

# DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁMBITO DE OPERACIÓN DE LAS ENTIDADES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO



Implementada por



# DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁMBITO DE OPERACIÓN DE LAS ENTIDADES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO

- © Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS)  
[www.sunass.gob.pe](http://www.sunass.gob.pe)
- © Cooperación Alemana, implementada por la GIZ  
Programa de Modernización y Fortalecimiento del Sector Agua  
y Saneamiento (PROAGUA II)  
[www.proagua.org.pe](http://www.proagua.org.pe)

**ELABORACIÓN DE CONTENIDOS:**

Dirk Loose

**REVISIÓN DE CONTENIDOS:**

Ana Vergara (Gerencia de Supervisión y Fiscalización - SUNASS)  
Marcela Jugo (Gerencia de Supervisión y Fiscalización - SUNASS)

**REVISIÓN Y CUIDADO DE EDICIÓN:**

Martha Miyashiro

**DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:**

Washington Barrera Guzmán

**DIAGRAMAS DE FLUJO:**

Mario Palacio

**FOTOGRAFÍAS:**

Archivo SUNASS

**1.<sup>a</sup> Edición**

Setiembre 2015

**IMPRESIÓN:**

Tarea Asociación Gráfica Educativa  
Pasaje María Auxiliadora 156, Lima 5, Perú

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-16066

Se autoriza la reproducción total o parcial de esta publicación,  
bajo la condición de que se cite la fuente.



# PRESENTACIÓN

La descarga directa sin tratamiento previo de las aguas residuales en los cuerpos receptores (ríos, lagos, quebradas secas o el mar) es uno de los principales factores de contaminación no solo de los diversos ecosistemas existentes sino, sobre todo, de nuestras actuales fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas, lo que amenaza la sostenibilidad del recurso y pone en riesgo la salud de la población.

Las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) son las responsables de administrar y gestionar los sistemas de alcantarillado que conducen las aguas residuales o aguas negras a las denominadas plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), dentro de sus ámbitos de operación, en el sector urbano.

El presente estudio, que contó con el apoyo de la Cooperación Alemana, implementada por la GIZ, a través de Proagua II y del Centro Internacional de la Migración (CIM), no solo ha permitido actualizar el diagnóstico situacional realizado por la SUNASS en el año 2008, respecto de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú, sino que ha ido más allá. Ha permitido identificar los vertimientos de aguas residuales no autorizados, los desafíos que se desprenden de los nuevos y exigentes estándares de calidad de efluentes y realizar una rigurosa evaluación técnico-operacional de las PTAR.

Sobre la base de este nuevo diagnóstico situacional de las PTAR en el Perú, la SUNASS presenta propuestas para mejorar el sistema de tratamiento a nivel constructivo-tecnológico, así como aportes en el marco normativo en lo referente a requerimientos de calidad ambiental, el establecimiento de una política que apoye el reuso de las aguas residuales tratadas y de los lodos generados; entre otros aspectos.

Finalmente, corresponde concluir que el déficit de infraestructura de saneamiento, así como los inconvenientes en su diseño, operación y mantenimiento, son problemas que plantea la actual situación de las EPS, pero que no se resolverán si antes, o por lo menos de manera paralela, no se realizan esfuerzos de magnitudes considerables por trabajar en su fortalecimiento o en la estructuración de un modelo empresarial diferente.

Estos esfuerzos deben traducirse en planes integrales que consideren no solo el financiamiento para cerrar la brecha de infraestructura, sino que incluyan varias líneas de acción, como son: la mejora en los sueldos y salarios que incentive la contratación de más y mejores técnicos y profesionales; la evaluación, calificación y certificación del personal; el desarrollo de una política nacional de conciencia ciudadana para valorar el recurso hídrico y las fuentes de agua; la despolitización de la gestión de las EPS; la priorización de las inversiones y la asignación de recursos bajo un esquema de incentivos; el ordenamiento territorial de las ciudades; y el fortalecimiento del Organismo Regulador.

Esperamos que este aporte sea de utilidad para las autoridades en todos sus niveles de gobierno, instituciones públicas y privadas, EPS, cooperación internacional, y demás actores del sector saneamiento.

Reiteramos nuestro agradecimiento al importante aporte de la Cooperación Alemana, implementada por la GIZ, a través de Proagua II y al Centro Internacional de la Migración – CIM. Hacemos extensivo nuestro reconocimiento al personal de la SUNASS que participó en la realización del estudio y a las EPS que contribuyeron con su información.

**Fernando Momiy Hada - Presidente del Consejo Directivo  
Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento  
SUNASS**



# DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁMBITO DE OPERACIÓN DE LAS ENTIDADES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO





# **CONTENIDOS**

1. RESUMEN EJECUTIVO	<b>11</b>
2. MARCO LEGAL	<b>15</b>
3. COBERTURA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	<b>35</b>
4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS PTAR	<b>53</b>
5. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS PTAR	<b>79</b>
6. COSTOS DE LAS PTAR EN LAS TARIFAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	<b>99</b>
7. CONSIDERACIONES PARTICULARES	<b>105</b>
8. REVISIÓN DE LA SITUACIÓN DE LAS PROPUESTAS DEL DIAGNÓSTICO DEL 2008	<b>119</b>
9. RESUMEN DE LAS OBSERVACIONES CLAVES	<b>127</b>
10. PROPUESTAS PARA LA MEJORA DE LA SITUACIÓN ACTUAL	<b>131</b>
11. BIBLIOGRAFÍA	<b>145</b>



**1.**

---

## **RESUMEN EJECUTIVO**

## 1. RESUMEN EJECUTIVO

En el año 2008, la SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento) publicó el Diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución (en adelante Diagnóstico 2008), en el cual se analizó la situación del tratamiento de las aguas residuales manejadas por las empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS), se identificaron las debilidades del sector saneamiento respecto al tratamiento de aguas residuales y se recomendaron propuestas de mejora.

Luego de transcurridos 7 años y habiendo el ente rector invertido aproximadamente 21.000 millones de soles en la mejora de la infraestructura de agua potable y alcantarillado entre los años 2007-2013 según información del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2014), la SUNASS vio por conveniente contar con información actualizada del estado de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) operadas en el ámbito de las EPS.

Este estudio ha sido elaborado por la SUNASS con la contribución de la Cooperación Alemana, implementada por la GIZ, a través de Proagua II y el Centro Internacional de la Migración – CIM. En él se recoge el estado actual de las PTAR en cuanto a su infraestructura, eficiencia de tratamiento, operación y mantenimiento, y se presentan propuestas de mejora.

En la etapa inicial, se recolectó información de la infraestructura, operación, mantenimiento y eficiencia del tratamiento mediante formatos remitidos por las EPS entre mayo y agosto del 2013. En la segunda etapa, entre octubre de 2013 y mayo de 2014, se efectuaron visitas de campo para verificar in situ 204 PTAR en los ámbitos de 32 EPS: 163 estaban operativas, 32 en construcción y 9 paralizadas.

Las visitas de campo las realizaron equipos de 1 o 2 profesionales de la Gerencia de Supervisión y Fiscalización de la SUNASS con la participación del personal operativo de la EPS. Se supervisaron parámetros claves para evaluar las condiciones de construcción y operación de las PTAR. Mediante un equipo móvil de medición de parámetros de pH, temperatura, oxígeno disuelto y de la DQO se tomaron datos relevantes para la evaluación del estado operativo, lo que sirvió como información adicional para la evaluación de parámetros visuales y teóricamente calculados respecto a la carga de las PTAR.

Asimismo, se georreferenciaron los puntos de afluentes y efluentes de las PTAR para elaborar en Google Earth un mapa de ubicación de las PTAR en operación o en proceso de transferencia a las EPS. El archivo electrónico de esta base se encuentra en el disco compacto anexo a este estudio.

El presente estudio contiene un resumen de la cobertura del servicio de tratamiento de aguas residuales, en el que se aprecia desigualdad en la cobertura de tratamiento de aguas residuales de la capital con relación al resto del país; además, 89 localidades administradas por las EPS no cuentan con PTAR.

El estudio también presenta estadísticas de las diferentes tecnologías de tratamiento en las PTAR; se ha evidenciado que la tecnología del tratamiento secundario por lagunas facultativas es la más aplicada en el Perú (100 PTAR). En general, la tecnología de lagunas de estabilización (lagunas anaerobias, facultativas) sin sistemas de aireación representa el 75% de todas las PTAR.

Los principales desafíos encontrados en el presente diagnóstico de las PTAR son los siguientes:

- Respecto al marco normativo: falta de autorización para el vertimiento o reúso (más de 90%), valores de estándares de calidad ambiental (ECA Agua) muy estrictos, falta de lugares autorizados para la disposición final de lodos y residuos sólidos de las PTAR y falta de regulación en el manejo de lodos para reúso agrícola.
- Respecto al diseño y construcción de las PTAR: fallas de construcción y equipamiento insuficiente, como falta de medidores de caudal del afluente y efluente, falta de rejillas y desarenadores, así como de bypass en las unidades de tratamiento.
- Respecto a la selección de las alternativas tecnológicas: falta de capacidad para cubrir los elevados costos de operación y mantenimiento de tecnologías avanzadas, falta de edificios de operación, talleres, almacenes, laboratorios, cercos perimétricos y servicios higiénicos, así como de saneamiento legal del terreno y seguridad pública en las PTAR.
- Respecto a la operación y el mantenimiento: falta de remoción de lodos del 50% de las PTAR de tipo lagunas de estabilización, sobrecarga orgánica o sobrecarga hidráulica en el 50% del total de las PTAR, falta de manuales y de programas adecuados de operación, mantenimiento y monitoreo, falta de personal capacitado, de equipamiento y de recursos financieros necesarios para una adecuada operación y mantenimiento de las PTAR e insuficientes actividades de operación y mantenimiento de las PTAR.

Finalmente, se presentan propuestas para la mejora de la situación encontrada, siendo las principales: modificación del marco legal en lo relativo a requerimientos de calidad ambiental, creación de una política que apoye el reúso de aguas residuales tratadas y lodos generados en el proceso del tratamiento, mejoramiento de la infraestructura de las PTAR desde el inicio del proyecto, investigación de mejoras tecnológicas en el tratamiento de aguas residuales apropiadas para la realidad del país, mejora en la gestión de los recursos económicos y organizacionales para la operación y mantenimiento de las PTAR y creación de un programa nacional de rehabilitación de PTAR con lagunas colmatadas.

