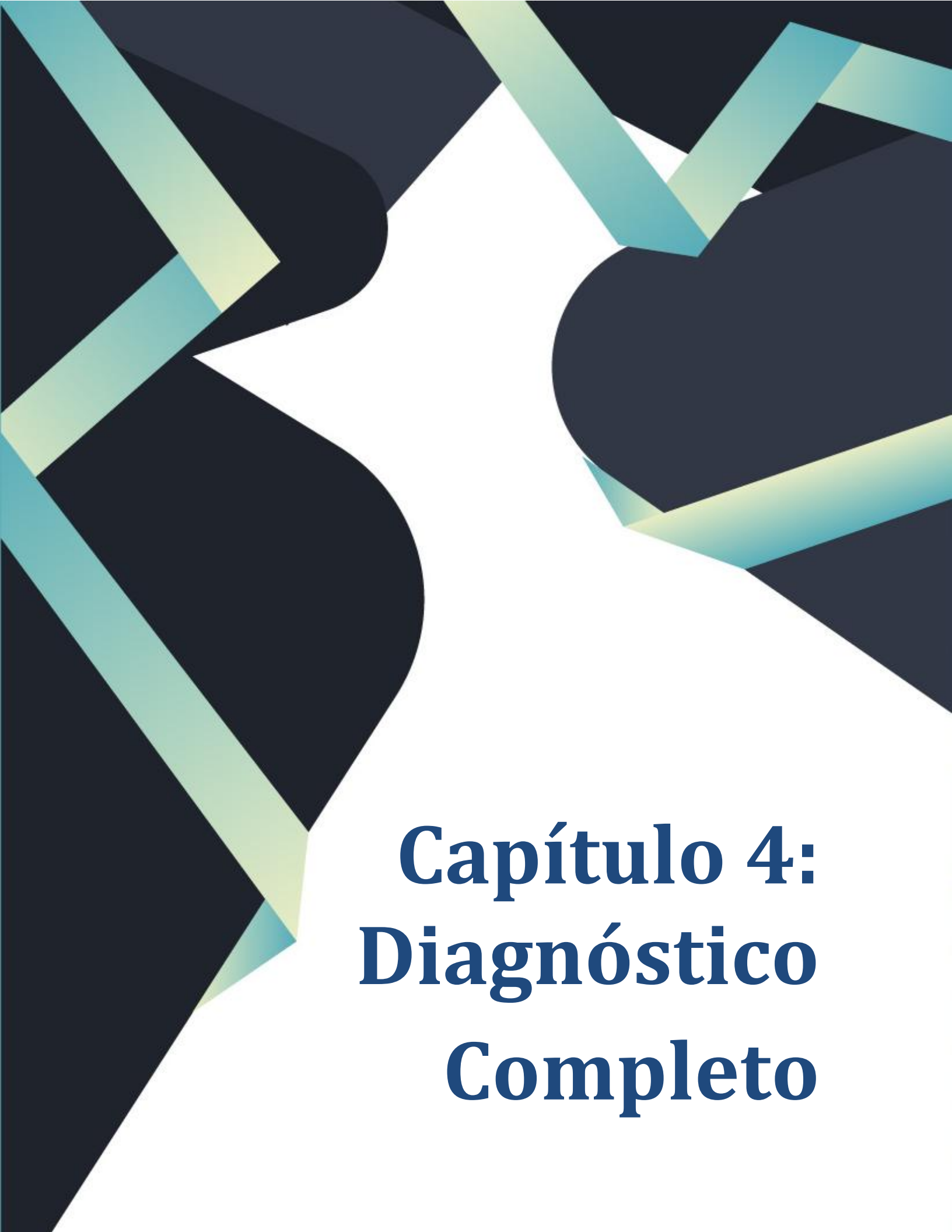
Calificación de evaluación de parámetros (ver apartado 3.7.1. calificación cuantitativa)

Fecha de evaluación	Puntuación obtenida	% Obtenido	Color del semáforo

Entiendase como C = Cumple ; NC = No Cumple ; D = Desempeño

3.9 Planilla evaluación cualitativa

Dirigirse a Anexo II.



Capítulo 4: Diagnóstico Completo

4 Diagnóstico Completo

El tercer y último nivel correspondería a una evaluación completa, tal como ya se plantea actualmente en la guía. Este nivel estaría dirigido para aquellos sistemas que cuentan con operadores capacitados, disponibilidad de recursos económicos suficientes para realizar análisis de laboratorio y acceso a instrumentos completos. En estos casos se podrían aplicar todos los criterios establecidos en la guía, permitiendo un diagnóstico completo y más detallado.

4.1 Sugerencia de parámetros prioritarios

Tabla 4.1 – Parámetros prioritarios del nivel completo [Nueva Propuesta]

Parámetro	Importancia
pH (in situ)	Indica la alcalinidad o acidez del agua, donde los valores extremos pueden afectar o incluso eliminar los microorganismos encargados de depurar las aguas residuales.
Cloro Residual Libre	Indica la cantidad de cloro disponible para la etapa final, asegurando la eliminación de patógenos antes de su descarga.
Sólidos Sedimentables (SS)	Permite evaluar la calidad del lodo dentro del sistema, detectando posibles problemas de decantación o sobrecarga. Esta muestra se puede realizar mediante un cono Imhoff.
Turbiedad	Indica una medida de la claridad del agua, asociada a la cantidad de partículas finas en suspensión. Este no es un parámetro que refleje directamente la eficiencia del tratamiento, pero puede servir como una primera aproximación visual al estado del efluente.
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Permiten evaluar la cantidad de materia en suspensión en el efluente y afluente y así verificar la eficiencia del tratamiento.
Oxígeno Disuelto (OD)	Es esencial para conocer la condición del ambiente donde están los microorganismos aeróbicos. Un nivel adecuado permite que los microorganismos trabajen de manera eficiente descomponiendo la materia orgánica y mejorando la calidad del agua tratada. Niveles bajos pueden generar malos olores y procesos indeseados.
Temperatura (°C)	Influye directamente en la solubilidad del oxígeno y en la velocidad de las reacciones biológicas que ocurren dentro del sistema de tratamiento. A mayor temperatura, menor cantidad de oxígeno puede mantenerse en el agua, lo que podría comprometer los procesos aeróbicos.

Parámetro	Importancia
Nitrógeno Kjeldahl (NKT)	Indica la cantidad de nitrógeno disponible para procesos de nitrificación en el tratamiento biológico. Los altos niveles de nitrógeno pueden causar eutrofización, proceso que agota el oxígeno del agua. Por lo tanto, es muy importante controlarlo y medirlo para prevenir daños ambientales.
Fósforo (PT)	Es otro nutriente crítico para la eutrofización, su control es esencial para cumplir la normativa y proteger los cuerpos receptores.
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	Estima la cantidad de contaminación orgánica en las aguas residuales. Además, permite evaluar la eficiencia del tratamiento y verificar si el efluente cumple con los límites ambientales.
Demanda química de oxígeno (DQO)	Indica la carga total de materia orgánica, tanto biodegradable como no biodegradable. Ayuda a controlar variaciones en el caudal afluente. Se puede predecir la DBO de forma rápida, ya que se obtiene en horas en lugar de los 5 días de la DBO.
Coliformes Fecales	Indica la calidad del efluente antes de su descarga por lo que evalúa el proceso de desinfección. Su presencia confirma la existencia de patógenos en las aguas residuales que pueden afectar la salud humana.
Aceites y Grasas	Estos conjuntos lipídicos dificultan la aireación, forman costras y espumas y pueden obstruir tuberías y equipos.