Es importante expresar nuestro agradecimiento al personal de las EPS que apoyó en la realización de este estudio.



# 2.

---

## MARCO LEGAL

## 2. MARCO LEGAL

En la tabla 1 se muestran las principales normas vigentes referidas a la construcción y operación de las PTAR en el país.

**TABLA 1. NORMATIVIDAD VIGENTE CON RELACIÓN A LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LAS PTAR (PARTE 1)**

NORMA	DESCRIPCIÓN	RELEVANCIA EN:
R.M. N.º 336-2014-VIVIENDA	PLAN DE INVERSIONES DEL SECTOR DE SANEAMIENTO DE ALCANCE NACIONAL 2014-2021.	CONSTRUCCIÓN
R.M. N.º 270-2014-VIVIENDA	CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD Y PRIORIZACIÓN PARA LA ASIGNACIÓN DE RECURSOS A PROYECTOS DE INVERSIÓN EN EL SECTOR DE SANEAMIENTO.	CONSTRUCCIÓN
D.S. N.º 13-2014-VIVIENDA	DECRETO SUPREMO QUE INTEGRA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE SANEAMIENTO Y MODIFICA EL TEXTO DEL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO. ABRE A LAS EPS LA POSIBILIDAD DE CONCESSIONAR SERVICIOS DE SANEAMIENTO.	OPERACIÓN
RESOLUCIÓN N.º 016-2014-SUNASS-CD	PROCEDIMIENTO PARA INCORPORAR EN EL PERÍODO REGULATORIO VIGENTE PROYECTOS DE INVERSIÓN NO INCLUIDOS EN LA FÓRMULA TARIFARIA.	OPERACIÓN
R.M. N.º 273-2013-VIVIENDA	APROBACIÓN DEL PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS EFLUENTES DE LAS PTAR DOMÉSTICAS O MUNICIPALES.	OPERACIÓN
LEY N. 30045 Y D.S. N.º 015-2013-VIVIENDA	LEY DE MODERNIZACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO Y SU REGLAMENTO. ESTA LEY TIENE POR OBJETO ESTABLECER MEDIDAS ORIENTADAS AL INCREMENTO DE LA COBERTURA Y AL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD Y LA SOSTENIBILIDAD DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO A NIVEL NACIONAL, A LA VEZ QUE PROMUEVE EL DESARROLLO, LA PROTECCIÓN AMBIENTAL Y LA INCLUSIÓN SOCIAL.	OPERACIÓN
R.J. N.º 224-2013-ANA	NUEVO REGLAMENTO PARA EL OTORGAMIENTO DE AUTORIZACIONES DE VERTIMIENTO Y REÚSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS. DISPOSICIONES Y MODIFICACIONES.	OPERACIÓN Y CONSTRUCCIÓN
D.S. N.º 015-2012-VIVIENDA	REGLAMENTO DE PROTECCIÓN AMBIENTAL PARA PROYECTOS VINCULADOS A LAS ACTIVIDADES DE VIVIENDA, URBANISMO, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO.	CONSTRUCCIÓN
R.M. N.º 052-2012-MINAM	FACILITAR LA CONCORDANCIA ENTRE EL SISTEMA NACIONAL DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (SEIA) Y EL SISTEMA NACIONAL DE INVERSIÓN PÚBLICA (SNIP) A EFECTOS DE IMPLEMENTAR LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, SUPERVISIÓN, CONTROL Y CORRECCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS SIGNIFICATIVOS DERIVADOS DE LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN PÚBLICA.	CONSTRUCCIÓN
PLAN BICENTENARIO	EL PERÚ HACIA EL 2021 - PLAN ESTRÁTÉGICO DE DESARROLLO NACIONAL DEL CEPLAN.	CONSTRUCCIÓN

Fuente: SUNASS y (Rossi Luna, 2010)

**TABLA 1. NORMATIVIDAD VIGENTE CON RELACIÓN A LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LAS PTAR (PARTE 2)**

NORMA	DESCRIPCIÓN	RELEVANCIA EN:
R.D. N.º 003-2011-EF/68.01 MODIFICADO POR R.D. N.º 008-2013-EF/63.01 ANEXO SNIP 05	CONTENIDO MÍNIMO GENERAL DEL ESTUDIO DE PREINVERSIÓN A NIVEL DE PERFIL DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN.	CONSTRUCCIÓN
D.S N.º 014-2011-MINAM	PLAN NACIONAL DE ACCIÓN AMBIENTAL (PLANAA - PERÚ 2011-2021) EL PLANAA ES UN INSTRUMENTO DE PLANIFICACIÓN NACIONAL DE LARGO PLAZO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL PAÍS.	CONSTRUCCIÓN
D.S. N.º 021-2009-VIVIENDA Y D.S. N.º 003-2011-VIVIENDA	DECRETO DE APROBACIÓN DE LOS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA) PARA LA DESCARGA AL ALCANTARILLADO PÚBLICO Y SU REGLAMENTO.	OPERACIÓN
D.S. N.º 003-2010-MINAM	DEFINICIÓN DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP) PARA LOS EFLUENTES DE LAS PTAR DOMÉSTICAS O MUNICIPALES.	OPERACIÓN Y CONSTRUCCIÓN
D.S. N.º 007-2010-AG	DECLARAN DE INTERÉS NACIONAL LA PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS FUENTES NATURALES Y SUS BIENES ASOCIADOS, CON EL OBJETO DE PREVENIR EL PELIGRO DE DAÑO GRAVE O IRREVERSIBLE QUE AMENACE A DICHAS FUENTES Y LA SALUD DE LAS ACTUALES Y FUTURAS GENERACIONES.	CONSTRUCCIÓN
R.J. N.º 274-2010-ANA	DEFINE LAS MEDIDAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE ADECUACIÓN DE VERTIMENTOS Y REUSO DE AGUA RESIDUAL – PAVER.	CONSTRUCCIÓN
R.J. N.º 202-2010-ANA	APRUEBAN LA CLASIFICACIÓN DE CUERPOS DE AGUA SUPERFICIALES Y MARINO-COSTEROS.	CONSTRUCCIÓN
R.J. N.º 489-2010-ANA	MODIFICAN EL ANEXO 1 DE LA R.J. N.º 202-2010-ANA, EN LO RELATIVO A CLASIFICACIÓN DE CUERPOS DE AGUA MARINO-COSTEROS.	CONSTRUCCIÓN
REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, NORMA OS.090	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. DEFINE ESTÁNDARES DE DISEÑO PARA DIFERENTES TECNOLOGÍAS DE RATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	CONSTRUCCIÓN
D.S. N.º 022-2009-VIVIENDA MODIFICA NORMA OS.090	INCORPORA EL TRATAMIENTO PRELIMINAR AVANZADO Y EL EMISOR SUBMARINO CON VERTIMENTO AL MAR.	CONSTRUCCIÓN
R.M. N.º 258-2009-VIVIENDA	METODOLOGÍA PARA LA FORMULACIÓN DE PLANES REGIONALES DE SANEAMIENTO.	OPERACIÓN Y CONSTRUCCIÓN
D.S. N.º 023-2009-MINAM	APRUEBAN DISPOSICIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS ECA, A PARTIR DEL 1 DE ABRIL DEL 2010.	OPERACIÓN Y CONSTRUCCIÓN
LEY N.º 29338 (2009)	LEY DE RECURSOS HÍDRICOS. REGULA EL USO Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS. COMPRENDE EL AGUA SUPERFICIAL, SUBTERRÁNEA, CONTINENTAL Y LOS BIENES ASOCIADOS A ESTA.	OPERACIÓN Y CONSTRUCCIÓN
D.S. N.º 002-2008-MINAM	APRUEBAN LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA (ECA-AGUA).	OPERACIÓN Y CONSTRUCCIÓN

Fuente: SUNASS y (Rossi Luna, 2010)

# DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁMBITO DE OPERACIÓN DE LAS ENTIDADES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO

**TABLA 1. NORMATIVIDAD VIGENTE CON RELACIÓN A LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LAS PTAR (PARTE 3)**

NORMA	DESCRIPCIÓN	RELEVANCIA EN:
D.S. N.º 007-2006-VIVIENDA	PLAN NACIONAL DE SANEAMIENTO 2006-2015. EL PLAN NACIONAL DEL SECTOR SANEAMIENTO CONTIENE LOS OBJETIVOS, ESTRATEGIAS, METAS Y POLÍTICAS PARA EL DESARROLLO DE DICHO SECTOR A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO, ASÍ COMO LOS PROGRAMAS, INVERSIONES Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO.	OPERACIÓN
R. N.º 011-2007-SUNASS-CD Y MODIFICACIONES	REGLAMENTO DE CALIDAD DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO. REGULA LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD QUE DEBE TENER LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO EN EL ÁMBITO DE COMPETENCIA DE LA SUNASS.	OPERACIÓN
LEY N.º 28611	LEY GENERAL DEL AMBIENTE. EL ESTADO PROMUEVE EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES CON FINES DE REUTILIZACIÓN CONSIDERANDO COMO PREMISA LA OBTENCIÓN DE LA CALIDAD NECESARIA DE REUSO SIN AFECTAR LA SALUD HUMANA, EL AMBIENTE O LAS ACTIVIDADES EN LAS QUE SE REUTILIZAN. ADEMÁS, REGULA LOS VERTIMIENTOS AUTORIZÁNDOLAS, SIEMPRE Y CUANDO EL CUERPO RECEPTOR LO PERMITA.	CONSTRUCCIÓN
LEY N.º 27972	LEY ORGÁNICA DE MUNICIPALIDADES. ESTABLECE NORMAS SOBRE LA CREACIÓN, ORIGEN, NATURALEZA, AUTONOMÍA, ORGANIZACIÓN, FINALIDAD, TIPOS, COMPETENCIAS, CLASIFICACIÓN Y RÉGIMEN ECONÓMICO DE LAS MUNICIPALIDADES.	CONSTRUCCIÓN
LEY N.º 27902	LEY ORGÁNICA DE GOBIERNOS REGIONALES. REGULA LA PARTICIPACIÓN DE LOS ALCALDES PROVINCIALES Y LA SOCIEDAD CIVIL EN LOS GOBIERNOS REGIONALES Y FORTALECE EL PROCESO DE DESCENTRALIZACIÓN Y REGIONALIZACIÓN.	CONSTRUCCIÓN
LEY N.º 27680	LEY DE REFORMA SOBRE DESCENTRALIZACIÓN. LAS MUNICIPALIDADES PROMUEVEN, APOYAN Y REGLAMENTAN LA PARTICIPACIÓN VECINAL EN EL DESARROLLO LOCAL.	CONSTRUCCIÓN
LEY N.º 27446 Y D.S. N.º 019-2009-MINAM	LEY Y REGLAMENTO DEL SISTEMA NACIONAL DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL. CREACIÓN DEL SISTEMA NACIONAL DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (SEIA) Y ESTABLECIMIENTO DE UN PROCESO UNIFORME QUE COMPRENDEN LOS REQUERIMIENTOS, ETAPAS Y ALCANCES DE LAS EVALUACIONES DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN.	CONSTRUCCIÓN
LEY N.º 27314 Y D.S. N.º 057-04-PCM	LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS Y SU REGLAMENTO. CATEGORIZA LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y DEFINE SU MANEJO.	OPERACIÓN Y CONSTRUCCIÓN
LEY N.º 26842	LEY GENERAL DE SALUD. EL ABASTECIMIENTO DEL AGUA, ALCANTARILLADO, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS, REUSO DE AGUAS SERVIDAS Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS QUEDAN SUJETOS A LAS DISPOSICIONES QUE DICTA LA AUTORIDAD DE SALUD COMPETENTE, LA QUE VIGILARÁ SU CUMPLIMIENTO.	OPERACIÓN Y CONSTRUCCIÓN
LEY N.º 26338	LEY GENERAL DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO Y SU TEXTO ÚNICO ORDENADO DEL REGLAMENTO. REGULA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO EN LOS ÁMBITOS RURAL Y URBANO.	OPERACIÓN
D.L. N.º 757	LEY MARCO PARA LA INVERSIÓN PRIVADA. GARANTIZA LA LIBRE INICIATIVA Y LAS INVERSIONES PRIVADAS EN TODOS LOS SECTORES DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA Y EN CUALQUIERA DE LAS FORMAS EMPRESARIALES O CONTRACTUALES PERMITIDAS POR LA CONSTITUCIÓN Y LAS LEYES.	CONSTRUCCIÓN

Fuente: SUNASS y (Rossi Luna, 2010)

## 2.1. IDENTIFICACIÓN Y REGISTRO DE LOS UND

El Plan Nacional de Saneamiento es el marco de orientación para integrar y armonizar las acciones de los diversos agentes que de una u otra forma intervienen en el desarrollo del sector saneamiento.

Respecto al tratamiento de las aguas residuales domésticas, el Plan Nacional de Saneamiento tiene como objetivo “ampliar la cobertura y mejorar la calidad y sostenibilidad de los servicios de... aguas servidas y disposición de excretas...”

Para cumplir este objetivo, el mencionado plan ha definido la meta de cobertura de 100% para el tratamiento de aguas residuales vertidas al sistema de alcantarillado (véase la tabla 2). Se espera que en el 2015 SEDAPAL logre cumplir el plan.

**TABLA 2. META DE COBERTURA DEL SERVICIO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL SECTOR URBANO**

AÑO	2005	2010	2015
A NIVEL NACIONAL (%)	22	54	100
SEDAPAL (%)	10	40	100
EPS GRANDES (%)	43	72	100
EPS MEDIANAS (%)	33	66	100
EPS PEQUEÑAS (%)	6	53	100

Fuente: (MVCS, Plan Nacional de Saneamiento 2006 - 2015, 2006)

## 2.2. PLAN NACIONAL DE ACCIÓN AMBIENTAL (PLANAA) - PERÚ 2011-2021

El Plan Nacional de Acción Ambiental (PLANAA) - Perú 2011-2021 contiene las metas prioritarias en materia ambiental que el país debe lograr en los próximos diez años. Para el tema de aguas residuales, el PLANAA, dentro de la Meta 1: Agua, establece las siguientes metas:

- ▣ Meta 1.1 para el 2021: 100% de las aguas residuales domésticas urbanas son tratadas y el 50% de estas son reusadas (...).
- ▣ Meta 1.2 para el 2021: el 100% de los titulares que cuentan con autorizaciones de vertimiento cumplen los LMP aplicables. Los cuerpos receptores cumplen el ECA para agua.

El PLANAA - Perú 2011-2021 coincide con el Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015, en lo que se refiere a alcanzar la meta del 100% de tratamiento de las aguas residuales urbanas, aunque considera que esta se alcanzaría en el 2021 y que el 50% de las aguas residuales tratadas serán reusadas.

## **2.3. PLAN NACIONAL DE INVERSIONES (PNI) DEL SECTOR SANEAMIENTO PARA EL PERÍODO 2014-2021**

El Plan Nacional de Inversiones (PNI) del sector saneamiento para el periodo 2014-2021 cuantifica las inversiones necesarias para alcanzar la “cobertura universal de los servicios de agua potable y saneamiento (alcantarillado y tratamiento de aguas residuales) en los ámbitos urbano y rural” (MVCS, Plan Nacional de Inversiones del sector de saneamiento 2014-2021, 2014).

Para poder alcanzar las metas para el 2021, este plan estima que se requerirían inversiones por 53,5 mil millones de soles: S/. 43,2 mil millones para la ampliación de la cobertura (incluye inversiones para el tratamiento de aguas residuales en el ámbito urbano por S/. 4,96 mil millones) y S/. 8,9 mil millones para la rehabilitación y el mejoramiento de la infraestructura existente (incluye S/. 3,85 mil millones para la rehabilitación de la infraestructura de saneamiento general).

## **2.4. RESOLUCIÓN MINISTERIAL N.º 270-2014-VIVIENDA**

Mediante la Resolución Ministerial N.º 270-2014-VIVIENDA se establecen criterios de elegibilidad y priorización para la asignación de recursos a proyectos de inversión en el sector de saneamiento (otorga un puntaje de 0 a 5, de acuerdo con su prioridad), con lo que se espera lograr una inversión más eficiente.

En el ámbito de las EPS, esta resolución favorece el financiamiento de los proyectos integrales de ampliación de agua potable y alcantarillado antes que los proyectos de rehabilitación. Tanto los proyectos nuevos de PTAR como los de rehabilitación de PTAR no se encuentran priorizados (los proyectos nuevos tienen puntaje 1 de 10 y los de rehabilitación tienen puntaje 5 de 15).

Asimismo, la resolución favorece los proyectos considerados en el plan maestro optimizado (PMO) con un mayor porcentaje de cofinanciamiento. Esta política podría alentar la aparición de un gran número de pequeñas PTAR incluidas en proyectos integrales pequeños<sup>1</sup>, lo que podría afectar la eficiencia del tratamiento.

De lo anterior se concluye que la mencionada resolución no promueve la rehabilitación de las PTAR existentes, ni la construcción de nuevas PTAR, lo que dificultará a las EPS el cumplimiento de los límites máximos permisibles (LMP) de vertimientos a cuerpos de agua, así como de los ECA-Agua, lo que las convertiría en posibles sujetos de sanción administrativa o penal.

Por otro lado, la resolución señala que para ser objeto de financiamiento, el proyecto que incluya una PTAR deberá contar con el instrumento ambiental correspondiente. Se debe tener en cuenta que la mayoría de las PTAR no tiene dichos instrumentos y que no se ha previsto la ayuda técnica y financiera para que las EPS pequeñas puedan contar con ellos.

---

<sup>1</sup> También podría fomentar la separación de las localidades con estas PTAR del ámbito de las EPS.

## 2.5. LEY DE RECURSOS HÍDRICOS

Los capítulos VI y VII de la Ley de Recursos Hídricos tratan sobre la regulación del vertimiento y reúso de las aguas residuales tratadas. Algunos puntos importantes son:

- Define las condiciones y procedimientos para la autorización del vertimiento y reúso de las aguas residuales tratadas.
- Prohíbe el vertimiento o reúso del agua residual sin tratamiento.
- Para obtener la autorización de vertimiento del efluente de la PTAR a un cuerpo natural, se deben cumplir los LMP y asegurar el cumplimiento de los ECA en el cuerpo de agua.
- Para obtener la autorización de reúso de las aguas residuales tratadas, se deben cumplir los valores establecidos por el sector de la actividad a la que se destine el reúso o, en su defecto, las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Define a la Autoridad Nacional del Agua como responsable del control de los vertimientos y reúso autorizados.
- Establece la obligación de instalar sistemas de medición del caudal del efluente en las PTAR.

## 2.6. VALORES DE CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL MARCO LEGAL PERUANO

El marco legal peruano define los siguientes parámetros y valores relevantes para la construcción y operación de PTAR:

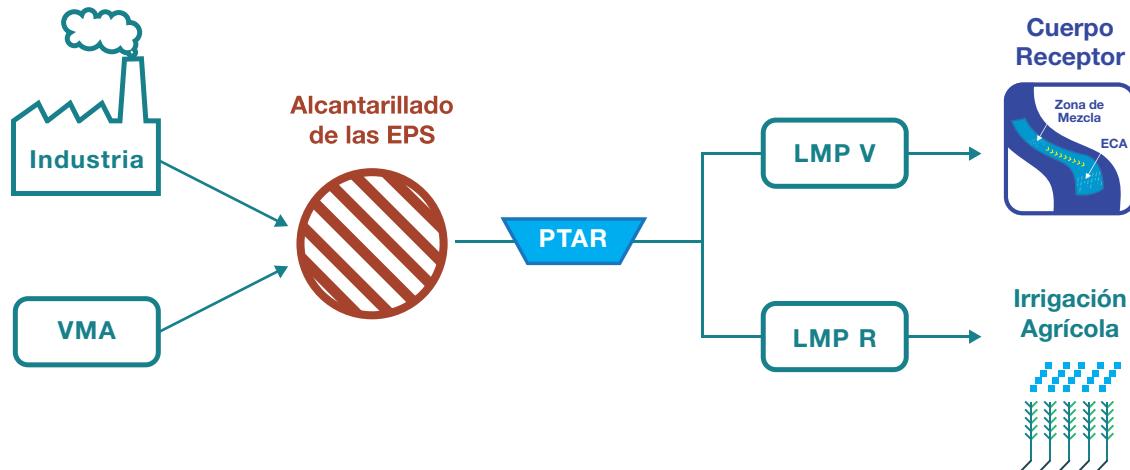
- Valores máximos admisibles (VMA) establecidos en el Decreto Supremo N.º 021-2009-VIVIENDA y su reglamento aprobado por el Decreto Supremo N.º 003-2011-VIVIENDA.
- Límites máximos permisibles (LMP) para vertimientos a cuerpos de agua establecidos en el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM.
- Estándares de calidad de agua (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM.
- Límites máximos permisibles para el reúso de agua tratada.