Para la evaluación de estos parámetros es necesario contar con equipamiento avanzado de laboratorio y/o recursos suficientes para enviar muestreo de datos de manera regular a un laboratorio externo. La información obtenida a partir de estos datos permite obtener en detalle el estado operativo completo del sistema de tratamiento.

Al igual que en los niveles de diagnóstico anteriores, se puede realizar un test de sedimentabilidad, para visualizar la tasa de crecimiento de los sólidos, las condiciones de los sólidos al interior del tanque de aireación y fundamentalmente la cantidad de lodo debe retornarse para asegurar el retorno adecuado de microorganismos al tanque de aireación.

4.2 Registros diarios de operación PTAS

Los registros más importantes a obtener para la evaluación obedecerán al siguiente detalle:

Tabla 4.2 – Registros diarios para operación de PTAS – Tabla N° 97 [Original SUBDERE]

Parámetros	Formula	Valor
Caudal medio diario (l/s)	-	
Concentración DBO afluente (mg/l)	Medición de laboratorio	
Concentración SST afluente (mg/l)	Medición de laboratorio	
Concentración SST tanque aireación (kg.)	Medición MLSS en [mg/L] $M_{tanque} = V [m^3] * X [kg/m^3]$	
Concentración SSV tanque aireación (kg.)	Medición MLVSS en [mg/L] $M_{tanque} = V * \frac{MLVSS [mg/L]}{1000}$	
Tasa de lodos de retorno con respecto al caudal afluente	$R = \frac{Q_r [m^3/d]}{Q [m^3/d]} \%$	
Lodos en exceso evacuados diariamente (kg/d)	$Sólidos Purgados = Q_w [m^3/d] * X_w [kg/m^3]$	
Cantidad aire suministrado a los tanques de aireación	Suma de caudales de sopladores operativos	
Edad del lodo (días)	$\theta_c = \frac{V * X}{Q_w * X_w + Q_e * X_e}$	
F/M	$\frac{F}{M} = \frac{Q * S_0}{V * X}$	
IVL	$IVL = \frac{S_{V30} [ml/L]}{MLSS [g/L]}$	
Consumo de energía (kWh/mes)	-	

Considere:

Q = caudal afluente [m^3/d]

Q_e = caudal de efluente [m^3/d]

Q_r = caudal de lodo de retorno [m^3/d]

Q_w = caudal de purga [m^3/d] (waste)

V = Volumen útil del tanque de aireación [m^3]

X = MLSS en licor mixto [kg/m^3] = (MLSS mg/L)/1000

X_e = SST en efluente [kg/m^3]

X_r o X_w = SST del lodo de retorno o de purga [kg/m^3]

S_0 = DBO afluente [kg/m^3]

S_{V30} = volumen sedimentado en cono a 30 min [ml/L]

4.3 Formación básica para operadores

[Nueva Propuesta]

Los requerimientos para el operador de la planta de tratamiento, en este nivel, deben considerar la siguiente formación mínima:

- Estar capacitado en el funcionamiento general del sistema de tratamiento.
- Incorporar rutinas de mantenimiento y limpieza.
- Estar capacitado en Excel avanzado.
- Conocimiento y aplicación de protocolos básicos de seguridad personal y operativa.
- Tener experiencia en la toma de muestras, cumpliendo estándares de calidad y conservación.

4.4 Medidas Higiénicas

[Nueva Propuesta]

A pesar de que el operador sabe perfectamente que está trabajando en una planta de tratamiento de aguas residuales, y que esta puede ser un foco infeccioso, es normal que con el paso del tiempo pierda el miedo y olvide los riesgos para la salud que su trabajo conlleva si no se toman ciertas precauciones básicas. A continuación, se enumeran algunas medidas de seguridad recomendadas por la Organización Mundial de la Salud [3]:

- La planta debe contar siempre con disponibilidad de agua limpia, jabón y toallas. Es aconsejable utilizar toallas desechables de papel, en lugar de toallas de tela, para evitar que estas permanezcan demasiado tiempo sin lavar.
- El operador debe disponer de guantes impermeables, botas de goma, gafas o una careta, mascarilla y overol resistente al agua. Todas las prendas utilizadas en planta deben permanecer en ella al finalizar la jornada laboral. En lo posible lavar la ropa en el trabajo.
- Siempre que se vaya a comer o a beber, hay que lavarse las manos. Si es posible, es preferible evitar las comidas en el interior del recinto.
- Evitar tocarse la cara, la boca, los ojos, la nariz o las heridas de la piel abiertas al manipular desechos, o cualquier material que han estado en contacto con desechos.
- Todas las herramientas de trabajo deben limpiarse con agua limpia antes de ser guardadas después de su uso.
- Los cortes, arañazos y abrasiones que pueda sufrir el operador deben desinfectarse inmediatamente después de que se hayan producido.
- El acceso a la planta debe mantenerse cerrado, incluso cuando el operador está trabajando en el recinto, ya que éste no puede estar pendiente todo el tiempo de posibles visitas, y existe un riesgo importante de accidentes, especialmente para los niños.
- Es importante recordar los riesgos higiénicos para los visitantes si no están suficientemente informados y tocan las estructuras y demás elementos de la planta que están en contacto con las aguas residuales.
- Mantener la vacunación actualizada contra hepatitis A, B, difteria, tétanos y fiebre tifoidea.

4.5 Información requerida para la evaluación de la PTAS

[Original SUBDERE]

4.5.1 Caudales

Los distintos tipos de caudales afluentes a la planta de tratamiento de aguas servidas (PTAS) necesarios para verificar o evaluar las diferentes componentes unitarias de las configuraciones de tratamiento pueden resumirse del siguiente modo:

- **Medio diario anual:** Corresponde al valor medio diario anual de consumo de agua potable corregido por un factor denominado coeficiente de recuperación, el que en el país es normalmente adoptado como $R = 0,8$.
- **Medio período verano (punta):** corresponde al valor medio diario del caudal correspondiente al periodo del verano (enero a marzo y diciembre de cada año).
- **Medio período resto del año (no punta):** corresponde al valor medio diario del caudal correspondiente al periodo del resto del año (abril a noviembre de cada año).
- **Máximo mensual:** Corresponde al valor del mes de máximo caudal del año (enero a diciembre).
- **Máximo diario:** Corresponde al día de máximo caudal del año.
- **Máximo horario:** Corresponde a la condición de máximo horario obtenido a lo largo del año.

Se debe destacar que un requisito indispensable para poder estimar adecuadamente el comportamiento de la PTAS o determinadas componentes unitarias de la misma, se requiere contar con el **caudal medio diario anual**, obtenible a partir del análisis estadístico de todo un año de mediciones diarias.

4.6 Evaluación cualitativa y cuantitativa de la PTAS

4.6.1 Metodología de evaluación cualitativa

En esta sección se establece la metodología para realizar la evaluación cualitativa de una planta de tratamiento de aguas servidas. La evaluación considera el estado operativo y estructural de las unidades que conforman la planta, así como de su equipamiento asociado, de acuerdo a los criterios que se describen en el “**Anexo I**”.

Para llevar a cabo la inspección, se utilizará la planilla presentada en el “**Anexo II**”, la cual permite registrar de manera sistemática la condición observada de cada componente.