En la ilustración 1 se puede apreciar que los VMA regulan las descargas industriales al alcantarillado público, en tanto que los LMP para vertimientos en un cuerpo de agua regulan la calidad del efluente de las PTAR y los ECA-Agua regulan la calidad del agua en el cuerpo de agua luego de la zona de mezcla con el efluente de las PTAR.

Para el caso de vertimiento del efluente a un cuerpo de agua cabe precisar que el cumplimiento de los LMP en el efluente de una PTAR no remplaza la necesidad del cumplimiento del ECA-Agua después de la zona de mezcla y viceversa.

Para el caso del reúso, se deben aplicar los LMP correspondientes a la actividad en la que se hará el reúso. En la actualidad, a falta de LMP específicos, se utilizan los valores recomendados en las guías de la Organización Mundial de la Salud.

**ILUSTRACIÓN 1. EXIGENCIA DE LMP DE VERTIMIENTOS DEL EFLUENTE DE PTAR (LMP-V),  
LMP PARA REÚSO DEL EFLUENTE (LMP-R), ECA-AGUA Y VMA. (FUENTE SUNASS)**



### 2.6.1. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP) - DECRETO SUPREMO N. 003-2010-MINAM

De acuerdo con el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM, el LMP es “la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente”. Los LMP definen la calidad del efluente de las PTAR cuando se vierte a un cuerpo natural de agua. Sin embargo, cuando la PTAR incluye emisario submarino, la norma OS. 090 del Reglamento Nacional de Edificaciones señala que estos valores no son aplicables.

Los LMP son obligatorios para todas las PTAR sin distinción de tamaño, ni de nivel de tratamiento. En la tabla 3 se muestran los LMP vigentes.

La EPS debe reportar al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) el cumplimiento de los LMP y efectuar el monitoreo frecuente del afluente y efluente de la PTAR según el protocolo de monitoreo señalado en la Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA. Este protocolo define:

- Los puntos de la toma de muestras
- Los parámetros que se deben monitorear en el afluente y efluente de la PTAR
- La frecuencia del monitoreo (véase la tabla 4)
- El procedimiento de la toma de muestras y el análisis de las muestras.

Cabe mencionar que esta exigencia normativa no limita a la EPS a efectuar la medición de parámetros adicionales o ampliar la frecuencia de algunos parámetros dentro de sus programas de operación y control de los procesos de tratamiento de las PTAR.

Según el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM, la fiscalización del cumplimiento de los LMP está a cargo de la autoridad competente; es decir, el MVCS. Sin embargo, el ente rector aún no cuenta con un reglamento de supervisión, fiscalización y sanción del cumplimiento de los LMP.

**TABLA 3. LMP DE EFLUENTES PARA SU VERTIMIENTO A UN CUERPO DE AGUA (D.S. N.º 003-2010-MINAM)**

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
ACEITES Y GRASAS	mg/L	20
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 mL	10.000
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN 5 DÍAS (DBO5)	mg/L	100(1)
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/L	200(1)
PH		6,5 – 8,5
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN	mL/L(2)	150
TEMPERATURA	°C	< 35

1) Para los efluentes de PTAR con etapa de tratamiento final por lagunas, el LMP se refiere a la muestra filtrada.

2) La unidad es probablemente incorrecta. Sería preferible la unidad mg/L.

Fuente: Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM

**TABLA 4. PARÁMETROS Y FRECUENCIA DEL MONITOREO DE MUESTRAS DE AFLUENTES Y EFLUENTES DE LAS PTAR**

PARÁMETROS		FRECUENCIA DEL MONITOREO SEGÚN EL CAUDAL DE OPERACIÓN PROMEDIO ANUAL			
AFLUENTE	EFLUENTE	< 10 L/S	> 10 A 100 L/S	> 100 A 300 L/S	> 300 L/S
ACEITES Y GRASAS					
COLIFORMES TERMOTOLERANTES					
DBO5		ANUAL	SEMESTRAL	TRIMESTRAL	MESNUAL
DQO					
PH					
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN					
TEMPERATURA					
CAUDAL (LECTURA HORARIA O MÁS FRECUENTE)	1 POR SEMESTRE	1 POR TRIMESTRE	1 POR MES	DIARIA	

Fuente: SUNASS, con base en la Resolución Ministerial N.º 273-2013-VIVIENDA

### **CONSIDERACIÓN IMPORTANTE**

El Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM establece el LMP de 200 mg/l para la DQO y de 100 mg/l para la DBO5, lo cual significaría que la relación entre la DQO y la DBO5 es 2 a 1. Sin embargo, en la práctica, la relación se encuentra normalmente entre 3 y 4, cuando se trata de efluentes de tratamientos biológicos. Por lo tanto, no deben diseñarse PTAR nuevas para el LMP de DBO5 de 100 mg/L, sino para una concentración de DBO5 menor de 50 mg/L, a fin de cumplir el LMP de DQO de 200 mg/L. Si en la operación de una PTAR se verifica el cumplimiento del LMP de la DQO, es muy probable que también cumpla el LMP de la DBO5.

#### **2.6.2. ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AGUA (ECA-AGUA)**

#### **DECRETO SUPREMO N.º 002-2008-MINAM 003-2010-MINAM**

Los ECA-Agua establecen el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua en su condición de cuerpo receptor, que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni el ambiente.

Cuando se vierte el efluente de la PTAR al cuerpo receptor de agua, se origina una zona de mezcla, luego de la cual, el cuerpo receptor de agua debe cumplir los valores del ECA-Agua, que dependen de la categoría de uso del cuerpo receptor.

La tabla 5 muestra los ECA-Agua de algunas categorías establecidas en el Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM.

TABLA 5. COMPARACIÓN DE LOS LMP PARA EFLUENTES DE PTAR Y ECA-AGUA

PARÁMETROS		LMP	ECA Y FACTOR DE DILUCIÓN (FD) DEL LMP NECESARIO EN UN CUERPO NATURAL LIBRE DE CONTAMINACIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DEL ECA									
			CATEGORÍA 1A2 <sup>2)</sup>		CATEGORÍA 1A3 <sup>2)</sup>		CATEGORÍA 1B1 <sup>2)</sup>		CATEGORÍA 2C3 <sup>3)</sup>		CATEGORÍA 3 <sup>3)</sup>	
			ECA	FD <sup>1)</sup>	ECA	FD <sup>1)</sup>	ECA	FD <sup>1)</sup>	ECA	FD <sup>1)</sup>	ECA	FD <sup>1)</sup>
DBO <sub>5</sub>	mg/L	100	5	20	10	10	5	20	10	10	15	7
DQO	mg/L	200	20	10	30	7	30	7	-	-	40	5
SST	mg/L	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COLIFORMES TERMO TOLERANTES	NMP/100 mL	10.000	2000	5	20.000	1	200	50	1000	10	2000	5
ACEITES Y GRASAS	mg/L	1	20	20	1	20	-	4	2	10	2	12
NITRÓGENO AMONIACAL	mg/L	45 <sup>3)</sup>	2,0	23	3,7	12	-	-	0,21	-	-	-
FÓSFORO (FOSFATO TOTAL)	mg/L	0,15	14 <sup>3)</sup>	93	0,15	93	-	-	0,1	-	1	-

- 1) FD = Factor de dilución calculado para que el efluente de la PTAR que cumple los LMP pueda cumplir también los ECA-Agua. Ejemplo: para poder verter el efluente de una PTAR con DBO<sub>5</sub> = 100 mg/L (cumple el LMP) en un río de categoría 1, subcategoría A2, con concentración inicial de DBO<sub>5</sub> = 0 mg/L se necesita que el caudal del río sea por lo menos 20 veces el caudal del efluente de la PTAR.
- 2) Categoría 1 = Poblacional y recreacional:  
 Subcategoría A2 = aguas superficiales que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.  
 Subcategoría A3 = aguas superficiales que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.  
 Subcategoría B1 = aguas superficiales destinadas para recreación por contacto primario.  
 Categoría 2 = Actividades marino-costeras; subcategoría C3 = otras actividades  
 Categoría 3 = Riego de vegetales y bebida de animales; riego de vegetales de tallo alto.
- 3) Calidad del efluente de una PTAR de lagunas facultativas considerando una concentración en el afluente según la norma OS.090 y una remoción de nitrógeno total de 40% y del fósforo de 30%.

Fuente: SUNASS

Por ejemplo, si el efluente de una PTAR tiene una concentración de fósforo total de 14 mg/L (valor esperado en una PTAR de tecnología de lagunas), el factor mínimo de dilución necesario para alcanzar el ECA-Agua de la categoría 1 A3 (aguas superficiales que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado) sería de 93 veces (si el río viene sin fósforo total, pues en caso contrario, la dilución tendría que ser mayor). Esto significa que para una ciudad de 50.000 habitantes (con caudal del efluente de 90 L/s) se necesitaría un cuerpo receptor de agua con un caudal de 8 m<sup>3</sup>/s durante el mes de menor precipitación del año; situación poco frecuente en la zona costera peruana. Por lo tanto, en este caso, para cumplir los ECA-Agua, se deberá implementar un proceso de tratamiento para la remoción de fósforo, adicional a los procesos de tratamiento implementados para el cumplimiento de los LMP.

El control de los vertimientos autorizados está a cargo de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), que es la responsable de la caracterización del cuerpo receptor, información necesaria para evaluar si la tecnología de la PTAR permite el cumplimiento de los ECA-Agua. A la fecha, no existe una base de datos de consulta de la calidad de agua de los recursos hídricos del país. Esta situación obliga a que las EPS incurran en mayores costos para el monitoreo de los cuerpos de agua a fin de comparar las alternativas de vertimiento a diversos cuerpos de agua y la selección de tecnología para una nueva PTAR. Actualmente, los valores de los ECA-Agua se encuentran en proceso de revisión o modificación por el Ministerio del Ambiente (MINAM).

### 2.6.3. VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES

El Decreto Supremo N.º 021-2009-VIVIENDA regula las descargas de aguas no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario y establece los valores máximos admisibles (VMA). En este decreto “se entienden los valores máximos admisibles como aquel valor de la concentración de elementos... o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un efluente no doméstico, que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, que al ser excedido causa daño inmediato o progresivo a la... infraestructura... y equipos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, y tiene influencias negativas en los procesos de tratamiento de aguas residuales”.

El Reglamento de los VMA (Decreto Supremo N.º 003-2011-VIVIENDA) establece el programa de monitoreo y el procedimiento de fiscalización y sanción en el caso de incumplimiento por una descarga no doméstica.

La EPS debe implementar un sistema de supervisión y monitoreo de las descargas no domésticas para verificar el cumplimiento de la normativa de VMA. El usuario no doméstico tiene que efectuar el monitoreo de su descarga y la EPS debe verificar los valores reportados por el usuario no doméstico.

Los VMA se dividen en dos grupos de parámetros, que se encuentran en los anexos N.º 01 y 02 del Decreto Supremo N.º 021-2009-VIVIENDA. Un exceso en los VMA del anexo N.º 01 conlleva a pagos adicionales del usuario a la EPS por la descarga en el sistema de alcantarillado, mientras que el incumplimiento del anexo N.º 02 implica el cierre de la descarga.

Es importante mencionar que la implementación del monitoreo de VMA implica un gasto importante para los usuarios no domésticos pequeños, ya que el monitoreo y análisis de un punto de monitoreo representa un costo de aproximadamente S/. 3500<sup>2</sup>.

La tabla 6 muestra algunos de los parámetros de los VMA. El parámetro sulfatos es uno de los más difíciles de cumplir en las descargas de los efluentes de fabricación de alimentos, ya que por las elevadas concentraciones de sulfatos se necesitaría implementar un tratamiento previo a la descarga en el alcantarillado público. Cabe mencionar que las tecnologías aprobadas para la remoción de sulfatos de aguas residuales no aseguran concentraciones de sulfatos menores de 500 mg/L<sup>3</sup>.

**TABLA 6. ALGUNOS VMA PARA DESCARGAS INDUSTRIALES AL ALCANTARILLADO**

ANEXO 1			ANEXO 2		
PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
DBO5	mg/L	500	PH	-	6 - 9
DQO	mg/L	1000	TEMPERATURA	-	<35
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	500	SÓLIDOS SEDIMENTABLES	ml/L/h	8,5
ACEITES Y GRASAS	mg/L	100	NITRÓGENO AMONIACAL	mg/L	80
<hr/>					
SULFATOS	mg/L	500	CROMO TOTAL	mg/L	10
CROMO TOTAL	mg/L	0,5	ARSÉNICO	mg/L	4
BORO	mg/L	0,5	PLOMO	mg/L	0,5

Fuente: SUNASS, con base en la Resolución Ministerial N.º 273-2013-VIVIENDA

2 Estado 01/09/2014. Se esperan cambios debido a la modificación de la norma, esperada para el 2015.  
3 Idem.

#### **2.6.4. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EL REÚSO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA**

Actualmente no existen límites máximos permisibles para el agua residual tratada que será reutilizada para el riego, ni para otros tipos de reúso.

Los ECA-Agua de la categoría 3 definen estándares de la calidad para un cuerpo natural de agua superficial que será utilizado para riego, lo cual no implica que estos valores también puedan ser considerados como LMP para efluentes de PTAR.

En el artículo 150 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos se señala que para la evaluación de las solicitudes de autorización de reúso de efluentes tratados, se deben tomar en cuenta los valores que establezca el sector correspondiente a la actividad a la cual se destinará el reúso del agua o que en su defecto se utilicen las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

En el mencionado reglamento se señala también que la Autoridad Nacional del Agua es responsable de autorizar el reúso de las aguas residuales tratadas y que la autoridad administrativa del agua correspondiente es la encargada del control y vigilancia del reúso de las aguas residuales tratadas. En el caso del reúso para riego de áreas verdes, se requiere la opinión técnica favorable de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), que dentro de sus funciones vigila los aspectos de salud pública en parques y áreas verdes de uso público.

Se advierte la necesidad de que el país cuente con una guía de buenas prácticas de riego y manejo adecuado de suelos con aguas residuales tratadas por parte de los agricultores. En relación con este tema, las guías de la OMS de 1989 y 2006 dan recomendaciones sobre las medidas de protección de la salud, sistemas de monitoreo, prevención de los riesgos ambientales y desarrollo de una política nacional para el manejo de los beneficios y riesgos del reúso de aguas residuales tratadas.

#### **GUÍAS DE LA OMS PARA EL REÚSO DE AGUAS RESIDUALES**

Para la evaluación de solicitudes de autorización del reúso de efluentes tratados, la Autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los valores de las guías de la OMS de 1989 o la versión actual del 2006 (dependiendo de lo indicado en la solicitud de autorización).

La versión de la guía del año 1989 define 3 categorías de acuerdo con el tipo de reúso. (Véase la tabla 7).

**DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁMBITO DE OPERACIÓN DE LAS ENTIDADES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO**

**TABLA 7. RECOMENDACIONES REFERIDAS A LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE REÚSO PARA RIEGO  
(OMS, HEALTH GUIDELINES FOR THE USE OF WASTEWATER IN AGRICULTURE AND AQUACULTURE, 1989)**

CATEGORÍA	CONDICIONES DEL REÚSO	GRUPO EXPUESTO	HELMINTOS INTESTINALES <sup>b)</sup> (HUEVOS/L <sup>c)</sup> )	COLIFORMES (PROMEDIO POR 100 mL <sup>c)</sup> )	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
A	RIEGO DE CULTIVOS QUE SE CONSUMEN CRUDOS, CAMPOS DEPORTIVOS Y PARQUES PÚBLICOS <sup>d)</sup>	TRABAJADORES, CONSUMIDORES, USUARIOS	≤ 1	≤ 1000 <sup>d)</sup>	LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN EN SERIE DISEÑADAS PARA LOGRAR LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA INDICADA O TRATAMIENTO SIMILAR
B	RIEGO DE CEREALES, CULTIVOS INDUSTRIALES, FORRAJES Y ÁRBOLES <sup>e)</sup>	TRABAJADORES	≤ 1	NO HAY UN ESTÁNDAR DE CALIDAD RECOMENDADO	RETENCIÓN EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN ENTRE 8 Y 10 DÍAS O REMOCIÓN EQUIVALENTE DE HELMINTOS Y COLIFORMES FECALES
C	RIEGO DE CULTIVOS DE LA CATEGORÍA B, SI NO HAY EXPOSICIÓN DE TRABAJADORES Y DEL PÚBLICO	NINGUNO	SIN APLICACIÓN	SIN APLICACIÓN	TRATAMIENTO PRELIMINAR SEGÚN EL REQUERIMIENTO DE LA TECNOLOGÍA DE RIEGO, PERO NO MENOR QUE LA SEDIMENTACIÓN PRIMARIA

a) En casos particulares, factores epidemiológicos, socioculturales, medioambientales y los lineamientos modificados, respectivamente.

b) Especies de áscaris, Trichuris y anquilostoma.

c) Durante el tiempo de riego.

d) Para césped público donde puede existir contacto directo para el público se recomiendan valores más estrictos (≤ 200 coliformes fecales/100 ml).

e) En el caso de frutales, el riego debería ser paralizado dos semanas antes de la cosecha y las frutas no deberían ser recogidas del suelo. No se debería usar riego por aspersión.

Las guías de la OMS del 2006 definen la calidad del agua residual a reutilizar en función de la evaluación del riesgo para la salud de los que participan en la cadena del reuso: el consumidor de los productos, los agricultores y la población aledaña. Para asegurar un riesgo permisible para la salud, el agua que se va a reutilizar debe:

- Cumplir un límite máximo de la presencia de huevos de helmintos (véase la tabla 8). Alcanzar determinado grado de remoción de organismos patógenos (véase la tabla 8) entre el riego y el contacto con la población. Se considera una contaminación inicial de 107 - 108 de Escherichia coli por 100 ml en el agua del efluente de la PTAR. La tabla 9 presenta diferentes medidas de remoción de patógenos y sus eficiencias estimadas.

El grado necesario de remoción de patógenos depende de los siguientes factores:

- Tipo de cultivo.
- Tecnología de riego aplicada.
- Mortalidad de los patógenos entre el riego y el consumo (tratamiento del producto en el camino hasta el consumidor final).
- Modo de preparación del producto.
- Estrategias de control de los riesgos por exposición humana (limitar el acceso de las personas al contacto con el agua de reuso, campañas de vacunación de los trabajadores y sus familiares, educación sanitaria y control parasitario).
- Tecnología del tratamiento de las aguas residuales.
- Cumplir los límites máximos en el suelo de los campos irrigados para no afectar la salud humana por bioacumulación de toxinas en los cultivos (véase la tabla 11).

Si se comparan los valores de la guía de la OMS de 1989 con los de la guía de 2006, esta última requiere valores menos restringidos para el riego de cultivos de consumo directo, siempre que se implementen las medidas de protección de la salud humana adicionales al tratamiento de las aguas residuales.

Para el riego de otros cultivos, la guía de la OMS del 2006 es más estricta respecto a la remoción de organismos patógenos que la guía de 1989 y pone más atención a la seguridad de los regantes. Sin embargo, en ambas guías se establece igual grado de remoción de huevos de helmintos y de remoción de patógenos para el riego (por inundación, goteo o aspersión).