Los criterios descritos en el anexo I corresponden a [Original SUBDERE]. En el documento de la SUBDERE solo se presenta, a modo de ejemplo, evaluaciones de PTAS en un anexo; la guía original

no incluye una planilla. Por ello, la planilla de evaluación cualitativa presentada en anexo II se clasifica como **[Nueva Propuesta]**.

En esta evaluación se definen tres escenarios de diagnóstico:

- Bueno (B): el componente se encuentra en condiciones adecuadas de mantenimiento y operación.
- Regular (R): el componente presenta deficiencias o desgastes que pueden comprometer su desempeño a corto o mediano plazo.
- Malo (M): el componente se encuentra deteriorado o fuera de servicio, lo que requiere reparación o reemplazo.

Durante la inspección debe evaluarse detenidamente los aspectos asociadas a la calificación del equipamiento o componente.

Si existe alguna instalación y/o componente unitaria de la PTAS que no esté en la planilla de evaluación, se debe catastrar de todas formas, indicando su estado (bueno, regular o malo) y especificando en que etapa de la planta se encuentra.

A continuación, se presenta un ejemplo:

- Se realiza una visita a terreno a una localidad rural de la comuna de Petorca, en donde se encuentra la siguiente componente unitaria:



Imagen 4.1 – Pasarelas sector de Estanques de Aireación y Sedimentadores Secundarios

Si bien, la pasarela no figura como ítem en la planilla de evaluación, esta debe considerarse en los comentarios. Allí se debe indicar a que apartado pertenece, clasificar su estado y detallar cualquier observación correspondiente, de la siguiente manera:

Comentarios:

Tabla 4.3 – Tabla resumen para agregar nuevas componentes unitarias de PTAS

Componente Unitario:	Pasarelas sector de Estanques de Aireación y Sedimentadores Secundarios.
Apartado:	1. Obras civiles
Estado:	Malo
Observación:	Pasarelas en mal estado, corroídas y con daños estructurales.

4.6.2 Metodología de evaluación cuantitativa

En esta sección se presentan algunos de los criterios para realizar la evaluación cuantitativa de la planta de tratamiento de acuerdo a la sugerencia de parámetros. Los criterios descritos son para parámetros que no se miden de acuerdo a límites establecidos por la normativa vigente.

Para llevar a cabo la evaluación, se utilizará la planilla presentada al final de este capítulo, la cual permite registrar de manera sistemática tanto el registro medido (sugerencia de parámetros) y lo observado (pauta de verificación visual) de cada parámetro y proceso.

Criterios para evaluar la Turbiedad:

Tabla 4.4 – Criterios para evaluar la Turbiedad [Nueva Propuesta]

Nivel	Descripción	Desempeño
Baja	El agua se ve transparente o ligeramente translúcida. No se observan sedimentos visibles.	Bueno / Verde
Media	El agua presenta un aspecto turbio o lechoso, con una ligera presencia de partículas finas en suspensión o sedimentos pequeños al fondo después de unos minutos.	Regular / Amarillo
Alta	El agua se observa opaca, de color marrón y contiene sólidos visibles en movimiento o depositados al fondo.	Malo/Alerta

Criterios para evaluar los Sólidos Sedimentables:

Tabla 4.5 – Criterios para evaluar los Sólidos Sedimentables [Nueva Propuesta]

Nivel	Descripción	Desempeño
Óptimo	Límite de separación claro, flóculos compactos y bien formados; sobrenadante transparente o ligeramente opalescente. Indicador: 100 – 200 ml/l/h (10 – 20% del cono/probeta)	Bueno
Intermedio	Asentamiento lentos, flóculos poco compactos, sobrenadante levemente turbio. Indicador: 200 – 400 ml/l/h (20 – 40% del cono/probeta)	Regular
Malo	Límite de separación difusa, flóculos difusos, sobrenadante turbio. Indicador: > 500 ml/l/h (>50% del cono/probeta)	Malo/Alerta
Sólidos bajos – lodo joven	Asienta bastante rápido, capa delgada de lodo, sobrenadante claro, pero con flóculos finos. Indicador: 0 – 100 ml/l/h (< 10% del cono/probeta)	Regular (riesgo de arrastre)

* Considerando que el cono/probeta es de 1000 ml

Criterios para evaluar el Oxígeno Disuelto:

Tabla 4.6. Criterios para evaluar el Oxígeno Disuelto [Original SUBDERE]

Valor Leído	Verificaciones	Desempeño
OD > 1 mg/L	Presencia de burbujas finas con distribución uniforme. Menos del 25% de la superficie con espuma delgada (de espesor menos que 8 mm) siempre y cuando esta no sea blanca espesa, cafésosa, oscura con aspecto grasiento o espumoso o muy negra.	Bueno / Verde
1 > OD > 0.5 mg/L	Burbujas gruesas y no uniformemente distribuidas. Más del 25% de la superficie con espuma delgada (de espesor menos que 8 mm) siempre y cuando esta no sea blanca espesa, cafésosa, oscura con aspecto grasiento o espumoso o muy negra.	Regular / Amarillo
OD < 0.5 mg/L	Presencia de espumas extrañas.	Malo / Rojo

Criterios para evaluar la Demanda química de oxígeno (DQO):

La DBO y la DQO están relacionadas y mantienen una proporción específica dependiendo del tipo de agua. Sin embargo, la relación entre ellas no es igual para todos los procesos y matrices. Por ejemplo, en las aguas residuales urbanas, se puede tener un 50% de la DQO en forma de DBO, lo que equivale a un factor de 0.5 aplicable a la DQO. [4] En cambio, en las aguas residuales industriales, esta proporción puede variar con distintos porcentajes. En este estudio, nos centraremos en las aguas residuales urbanas, donde la relación de DBO/DQO se asume como 50%.

Por lo tanto:

Tabla 4.7 – Criterios para evaluar la demanda química de oxígeno [Nueva Propuesta]

Valor Leído	Verificaciones	Desempeño
50%	Alta biodegradabilidad, la mayoría de la DQO está en forma de DBO, lo que permite un tratamiento biológico eficiente. (los microorganismos podrán consumir la materia orgánica con la cantidad de oxígeno disponible).	Bueno / Verde
40% – 50% 50% – 60%	Biodegradabilidad es aceptable, pero puede requerir optimización en el tratamiento biológico.	Regular / Amarillo
< 40% > 60%	Baja biodegradabilidad o presencia de compuestos no biodegradables. El tratamiento biológico puede no ser suficiente. (Este tipo de agua es más difícil de tratar y puede requerir más cantidad de oxígeno o incluso tratamiento químico).	Malo / Rojo

4.7 Calificación

[Nueva Propuesta]

De acuerdo a la evaluación cualitativa y cuantitativa, se realiza un chequeo final para ubicar la planta en un rango de cumplimiento. Este rango estará descrito por un “semáforo”, es decir:

- **Verde:** Buen desempeño operativo y cumplimiento de parámetros.
- **Amarillo:** Desempeño Regular, se requieren ajustes y seguimientos.
- **Rojo:** Mal desempeño o condición de alerta, se necesita un plan de mejoras inmediatas.

Para poder comprender de una manera sencilla esta calificación, se evaluará un ejemplo del nivel completo, es decir, se evaluarán 13 parámetros, que es la cantidad de parámetros sugeridos que se menciona en el apartado 4.1 del presente capítulo.

4.7.1 Evaluación cuantitativa

4.7.1.1 Sugerencia de parámetros

La calificación consiste en asignar a cada parámetro un puntaje y luego sumarlos para un índice total. Se tendrán tres casos: 1) parámetro con un rango, 2) parámetro con límite fijo y 3) parámetro medido por desempeño.

- 7) **Parámetros con rangos** (considere: pH, Cloro residual)
 - Dentro del rango = 1
 - Cerca de los bordes (considerar holgura de ± 0.3) = 0.5
 - Fuera del rango = 0
- 8) **Parámetros con límite fijo** (considere: SST, T, NKT, PT, DBO, CF y Aceites y grasas)
 - Menor al límite = 1
 - Holgura (+0.3) = 0.5
 - Mayor al límite = 0
- 9) **Parámetros por desempeño** (considere: SS, Turbiedad, OD y DQO)
 - Bueno = 1
 - Regular = 0.5
 - Malo = 0

Como en este ejemplo se analizan 13 parámetros, la puntuación máxima que se puede obtener es 13 puntos, lo que correspondería al 100%, por lo tanto, el 80% correspondería a 10.4 puntos y el 50% a 6.5 puntos. Considere “S” como la suma del puntaje obtenido.

Por lo tanto, al sumar la puntuación de parámetros, se podrá calificar de acuerdo al porcentaje resultante que se indica a continuación:

1) Verde ($\geq 80\%$) $\rightarrow$ (S ≥ 10.4)

Las mediciones son adecuadas y las concentraciones de parámetros se mantienen de acuerdo a los límites exigidos en la norma vigente.

2) **Amarillo** ($50\% < S < 80\%$) → ($6.5 < S < 10.4$)

Se realiza control con menos frecuencia, lo que deja algunos de los parámetros fuera de rango de los límites exigidos. Se sugiere aumentar la frecuencia de monitoreo, ajustar operación y priorizar los parámetros fuera de rango.

3) **Rojo** ($\leq 50\%$) → ($S \leq 6.5$)

Desempeño insuficiente, incumplimiento en ciertos parámetros. Se sugiere elaborar un plan de mejora, que incluya ajustes operacionales, mantenciones y capacitación.

A continuación, se presenta una tabla para monitorear la evolución del desempeño de la PTAS, basada en el cumplimiento y desempeño de parámetros, orientada a asegurar la operación correcta.

Frecuencia para realizar esta evaluación: 10 a 15 días.

Nota: los datos son referenciales y no representan mediciones reales. Lo ideal es lograr mantener el color verde.

Tabla 4.8 – Resumen y evolución de evaluación cuantitativa de la PTAS [Nueva Propuesta]

Fecha de Evaluación	Puntuación Obtenida	% Obtenido	Color Semáforo
17-10-2025	2.5	19%	Rojo
27-10-2025	6.5	50%	Amarillo
7-11-2025	10	77%	Amarillo
17-11-2025	12	92%	Verde

4.7.2 Evaluación Cualitativa

De acuerdo con los resultados de la planilla de la evaluación cualitativa (Anexo II), el porcentaje que evalúa el desempeño general de la planta, se determina de la siguiente forma:

- Bueno (B) = 2 puntos
- Regular (R) = 1 punto
- Malo (M) = 0 punto

Por lo tanto, la fórmula de evaluación es:

$$\% \text{ evaluación} = \left(\frac{2 * B + 1 * R + 0 * M}{2 * \text{Total de parámetros evaluados}} \right) * 100$$

Donde:

B = cantidad de parámetros en estado Bueno

R = cantidad de parámetros en estado Regular

M = cantidad de parámetros en estado Malo

1) **Verde** ($> 80\%$)

Funcionamiento totalmente operativo, de forma continua. No presenta ningún tipo de irregularidad en procesos, equipos o registros.

2) Amarillo ($\geq 50\%$ y $\leq 80\%$)

Funcionamiento parcialmente operativo. Se evidencian problemas menores o intermitentes como presencia de ruidos extraños, daños leves en infraestructura, dosificación irregular, entre otros, que requieren de ajuste y seguimiento.

3) Rojo ($< 50\%$)

Funcionamiento irregular o fuera de servicio. Existen fallas críticas como secciones no operativas, daños graves de infraestructura, dosificación discontinua o inexistente, entre otras, que exigen un plan de mejoras inmediatas.

A continuación, se presenta una tabla para monitorear la evolución de la infraestructura de la PTAS y ejecutar mejoras progresivas hasta llegar al color verde, que representa el funcionamiento totalmente operativo.

Frecuencia para realizar esta evaluación: 1 o 2 meses.

Nota: los datos son referenciales y no representan mediciones reales. Lo ideal es lograr mantener el color verde.

Tabla 4.9 – Resumen de calificación de la evaluación cualitativa de la PTAS [Nueva Propuesta]

Fecha de Evaluación	% Evaluación	Color de Semáforo	Cantidad		
			Bueno	Regular	Malo
17-10-2025	40%	Rojo	5	10	20
17-12-2025	60%	Amarillo	10	15	10
17-02-2026	95%	Verde	20	15	0

4.8 Planillas evaluación cuantitativa

Nombre de PTAS: _____ Nombre de evaluador: _____

Planilla de evaluación de parámetros

Parámetro	Punto de medición	Límite DS 90/2001. tabla N°1 o Criterio	Fecha:			Fecha:			Fecha:		
			Valor medición	C / NC / D	Valor medición	C / NC / D	Valor medición	C / NC / D	Valor medición	C / NC / D	Valor medición
pH	Afluente	6 - 8.5									
	Efluente										
Cloro Residual	Efluente final	0.5 mg/L									
Sólidos Sedimentables	Tanque aireación	criterio (ver apartado 4.6.2)									
	Sedimentador										
Turbiedad	Efluente final	criterio (ver apartado 4.6.2)									
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Afluente	80 mg/L									
	Tanque aireación										
	Efluente final										
Oxígeno Disuelto (OD)	Tanque aireación	criterio (ver apartado 4.6.2)									
	Salida sedimentador secundario										
Temperatura	Afluente	35 °C									
	Tanque aireación										
Nitrógeno Kjeldahl (NKT)	Afluente	50 mg/L									
	Efluente										
Fósforo (PT)	Afluente	10 mg/L									
	Efluente										
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	Afluente	35 mg/L									
	Efluente										

* Conforme a la nueva modificación o anteproyecto del DS 90, el límite máximo permitido de cloro residual será de 0,5 mg/L, en consecuencia, para efectos de este análisis se adoptará dicho valor.

Calificación de evaluación de parámetros (ver apartado 4.7.1. calificación cuantitativa)

Entiendase como C = Cumple ; NC = No Cumple ; D = Desempeño

Entiendase como C = Cumple ; NC = No Cumple ; D = Desempeño

4.9 Planilla evaluación cualitativa

Dirigirse a Anexo II.

Alternativas de Sistemas de Tratamiento



5 Sistemas de tratamiento de aguas residuales

Dentro de los sistemas de tratamiento de aguas residuales existe una gran variedad de tecnologías orientadas a remover materia orgánica, nutrientes y microorganismos presentes en las aguas residuales. Cada una de estas tecnologías se caracteriza en cuanto a su eficiencia, requerimientos operacionales y costos asociados, lo que determina su aplicabilidad según el contexto local.