La tabla 10 muestra que los ECA-Agua presentan valores para coliformes<sup>4</sup> mucho más estrictos para cuerpos de agua que se usan para el riego de cultivos de tallo alto que las guías de la OMS de 1989 y 2006.

**TABLA 8. LÍMITES MÁXIMOS DE LA PRESENCIA DE HUEVOS DE HELMINTOS Y GRADO DE REMOCIÓN DE ORGANISMOS PATÓGENOS NECESARIOS PARA NO AFECTAR LA SALUD HUMANA (OMS, 2006)**

PARÁMETROS	GRADO DE REMOCIÓN DE ORGANISMOS PATÓGENOS	N.º DE HUEVOS DE HELMINTOS
	(EN UNIDADES LOGARÍTMICAS) <sup>a)</sup>	HUEVO / LITRO
IRRIGACIÓN DE CULTIVOS DE CONSUMO DIRECTO	-	-
LECHUGA	6	≤ 1 <sup>b),c)</sup>
CEBOLLA	7	≤ 1 <sup>b),c)</sup>
IRRIGACIÓN DE OTROS CULTIVOS	-	-
DE FORMA MECANIZADA	3	≤ 1 <sup>b),c)</sup>
DE FORMA ARTESANAL	4	≤ 1 <sup>b),c)</sup>
IRRIGACIÓN POR GOTEO	-	-
CULTIVO DE TALLO ALTO	2	Sin recomendación <sup>d)</sup>
CULTIVO DE TALLO BAJO	4	≤ 1 <sup>c),d)</sup>

- a) El grado de remoción de rotavirus (índicador de organismos patógenos) para no afectar la salud humana debe ser el resultado del tratamiento de las aguas residuales y de otras medidas de protección de la salud.
- b) En el caso de exposición de niños menores de 15 años se deben aplicar medidas adicionales de protección de la salud (por ejemplo: tratamiento hasta 0,01 huevos/L, uso de equipos de protección como zapatos, botas, guantes, lentes, vacunas y control parasitario).
- c) Se determinará por el promedio aritmético durante la temporada de riego. El promedio de ≤ 1 huevo/L se debe alcanzar por lo menos en el 90 % de las mediciones; se permiten valores ocasionales de hasta 10 huevos/L. Para el tratamiento por lagunas de estabilización se puede utilizar como indicador del cumplimiento ≤ 1 huevos/L, con un tiempo de retención mínimo de 10 días.
- d) No se cosecha del suelo.

**TABLA 9. GRADO DE REMOCIÓN DE ORGANISMOS PATÓGENOS POR MEDIDAS DE PROTECCIÓN (OMS, 2006)**

MEDIDA	GRADO DE REMOCIÓN EN UNIDADES LOGARÍTMICAS	MEDIDA	GRADO DE REMOCIÓN EN UNIDADES LOGARÍTMICAS
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	1 - 6 <sup>a)</sup>	DISTANCIA DE PROTECCIÓN DE LA ASPERSIÓN	1
IRRIGACIÓN LOCAL (POR GOTEO) DE CULTIVOS DE TALLO BAJO	2	MORTALIDAD DE PATÓGENOS EN SUPERFICIES	0,5 - 2 POR DÍA
IRRIGACIÓN LOCAL (POR GOTEO) DE CULTIVOS DE TALLO ALTO	4	LAVADO DE LOS PRODUCTOS CON AGUA	1
REGULACIÓN DEL SISTEMA DE ASPERSIÓN	1	DESINFECCIÓN DE LOS PRODUCTOS	2
		PELAR LOS PRODUCTOS	2
		COCINAR LOS PRODUCTOS	6 - 7

- a) Para la protección de los regantes que trabajan en el riego por inundación, sin equipos especiales de seguridad se recomienda una remoción mínima de 2 a 3 unidades logarítmicas.

4 Las guías de la OMS se refieren a E. coli, los ECA-Agua a coliformes termotolerantes.

**DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁMBITO DE OPERACIÓN DE LAS ENTIDADES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO**

**TABLA 10. CONCENTRACIÓN DE PATÓGENOS EN EL EFLUENTE DE UNA PTAR PARA RIEGO**

TIPO DE RIEGO	OPCIÓN <sup>1)</sup>	CONCENTRACIÓN DE ORGANISMOS PATÓGENOS Y HUEVOS DE HELMINTOS EN EL EFLUENTE DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (EN E. COLI/100 mL Y HUEVOS/L)					
		OMS, 2006 <sup>5</sup>		OMS, 1989 <sup>2)</sup>		ECA-AQUA (COLIF. TERMOTOLERANTES)	
		E. COLI	HUEVOS	E. COLI	HUEVOS	RIEGO DE VEGETALES TALLO BAJO	RIEGO DE VEGETALES TALLO ALTO
CULTIVO DE CONSUMO DIRECTO	A	$\leq 10^3$	$\leq 1$	$\leq 10^3$	$\leq 1$	$\leq 10^3$	$\leq 2 \times 10^3$
	B	$\leq 10^4$	$\leq 1$	$\leq 10^3$	$\leq 1$	$\leq 10^3$	$\leq 2 \times 10^3$
	C	$\leq 10^5$	$\leq 1$	$\leq 10^3$	$\leq 1$	-	$\leq 2 \times 10^3$
	D	$\leq 10^3$	$\leq 1$	$\leq 10^3$	$\leq 1$	$\leq 10^3$	$\leq 2 \times 10^3$
		$\leq 10^3$ , $\leq 10^4$ O $\leq 10^5$ , DEPENDIENDO DE LA NORMA NACIONAL	SIN RECOMENDACIÓN	$\leq 10^3$	$\leq 1$	$\leq 10^3$	$\leq 2 \times 10^3$
OTROS CULTIVOS	F	$\leq 10^4$	$\leq 1$	SIN RECOMENDACIÓN	$\leq 1$	$\leq 10^3$	$\leq 2 \times 10^3$
	G	$\leq 10^5$	$\leq 1$	SIN RECOMENDACIÓN	$\leq 1$	$\leq 10^3$	$\leq 2 \times 10^3$
	H	$\leq 10^6$	SIN RECOMENDACIÓN	SIN RECOMENDACIÓN	NO APLICA	$\leq 10^3$	$\leq 2 \times 10^3$

1) EXPLICACIÓN DE LAS OPCIONES:

OPCIÓN	CULTIVO	DESCRIPCIÓN DE LA COMBINACIÓN DE LA MEDIDAS DE REMOCIÓN DE ORGANISMOS PATÓGENOS	REMOCIÓN EN UNIDADES LOGARÍTMICAS	
			POR EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	TOTAL
A	Raíces	Lavado de los productos + mortalidad en superficies entre la fecha del último riego y el consumo + tratamiento de aguas residuales	4	7
B	Lechuga	Lavado de los productos + mortalidad en superficies entre la fecha del último riego y el consumo + tratamiento de aguas residuales	3	6
C	Tallo alto	Riego por goteo + tratamiento de aguas residuales	2	6
D	Tallo bajo	Riego por goteo + tratamiento de aguas residuales	4	6
E		Tratamiento de aguas residuales	7	7
F		Riego de forma artesanal + tratamiento de aguas residuales (para proteger a los regantes)	4	7
G		Riego mecanizado + tratamiento de aguas residuales (para proteger a los regantes)	3	7
H		Riego subsuperficial + tratamiento de aguas residuales	0-1	7

2) Véase la tabla 7 del presente estudio.

3) Según el Decreto Supremo N.<sup>o</sup> 002-2008-MINAM, Categoría 3.

**TABLA 11. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE ELEMENTOS QUÍMICOS TÓXICOS PARA LA SALUD HUMANA EN SUELOS REGADOS CON AGUAS RESIDUALES TRATADAS (GUIDELINES FOR THE SAFE USE OF WASTEWATER, EXCRETA AND GREYWATER. VOLUME II: WASTEWATER USE IN AGRICULTURE, 2006)**

ELEMENTO QUÍMICO	CONCENTRACIÓN EN EL SUELO EN mg/kg
<b>SUSTANCIAS INORGÁNICAS</b>	
ANTIMONIO	36
ARSÉNICO	8
BARIO <sup>1)</sup>	302
BERILIO <sup>1)</sup>	0,2
BORO <sup>1)</sup>	1,7
CADMIO	4
FLÚOR	635
PLOMO	84
MERCURIO	7
MOLIBDENO <sup>1)</sup>	0,6
NÍQUEL	107
SELENIO	6
PLATA	3
TALIO <sup>1)</sup>	0,3
VANADIO <sup>1)</sup>	47
<b>SUSTANCIAS ORGÁNICAS</b>	
ALDRÍN	0,48
BENCENO	0,14
CLORDANO	3
CLOROBENCENO	211
CLOROFORMO	0,47
2,4-D	0,25
DDT	1,54
DICLOROBENCENO	15
DIELDRÍN	0,17
DIOXINA	0,00012
HEPTACLORO	0,18
HEXAACLOROBENCENO	1,4
LINDANO	12
METOXICLORO	4,27
PAH	16
PCB	0,89
PENTACLOROFENOL	14
FTALATO	13,733
PIRENO	41
ESTIRENO	0,68
2,4,5-T	3,82
TETRACLOROETANO	1,25
TETRACLOROETILENO	0,54
TOLUENO	12
TOXAFENO	0,0013
TRICLOROETANO	0,68

1) Los límites numéricos de compuestos de estos elementos están dentro de los rangos típicos para suelos.

## **2.7. LEY N.º 30045, LEY DE MODERNIZACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO**

Mediante la Ley de Modernización de los Servicios de Saneamiento se creó el Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS) como organismo adscrito al MVCS<sup>6</sup>. Este organismo tiene el fin de fortalecer la gestión de las EPS, emitir normas relacionadas con la conformación de los directorios de las EPS, determinar la aplicación del régimen de apoyo transitorio de las EPS y nombrar directores y gerentes.

Esta ley especifica también la política de financiamiento de proyectos de saneamiento por el Gobierno nacional, la política de fortalecimiento de la administración de servicios de saneamiento y la política remunerativa para los trabajadores del sector. Adicionalmente, esta ley define el marco para la comercialización de aguas residuales tratadas y residuos sólidos tratados.