Entre las tecnologías más utilizadas se tienen:

- Lagunas de estabilización facultativa
- Lagunas anaeróbicas
- Humedales construidos
- Lodos activados
- Lagunas aireadas multicelulares
- Lagunas facultativas
- Biofiltro
- Biodiscos
- Lombrifiltros

Estas alternativas pueden combinarse o adaptarse de acuerdo con el tipo de comunidad, la disponibilidad de recursos y el nivel de tratamiento requerido. En zonas rurales donde se presentan ciertas limitaciones como restricciones para operación y mantención, falta de personal capacitado para operar sistemas complejos y escasez de instrumentos o herramientas necesarias, tecnologías como los lodos activados, biofiltro, biodiscos y lombrifiltros ofrecen un buen desempeño en la remoción de parámetros, pero implican mayores costos de mantención e implementación, necesidad de equipos mecánicos y una mayor frecuencia de mantenimiento, criterios que dificultan garantizar un buen desempeño en localidades rurales con recursos limitados.

Por otro lado, las lagunas de estabilización, aunque presenten una baja complejidad operativa y una alta eficiencia de remoción de parámetros, requieren grandes áreas de superficie, lo cual no siempre puede ser favorable para zonas con espacios reducidos.

En cambio, los humedales construidos se consideran como una alternativa adecuada para el tratamiento de aguas residuales en ámbitos rurales, al combinar una buena eficiencia en remoción de parámetros, baja necesidad de operadores calificados y operación sencilla. Sus ventajas y cualidades se presentan en el siguiente cuadro comparativo, enfocado en la comparación con lodos activados, tecnología abordada por la guía y frecuentemente implementada en zonas rurales, pese a las exigencias de operación y mantenimiento.

Tabla 5.1 – Cuadro comparativo entre sistemas de tratamiento de lodos activados y humedales construidos

Criterio	Lodos Activados	Humedales Construidos
Funcionamiento	Es un proceso biológico aeróbico, con cultivo en suspensión, que transforma la materia orgánica en flóculos que son removidos por sedimentación.	Tratamiento biológico natural a través del metabolismo de las plantas macrófitas, microorganismos y medios filtrantes.
Costo de inversión inicial	Alto. Sistema altamente mecanizado que requiere diseño y equipo especializado.	Bajo a medio, dependiendo del tipo de terreno que se tenga y el tipo de humedal a utilizar.
Costo de operación y mantenimiento	Alto. El costo de operación se asocia principalmente a los requerimientos de oxígeno (aireación continua). Además, si hay fallas en equipos (bombas, difusores, sopladores) incrementan los gastos de mantenimientos o remplazos.	Bajo. Se debe verificar el buen estado de las plantas y eliminar maleza, limpieza de tanque de sedimentación o fosa séptica, control del nivel de agua según estación, regeneración en caso de obstrucción y limpieza de canales o tuberías.
Consumo energético	Alta. Requiere suministro constante de electricidad para aireación y bombeo continuo.	Bajo o Nulo. Este sistema puede funcionar sin electricidad.
Comportamiento ante fallas o cortes de energía	Perdida de biomasa si se generan cortes eléctricos o variaciones de cargas, ya que se interrumpe la aireación.	Puede seguir funcionando con interrupciones temporales.
Eficiencia de remoción de materia orgánica (%)	Superiores a 90%	54–88% Flujo superficial. 65–95% Flujo subsuperficial horizontal. 30–95% Flujo subsuperficial vertical.
Mano de obra y nivel técnico requerido	Alto. Requiere personal capacitado para la operación, mantención de componentes unitarias y control de parámetros.	Bajo. Puede ser operado por personal con capacitación básica.
Superficie requerida	No se tiene un valor específico, pero depende del caudal de diseño y de la carga orgánica afluente. (En general se tienen superficies menores a los Humedales)	5 a 10 m ² por persona. (Depende del caudal de diseño y la carga orgánica afluente.)

Criterio	Lodos Activados	Humedales Construidos
Beneficios Ambientales	Reduce los contaminantes en un 90%, sin embargo, no presenta muchos beneficios, debido a su gran infraestructura, al alto consumo energético y al ruido emitido por los equipos, lo que hace necesario implementar insonorización, lo que implica un costo adicional.	Mejora la calidad ambiental, creación y restauración de nichos ecológicos, mejora paisajística y fuente de agua en procesos de reutilización de aguas residuales para riego.
Adaptación en zona rural	Bajo. Necesita personal capacitado, grandes costos de mantención y operación.	Alto. No requiere de personal capacitado, por la simplicidad de la tecnología y sus costos de mantención y operación son bajos.

Nota: Toda la información relacionada con humedales construidos que se concluye en esta tabla se encuentra en “Humedales Construidos, Diseño y Operación 2018” [5] y lo relacionado a Lodos Activados se encuentra en “Estudio de Soluciones Sanitarias para el Sector Rural 2018”. [1]

De acuerdo a este análisis, se evidencia que, en contextos rurales, los Humedales Construidos, representan una alternativa, económica, sostenible en el tiempo y beneficiosa ambientalmente con respecto al sistema de lodos activados, que requiere mayores costos, personal capacitado y acceso a energía constante.

6 Referencias

- [1] Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, “Estudio de Soluciones Sanitarias para el Sector Rural,” 2018.
- [2] Great Lakes - Upper Mississippi River Board of State and Provincial Public Health and Environmental Managers, *Recommended Standards for Wastewater Facilities: Policies for the Design, Review, and Approval of Plans and Specifications for Wastewater Collection and Treatment Facilities*. Albany, N.Y., 2014.
- [3] Organización Panamericana de la Salud (OPS) and Organización Mundial de la Salud, “Recomendaciones de medidas de protección para los trabajadores de saneamiento,” 2020.
- [4] George Mc Guire R. (Coordinador de Aplicaciones), “Medición de DQO y nutrientes en tratamiento de Riles.”
- [5] G. Vidal and S. Hormazábal, “Humedales construidos: Diseño y operación,” *Grupo de Ingeniería y Biotecnología Ambiental (GIBA-UDEC)*, p. 259, 2018, Accessed: Apr. 04, 2025. [Online]. Available: <http://biblioteca.cehum.org/handle/CEHUM2018/1779>



Anexo I

1. Evaluación cualitativa del estado de las componentes unitarias de las PTAS y su equipamiento asociado

En esta evaluación se definen tres escenarios de diagnóstico, correspondientes a un estado bueno (B), uno regular (R) y uno malo (M), debiendo durante la inspección evaluarse detenidamente los aspectos asociados a la calificación del equipamiento o componente.

1.1. Evaluación obras civiles

Se aplicará a todas las componentes unitarias que cuentan con obras civiles. En las PTAS en base a lodos activados involucra si forman parte de esta, rejas (gruesas y/o finas), desarenador, desgrasador, sedimentación primaria, estanque de aireación, sedimentación secundaria, cámara de contacto, espesamiento de lodos, digestión de lodos, acumulador de lodos, etc.

Bueno (B)	Hormigón (o acero) en buenas condiciones
Regular (R)	Hormigón (o acero) en condición regular (recubrimientos quebrados, enfierradura a la vista)
Malo (M)	Hormigón (o acero) roto con desprendimiento de paredes, filtraciones visibles.

2. Planta elevadora aguas servidas (PEAS)

- Bombas**

Esta evaluación se aplicará a las bombas de las PEAS y a todas las bombas de diversos tipos emplazadas en las distintas componentes unitarias de la PTAS, vale decir, bombas para extracción de arenas, bombas para extracción de grasas, bombas de extracción de lodos primarios y secundarios, bombas de recirculación de lodos secundarios, bombas de extracción de lodos espesados, bombas de extracción de lodos digeridos, bombas de extracción de lodos acumulados, etc.

Bueno (B)	Sin presencia de ruidos extraños, vibraciones ni fugas de agua, impulsando correctamente el caudal entrante.
Regular (R)	Presencia de ruidos extraños o vibraciones, impulsando correctamente el caudal entrante.
Malo (M)	Presencia de ruidos extraños y vibraciones (mal anclada) o no impulsa correctamente el caudal.

- Rejas Gruesas**

Bueno (B)	Sin presencia de sólidos que peraltan el flujo. No existen reboses del flujo.
Regular (R)	Reja con más del 40% de su capacidad obstruida con sólidos.
Malo (M)	Reja con más del 70% de su capacidad obstruida con sólidos. Existencia de reboses de flujo.

- **Sensor de Nivel**

Bueno (B)	Funcionamiento normal de medición en nivel mínimo y máximo.
Regular (R)	Si se encuentran con grasa y/o flotantes enredadas y/o con residuos adosados.
Malo (M)	No realiza regulaciones en su nivel mínimo y/o máximo.

- **Sistema control de olores**

Bueno (B)	Zona encapsulada adecuadamente y con tratamiento de olores (carbón activado, biofiltro, etc., identificando el tipo instalado).
Regular (R)	Zona encapsulada regularmente y con superficies abiertas.
Malo (M)	Zona libre sin encapsulado.

- **Sistema Izaje (operación que permite el levantamiento y suspensión de cargas de gran tamaño y peso)**

Bueno (B)	Engranaje engrasado con giro libre.
Regular (R)	Engranaje seco con giro libre.
Malo (M)	Engranaje seco con giro atascado.

3. Circuito líquido PTAS

3.1. *Tratamiento Preliminar*

- **Rejas**

Bueno (B)	Sin presencia de sólidos que peraltan el flujo. No existen reboses del flujo.
Regular (R)	Reja con más del 40% de su superficie obstruida con sólidos.
Malo (M)	Reja con más del 70% de su superficie obstruida con sólidos. Existencia de reboses de flujo.

- **Contenedores**

Bueno (B)	Sólidos descartados en contenedores cerrados y sin fuga de percolados.
Regular (R)	Sólidos descartados en contenedores abiertos y sin fuga de percolados.
Malo (M)	Sólidos descartados en contenedores abiertos con fuga de percolados.

- **Compactadores**

Bueno (B)	No existen fugas de sólidos ni de percolados. No hay presencia de vibraciones.
Regular (R)	Presencia de ruidos extraños y/o vibraciones.
Malo (M)	Presenta fugas de sólidos y/o percolados.

- **Sistema de Aireación**

Bueno (B)	Distribución homogénea de la aireación.
Regular (R)	Distribución parcialmente homogénea con consecuencia en el proceso.
Malo (M)	Distribución irregular o inexistente de la aireación.

- **Desarenadores**

Bueno (B)	Sistema de descarte de arenas operativo (en caso de bomba chequear estado operacional de estas, en caso de válvulas chequear su maniobrabilidad). Contenedor de arena sin fugas y cerrado.
Regular (R)	Sistema de descarte de arenas con deficiencias de purga (en caso de bomba en estado regular y válvula de difícil maniobrabilidad). Contenedor de arena abierto sin fugas de percolados y/o arenas.
Malo (M)	Sistema de descarte de arenas no operativo (en caso de bomba chequear estado operacional de estas, en caso de válvulas no se pueden maniobrar). Contenedor de arena no existe o tiene presencia de fugas de percolados.

- **Clasificador de Arenas**

Bueno (B)	Arenas en el contenedor no presentan olores.
Regular (R)	Arenas en el contenedor con mal olor.
Malo (M)	Arenas en el contenedor con olor séptico.

- **Desgrasadores**

Bueno (B)	Presencia de burbujas finas con distribución uniforme. Arrastre de grasas operativa con arrastre del más del 90% de las grasas. Contenedor de grasas.
Regular (R)	Presencia de burbujas gruesas con distribución deficientes. Arrastre de grasas operativa con arrastre con menos del 50% de las grasas de la superficie. Contenedor de grasas abierto con o sin presencia de fugas de percolados.
Malo (M)	Sin presencia de burbujas o arrastre de grasas no operativo.

- **Concentrador de grasas**

Bueno (B)	Extracción de manera continua de las mayor parte de las grasas. Cerrado sin presencia de fugas de percolados.
Regular (R)	Extracción de manera parcial y/o discontinua de las grasas. Abierto sin presencia de fugas de percolados.
Malo (M)	No presenta una correcta separación de las grasas. Abierto con presencia de fugas de percolados.

- **Sistema control de olores**

Bueno (B)	Zona encapsulada adecuadamente y con tratamiento de olores (carbón activado, etc. indicando el tipo en observaciones).
Regular (R)	Zona encapsulada regularmente y con superficies abiertas.
Malo (M)	Zona libre sin encapsulado.

4. Tratamiento Primario

- **Sedimentación primaria o sedimentación primaria químicamente asistida (CEPT)**

Bueno (B)	Sistema de descarte de lodos primarios operativo (chequear estado operacional de bombas) y sistema de puente de arrastre operativo, con un correcto (eficiente) arrastre de sólidos flotantes (chequear estado operacional de bombas).
Regular (R)	Sistema de descarte de lodos primarios regular (chequear estado operacional de bombas) y arrastre de sólidos flotantes de puente barredor deficiente.
Malo (M)	Sistema de descarte de lodos primarios malo (chequear estado operacional de bombas) o puente barredor no operativo.

- **Equipamiento dosificación cloruro férrico**

Bueno (B)	Dosificación eficiente en forma continua y/o intervalos periódicos.
Regular (R)	Dosificación irregular en cantidad e intervalos.
Malo (M)	Dosificación discontinua o inexistente.

5. Tratamiento Secundario

5.1. Reactores Biológicos

- **Presencia de espumas**

1.Espuma blanca espesa	Tiempo de retención celular bajo (lodo joven), SSTLM muy bajo, F/M muy alto, presencia de detergentes, proteínas o descargas de RILES con alta carga orgánica, descargas de sustancias toxicas o inhibidoras (pH muy bajo o alto), bajo OD, deficiencias nutrientes o cambios bruscos de temperatura.
2.Espuma café-Chocolate	Planta operando a baja carga orgánica afluente, en modo de nitrificación, F/M bajo, SSTLM muy alto por Insuficiencias purga de lodos, alta aireación.
3.Espuma muy oscura o negra	Aumento de aireación (OD alto), descarga de RILES, bajo SSTLM.

5.2. Aireadores Superficiales

Bueno (B)	Sin presencia de ruidos extraños y suministra el caudal de aire en forma continua.
Regular (R)	Presencia de ruidos extraños y suministra el caudal de aire en forma continua.
Malo (M)	Presencia de ruidos extraños y suministra el caudal de aire en forma discontinua.