## **2.8. LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS Y SU REGLAMENTO**

Los residuos sólidos (RRSS) ingresan a las PTAR junto con el agua residual cruda. Los RRSS más gruesos son separados durante el ingreso a la PTAR por medio de cribas y tamices. Otros RRSS los constituyen las grasas y las arenas que son separadas del agua residual mediante los procesos de desengrase y desarenado. Existen otros RRSS que son generados durante los procesos de tratamiento de las aguas residuales, como los lodos.

El Reglamento de la Ley de los Residuos Sólidos dispone que todos los lodos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales sean considerados como residuos peligrosos<sup>7</sup> y deben ser depositados en rellenos de seguridad<sup>8</sup>. Con relación a los RRSS separados en el tratamiento preliminar (residuos gruesos, arena y grasa), por contener sustancias infecciosas, deben ser dispuestos también en rellenos de seguridad.

No se ha considerado el potencial nutritivo del lodo de sistemas de tratamiento de aguas residuales. Tampoco se han establecido criterios que permitan demostrar que el lodo de las PTAR no es peligroso si se le somete a determinados tratamientos. Tampoco existen criterios para el uso de lodos tratados.

6 Artículos 3 y 4 de la Ley N.º 30045.

7 Artículo 27, numeral 3 del Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos, aprobado por Decreto Supremo N.º 057-04-PCM.

8 Artículo 51, ídem.

## 2.9. PLAN NACIONAL ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO (PLANCC)

Este plan tiene como objetivo principal construir las bases técnicas y científicas, así como las capacidades para explorar la factibilidad de un desarrollo limpio o bajo en carbono e incorporar el enfoque de cambio climático en la planificación del desarrollo del país.

El PLANCC propone opciones para mitigar los efectos del cambio climático. Las opciones propuestas para el sector de los residuos que están explícitamente relacionadas con el tratamiento de aguas residuales domésticas son:

- ▣ **Opción RES06:** Captura y quema de gas metano en las lagunas de las PTAR.  
La medida busca cubrir las lagunas con geomembranas e instalar quemadores de metano en las PTAR que traten caudales mayores de 100 l/s y que operen actualmente descubiertas.
- ▣ **Opción RES07:** Captura de gas metano y generación de energía en las lagunas de las PTAR.  
La medida propone la instalación de sistemas que permitan generar energía a partir del gas metano capturado en las lagunas que operan actualmente. Se efectuará en las lagunas facultativas sobrecargadas y de gran caudal que operan en provincias.
- ▣ **Opción RES08:** Captura de gas metano y generación de energía en el tratamiento de lodos de las PTAR.  
La medida propone la instalación de digestores anaerobios para el tratamiento de los lodos provenientes de las PTAR. Asimismo, se plantea un sistema de recuperación del biogás para generar energía.

Esto quiere decir que el PLANCC tiene como estrategia fomentar las tecnologías anaerobias en el tratamiento de aguas residuales, así como la captura, quemado o uso del biogás generado.



# **3.**

---

## **COBERTURA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

### 3. COBERTURA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

#### 3.1. COBERTURA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Dentro del ámbito de la EPS, hasta diciembre del 2013, 17,5 millones de habitantes contaban con servicio de agua potable y 16 millones con servicio de alcantarillado. Las EPS produjeron un promedio de 3,78 millones de m<sup>3</sup> de agua potable al día; es decir, una producción de agua potable per cápita de 216 L/(habitante/día).

Para el cálculo del agua residual vertida al alcantarillado, se considera 20% de pérdida del agua potable producida y otras pérdidas técnicas<sup>9</sup>, lo cual resulta en un caudal diario de 30.000 l/s o 2,59<sup>10</sup> millones de m<sup>3</sup> (véase la tabla 18), que equivale a 162 L/(habitante/día). En promedio, 2,59 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales son vertidas al alcantarillado y requieren tratamiento antes de su disposición en el medio ambiente o su reúso.

Considerando la diferencia de habitantes con servicio de agua potable y con servicio de alcantarillado (1,5 millones de habitantes), se puede estimar que actualmente no se captan 238.000 metros cúbicos por día de agua residual en el sistema de alcantarillado.

#### 3.2. LOCALIDADES CON TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LAS EPS

En la actualidad, de las 253 localidades del ámbito de las EPS, 89 no cuentan con tratamiento de aguas residuales, por lo que el agua residual cruda de estas localidades se vierte directamente a los ríos, mares, pampas o drenes.

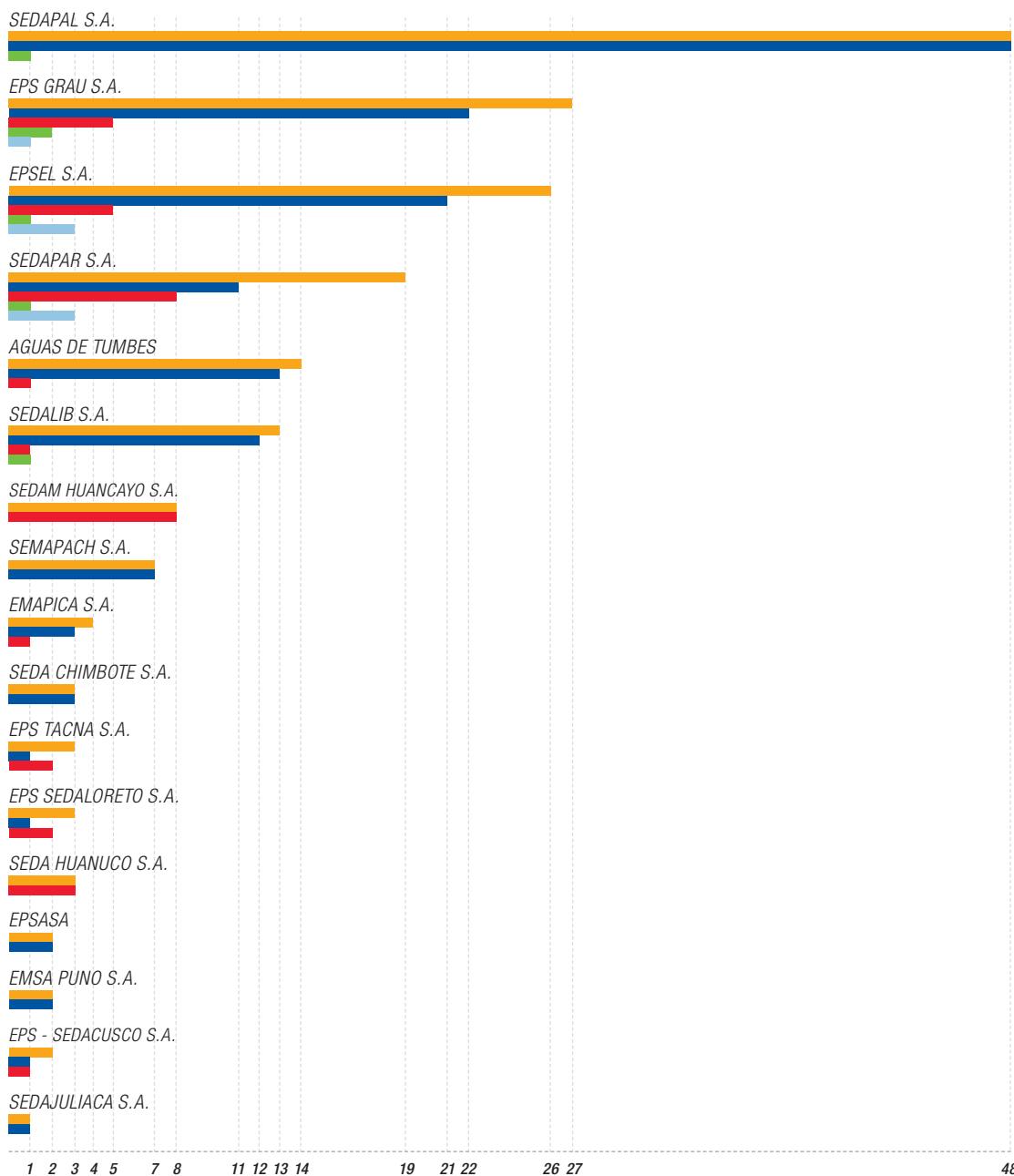
En las 164 localidades restantes, todas o parte de las aguas residuales vertidas al alcantarillado son conducidas hacia una planta de tratamiento de aguas residuales. En las ilustraciones 2 a 5 se muestran las localidades con PTAR en las EPS grandes, medianas y pequeñas.

<sup>9</sup> El indicador de gestión volumen de aguas residuales se calcula de acuerdo con lo señalado en la Resolución de Consejo Directivo N.º 010-2006-SUNASS-CD.

<sup>10</sup> Para el caso de SEDAPAL se consideraron los valores medidos por dicha empresa.