5.3. Aireación por difusión

5.3.1. Sopladores

Bueno (B)	Sin presencia de ruidos extraños, vibraciones ni fugas de aire e impulsa correctamente el caudal de aire.
Regular (R)	Presencia de ruidos extraños o vibraciones e impulsa correctamente el caudal de aire.
Malo (M)	Presencia de ruidos extraños y vibraciones (mal anclada) o no impulsa correctamente el caudal de aire.

5.3.2. Parrilla difusores

Bueno (B)	Distribución homogénea de la aireación a lo largo del tanque.
Regular (R)	Distribución parcialmente homogénea con consecuencia en el proceso.
Malo (M)	Distribución irregular o inexistente de la aireación a lo largo del tanque.

5.4. Agitadores sumergibles

Bueno (B)	Sin presencia de ruidos extraños y mezcla del líquido en forma continua.
Regular (R)	Presencia de ruidos extraños y mezcla del líquido en forma continua.
Malo (M)	Presencia de ruidos extraños y mezcla del líquido en forma discontinua.

6. Sedimentación Secundaria

Bueno (B)	Sistema de descarte de lodos secundarios operativo (chequear estado operacional de bombas) y sistema de puente de arrastre operativo, con un correcto (eficiente) arrastre de sólidos flotantes (chequear estado operacional de bombas).
Regular (R)	Sistema de descarte de lodos secundarios regular (chequear estado operacional de bombas) y arrastre de sólidos flotantes de puente barredor deficiente.
Malo (M)	Sistema de descarte de lodos secundarios malo (chequear estado operacional de bombas) o puente barredor no operativo.

- **Puente barredor**

Bueno (B)	Funcionamiento continuo y sin ruidos.
Regular (R)	Funcionamiento continuo y con ruidos.
Malo (M)	Funcionamiento discontinuo y con ruidos.

- **Equipo dosificación reactivo**

Bueno (B)	Dosificación eficiente en forma continua y/o intervalos periódicos.
Regular (R)	Dosificación irregular en cantidad e intervalos.
Malo (M)	Dosificación discontinua o inexistente.

7. Desinfección y Decloración

7.1. Cloración

- **Estanque de contacto**

Bueno (B)	Sin lodos refltados ni sedimentados. Sin filtraciones ni fugas.
Regular (R)	Sólidos refltados y/o sedimentados en estanque de contacto.
Malo (M)	Lodos refltados y sedimentados. Filtraciones y/o fugas.

- **Equipo cloración por gas cloro**

Bueno (B)	Dosificación en forma continua.
Regular (R)	Dosificación irregular en cantidad o intervalos.
Malo (M)	Dosificación discontinua o inexistente.

- **Sistema de seguridad (gas cloro)**

Bueno (B)	Activa la alarma de gas cloro.
Malo (M)	No activa la alarma en presencia de gas cloro.

- **Equipamiento cloración por hipoclorito de sodio**

Bueno (B)	Dosificación en forma continua.
Regular (R)	Dosificación irregular en cantidad o intervalos.
Malo (M)	Dosificación discontinua o inexistente

7.2. Radiación Ultravioleta

- **Equipamiento desinfección UV**

Bueno (B)	Todas las lámparas 100% operativas y limpias.
Regular (R)	Más del 75% de las lámparas 100% operativas y limpias.
Malo (M)	Menos del 75% de las lámparas 100% operativas y limpias.

7.3. Decloración

- **Equipamiento decloración por dióxido de azufre**

Bueno (B)	Dosificación en forma continua.
Regular (R)	Dosificación irregular en cantidad o intervalos.
Malo (M)	Dosificación discontinua o inexistente.

- **Equipamiento decloración por metabisulfito**

Bueno (B)	Dosificación en forma continua.
Regular (R)	Dosificación irregular en cantidad o intervalos.
Malo (M)	Dosificación discontinua o inexistente.

8. Circuito de lodos

8.1. *Espesamiento de lodos*

8.1.1. *Espesamiento gravitacional*

- **Olores**

Bueno (B)	No genera olores.
Regular (R)	Generación esporádica de olores molestos.
Malo (M)	Generación continua de olores molestos.

- **Rastra**

Bueno (B)	Funcionamiento continuo de los motores.
Regular (R)	Funcionamiento discontinuo de los motores.
Malo (M)	Funcionamiento nulo o inexistente.

- **Equipo suministro lechada de cal**

Bueno (B)	Dosificación continua o a intervalos periódicos.
Regular (R)	Dosificación a intervalos irregulares.
Malo (M)	Sin dosificación.

8.1.2. *Espesamiento mecanizado*

- **Olores**

Bueno (B)	No genera olores.
Regular (R)	Generación esporádica de olores molestos.
Malo (M)	Generación continua de olores molestos.

- **Equipo (mesa espesadora, flotación, etc.)**

Bueno (B)	Comportamiento uniforme de los engranajes y rotores.
Regular (R)	Funcionamiento irregular de los engranajes y rotores.
Malo (M)	Los engranajes y rotores no funcionan.

- **Compresores**

Bueno (B)	Sin presencia de ruidos extraños, vibraciones ni fugas de aire e impulsa correctamente el caudal de aire.
Regular (R)	Presencia de ruidos extraños o vibraciones e impulsa correctamente el caudal de aire.
Malo (M)	Presencia de ruidos extraños y vibraciones (mal anclada) o no impulsa correctamente el caudal de aire.

9. Digestión Aeróbica

9.1. Aireadores Superficiales

Bueno (B)	Sin presencia de ruidos extraños y suministra el caudal de aire en forma continua.
Regular (R)	Presencia de ruidos extraños y suministra el caudal de aire en forma continua.
Malo (M)	Presencia de ruidos extraños y suministra el caudal de aire en forma discontinua.

9.2. Aireación por difusión

9.2.1. Sopladores

Bueno (B)	Sin presencia de ruidos extraños, vibraciones ni fugas de aire e impulsa correctamente el caudal de aire.
Regular (R)	Presencia de ruidos extraños o vibraciones e impulsa correctamente el caudal de aire.
Malo (M)	Presencia de ruidos extraños y vibraciones (mal anclada) o no impulsa correctamente el caudal de aire.

9.2.2. Parilla difusores

Bueno (B)	Distribución homogénea de la aireación a lo largo del tanque.
Regular (R)	Distribución parcialmente homogénea con consecuencia en el proceso.
Malo (M)	Distribución irregular o inexistente de la aireación a lo largo del tanque.

9.3. Agitadores sumergibles

Bueno (B)	Sin presencia de ruidos extraños y mezcla del líquido en forma continua.
Regular (R)	Presencia de ruidos extraños y mezcla del líquido en forma continua.
Malo (M)	Presencia de ruidos extraños y mezcla del líquido en forma discontinua.

10. Acumulación de lodos

10.1. Aireadores Superficiales

Bueno (B)	Sin presencia de ruidos extraños y suministra el caudal de aire en forma continua.
Regular (R)	Presencia de ruidos extraños y suministra el caudal de aire en forma continua.
Malo (M)	Presencia de ruidos extraños y suministra el caudal de aire en forma discontinua.

10.2. Aireación por difusión

10.2.1. Sopladores

Bueno (B)	Sin presencia de ruidos extraños, vibraciones ni fugas de aire e impulsa correctamente el caudal de aire.
Regular (R)	Presencia de ruidos extraños o vibraciones e impulsa correctamente el caudal de aire.
Malo (M)	Presencia de ruidos extraños y vibraciones (mal anclada) o no impulsa correctamente el caudal de aire.

10.2.2. Parilla difusores

Bueno (B)	Distribución homogénea de la aireación a lo largo del tanque.
Regular (R)	Distribución parcialmente homogénea con consecuencia en el proceso.
Malo (M)	Distribución irregular o inexistente de la aireación a lo largo del tanque.

10.3. Agitadores sumergibles

Bueno (B)	Sin presencia de ruidos extraños y mezcla del líquido en forma continua.
Regular (R)	Presencia de ruidos extraños y mezcla del líquido en forma continua.
Malo (M)	Presencia de ruidos extraños y mezcla del líquido en forma discontinua.

11. Deshidratación de lodos

11.1. Deshidratación mecanizada (filtro de banda, filtro de prensa, centrífuga)

Bueno (B)	Equipo operando adecuadamente (sistema mecánico operativo, hidráulico, motor y/o banda en buenas condiciones). Lodo bien deshidratado. No queda pegado en la mano y tiene textura sólida. Un poco de lodo puesto en el suelo no atrae vectores.
Regular (R)	Equipo operando adecuadamente, pero con ruidos en parte del mismo. Lodo medianamente deshidratado y queda parcialmente pegado en la mano. Un poco de lodo puesto en el suelo atrae pocos vectores.
Malo (M)	Equipo no operativo u operando con ruidos continuos o intermitentes (banda y/o equipos en estado deficiente para el filtrado de lodos, motores no operativos). Lodo mal deshidratado, aguachento y escurre por la mano. Un poco de lodo puesto en el suelo atrae vectores.

- **Equipo dosificación de polímero**

Bueno (B)	Dosificación continua o a intervalos periódicos.
Regular (R)	Dosificación a intervalos irregulares.
Malo (M)	Sin dosificación.

11.2. Deshidratación gravitacional por lecho de secado

Bueno (B)	Línea de percolados operativa. Lodos dentro del perímetro del lecho de secado.
Regular (R)	Línea de percolados operativa o con ligeros problemas en el percolado. Lodos fuera del perímetro del lecho.
Malo (M)	Línea de percolados tapada fuera de uso. Lodos fuera del perímetro del lecho.

11.3. Equipo dosificación de cal

Bueno (B)	Dosificación continua o a intervalos periódicos.
Regular (R)	Dosificación a intervalos irregulares.
Malo (M)	Sin dosificación.

12. Manejo y disposición de lodos

- **Acopio en planta**

Bueno (B)	Lodos dentro del perímetro de la zona de acopio. Sin generación de olores al entorno inmediato. Volteo sistemático de los lodos.
Regular (R)	Lodos dentro del perímetro de la zona de acopio. Ligera generación de olores al entorno inmediato. Volteo esporádico de los lodos.
Malo (M)	Lodos fuera del perímetro de la zona de acopio. Generación de olores al entorno.

- **Cancha de secado**

Bueno (B)	Línea de percolados operativa. Lodos dentro del perímetro de la cancha de secado.
Regular (R)	Línea de percolados operativa o con ligeros problemas en el percolado. Lodos fuera del perímetro de la cancha de secado.
Malo (M)	Línea de percolados tapada fuera de uso. Lodos fuera del perímetro de la cancha de secado.

- **Contenedor de lodos**

Bueno (B)	Sólidos deshidratados en contenedores cerrados.
Regular (R)	Sólidos deshidratados en contenedores abiertos y sin fugas de percolados.
Malo (M)	Sólidos deshidratados en contenedores abiertos con fugas de percolados.

13. Otros

- **Grupo electrógeno respaldo**

Bueno (B)	Arranque inmediato. Posee carga de petróleo que garantice horas de autonomía.
Regular (R)	Retraso en el arranque del motor. Posee carga de petróleo que garantice horas de autonomía.
Malo (M)	Equipo no operativo.



Anexo II

Considerar Anexo I para completar esta planilla.

PLANILLA PARA LA EVALUACIÓN CUALITATIVO DE LA PTAS

Nombre PTAS:

Fecha Evaluación:

Nombre del Evaluador:

Componentes Unitarias de la PTAS	Si	No	Cantidad	B	R	M	Observación
1. Evaluación obras civiles							
Cámara de rejas							
Sedimentador Primario							
Estación Elevadora							
Cámara Repartidora							
Almacenamiento de lodos							
Estanque de Aireación							
Sedimentador Secundario							
Sector Cloración							
Evacuador							
Cancha Secado de lodos							
2. Planta elevadora aguas servidas (PEAS)							
Bombas							
Rejas gruesas							
Sensor de nivel							
Sistema control de olores							
Sistema de izaje							
3. Circuito líquido PTAS							
3.1. Tratamiento Preliminar							
Rejas							
Contenedores							
Compactadores							
Sistema de Aireación							
Desarenadores							
Clasificador de Arenas							
Desgrasadores							
Concentrador de grasas							
Sistema control de olores							
4. Tratamiento Primario							
Sedimentación primaria							
Equipamiento dosificación cloruro férrico							
5. Tratamiento Secundario							
5.2. Aireadores Superficiales							
5.3.1. Aireación por difusión - Sopladores							
5.3.2. Aireación por difusión - Parrilla difusores							
5.4. Agitadores sumergibles							
6. Sedimentador Secundario							
Puente barredor							
Equipo dosificación reactivo							

Componentes Unitarias de la PTAS	Si	No	Cantidad	B	R	M	Observación
7. Desinfección y Decloración							
7.1. Cloración							
Estanque de Contacto							
Equipo cloración por gas cloro							
Sistema de seguridad (gas cloro)							
Equipamiento dosificación por hipoclorito de sodio							
7.2. Radiación Ultravioleta							
Equipamiento desinfección UV							
7.3. Decloración							
Por dióxido de azufre							
Por Metabisulfito							
8. Circuito de lodos							
8.1. Espesamiento de lodos							
8.1.1. Espesamiento gravitacional							
Olores							
Rastra							
Equipo suministro lechada de cal							
8.1.2. Espesamiento mecanizado							
Olores							
Equipo (mesa espesadora, flotación,etc)							
Compresores							
9. Digestión Aeróbica							
9.1. Aireadores Superficiales							
9.2.1. Aireación por difusión - Sopladores							
9.2.2. Aireación por difusión - Parrilla difusores							
9.3. Agitadores sumergibles							
10. Acumulación de lodos							
10.1. Aireadores Superficiales							
10.2.1. Aireación por difusión - Sopladores							
10.2.2. Aireación por difusión - Parrilla difusores							
10.3. Agitadores sumergibles							
11. Deshidratación de lodos							
11.1. Mecanizada							
Equipo dosificación de polímero							
11.2. Gravitacional por lecho de secao							
11.3. Equipo dosificación de cal							

Componentes Unitarias de la PTAS	Si	No	Cantidad	B	R	M	Observación
12. Manejo y disposición de lodos							
Acopio en planta							
Cancha de secado							
Contenedor de lodos							
13. Otros							
Grupo electrógeno respaldo							

TOTAL DE COMPONENTES EVALUADAS				Buenas	
				Regulares	
				Malas	

Observaciones:

Componente Unitario:	
Apartado:	
Estado:	
Observación:	

Componente Unitario:	
Apartado:	
Estado:	
Observación:	

Componente Unitario:	
Apartado:	
Estado:	
Observación:	

Componente Unitario:	
Apartado:	
Estado:	
Observación:	

Componente Unitario:	
Apartado:	
Estado:	
Observación:	