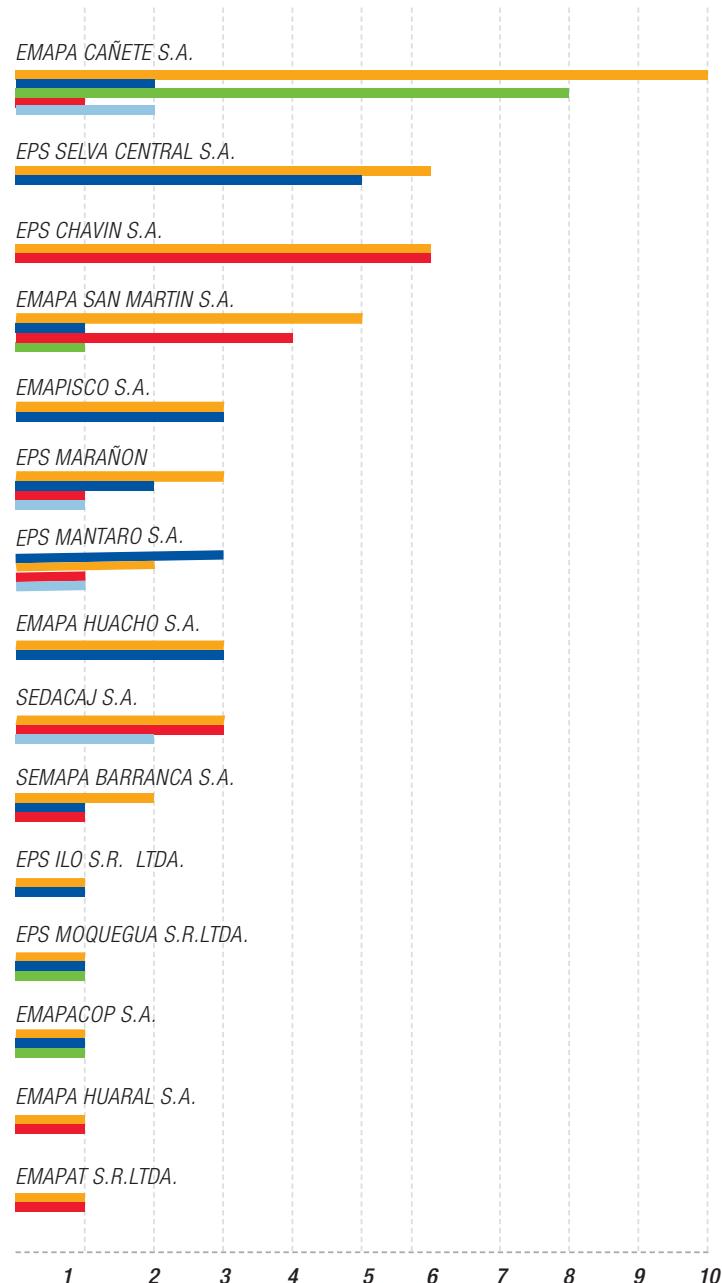
**ILUSTRACIÓN 2. NÚMERO DE LOCALIDADES DEL ÁMBITO DE LAS EPS GRANDES Y SEDAPAL (FUENTE SUNASS)**

■ Total Localidades por EPS    ■ Loc. con PTAR    ■ Loc. sin PTAR    ■ Loc. con PTAR en construcción  
 ■ Loc. con PTAR en construcción paralizada



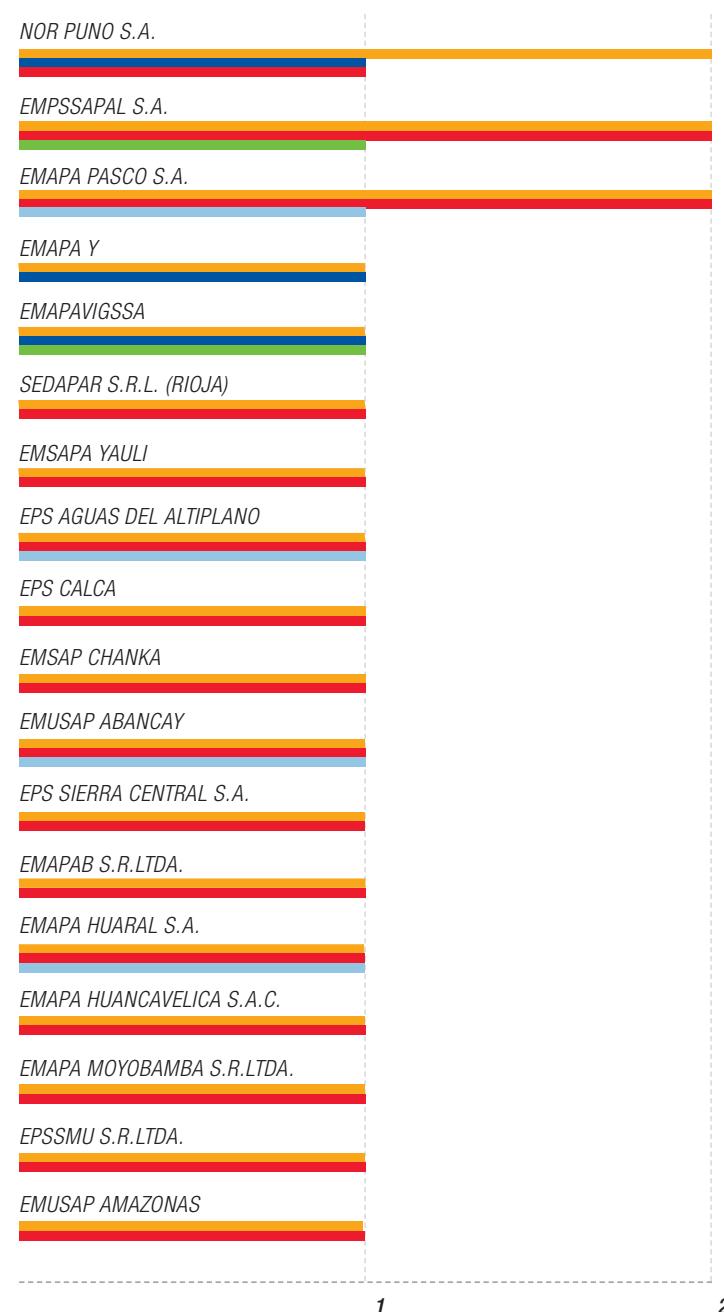
**ILUSTRACIÓN 3. NÚMERO DE LOCALIDADES DEL ÁMBITO DE LAS EPS MEDIANAS (FUENTE SUNASS)**

█ Total Localidades por EPS    █ Loc. con PTAR    █ Loc. sin PTAR    █ Loc. con PTAR en construcción  
█ Loc. con PTAR en construcción paralizada



**ILUSTRACIÓN 4. NÚMERO DE LOCALIDADES DEL ÁMBITO DE LAS EPS PEQUEÑAS (FUENTE SUNASS)**

■ Total Localidades por EPS    ■ Loc. con PTAR    ■ Loc. sin PTAR    ■ Loc. con PTAR en construcción  
 ■ Loc. con PTAR en construcción paralizada



### 3.3. LOCALIDADES SIN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

De las 89 localidades en el ámbito de las EPS sin tratamiento de aguas residuales, se ha identificado en la tabla 12, las cuatro localidades más grandes que no cuentan con PTAR.

Estas 89 localidades vertieron en el 2013 un total de 298.000 metros cúbicos por día al medio ambiente sin ningún tratamiento. Esto representa el 12% de todo el agua residual vertida al alcantarillado de las EPS. Véase la tabla 13.

**TABLA 12. PRINCIPALES LOCALIDADES SIN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

N.º	LOCALIDAD, EPS	CAUDAL VERTIDO AL ALCANTARILLADO EN L/s
1	HUANCAYO, SEDAM HUANCAYO S.A.C.	384
2	HUÁNUCO, SEDA HUÁNUCO S.A. <sup>1)</sup>	251
3	SULLANA, EPS GRAU S.A.	200
4	CAJAMARCA, SEDACAJ S.A.	192

1) SEDA HUÁNUCO opera en un distrito 3 PTAR con una capacidad de tratamiento < 1 L/s, por lo cual se considera a Huánuco como una ciudad sin PTAR.  
Fuente: SUNASS

**TABLA 13. HABITANTES CON SERVICIO DE ALCANTARILLADO Y CAUDAL VERTIDO EN 2013**

	HABITANTES CON SERVICIO DE ALCANTARILLADO	CAUDAL VOLCADO AL ALCANTARILLADO <sup>1)</sup>	HABITANTES	
				m <sup>3</sup> /d
LOCALIDADES SIN PTAR	1.888.000	298.000		
LOCALIDADES CON PTAR	14.083.000	2.293.000		
TOTAL	15.972.000	2.591.000		

1) Valores calculados por la SUNASS, excepto para SEDAPAL, en cuyo caso se consideran los valores medidos.

Fuente: SUNASS

### 3.4. DISTRIBUCIÓN DE PTAR EN LAS EPS<sup>11</sup>

Durante la evaluación de campo se identificaron 204 PTAR construidas y en construcción en el ámbito de las EPS, de las cuales 172 se encuentran construidas en el ámbito de las EPS y son operadas por la EPS o se encuentran en proceso de transferencia. Las 32 PTAR restantes se encuentran en construcción (19 en proceso de construcción y 13 con construcción paralizada por más de un año). De las 32 PTAR en construcción, 11 reemplazarán a PTAR existentes y las demás ampliarán la cobertura del tratamiento de aguas residuales.

En la tabla 14 se muestra la cantidad de PTAR en el ámbito de las EPS hasta el 1 de julio de 2014. Se observa que:

- 16 EPS no cuentan con PTAR en funcionamiento ni en construcción en su área de servicio.
- 5 EPS cuentan con PTAR en construcción, pero ninguna PTAR en funcionamiento.
- 29 EPS cuentan por lo menos con una PTAR en funcionamiento.
- De las 172 PTAR construidas en el ámbito de las EPS:
  - 144 PTAR son operadas por las EPS
  - 19 PTAR están en proceso de transferencia a las EPS
  - 9 PTAR se encuentran fuera de operación principalmente debido a conflictos con la población y problemas en la línea del emisor, entre otras razones.
- Las 172 PTAR incluyen también las PTAR Taboada en Lima y San Jerónimo en Cusco, operadas por terceros contratados por SEDAPAL S.A. y SEDACUSCO S.A., respectivamente.
- 82% de las PTAR en funcionamiento o en transferencia a las EPS se encuentran en la costa.

En el gráfico 4 se muestra la distribución porcentual de PTAR en funcionamiento por EPS. Las EPS con mayor número de PTAR son: EPS GRAU S.A., EPSEL S.A., SEDAPAL, ATUSA y SEDALIB, en estas 5 EPS se concentra el 63% del total de PTAR.

La tabla 15 muestra el número de PTAR según la zona del país donde se ubican. La zona costa norte congrega más del 50% de todas las PTAR. Hay que mencionar que se han identificado PTAR en localidades no atendidas por las EPS; por ejemplo, en el altiplano entre Cusco y el lago Titicaca, se ha identificado una cantidad significativa de PTAR.

<sup>11</sup> Se debe tener presente que estas cifras constituyen información de septiembre de 2013 a julio de 2014. Desde entonces entraron en operación por lo menos 3 PTAR (La Escalerilla en Arequipa, Quilmaná en Quilmaná y OMO en Moquegua), la PTAR de Sangani registrada en paralización ha entrado en operación y el estado de 2 PTAR (Enace y Negreiros en Talara) fue confirmado como PTAR paralizadas.

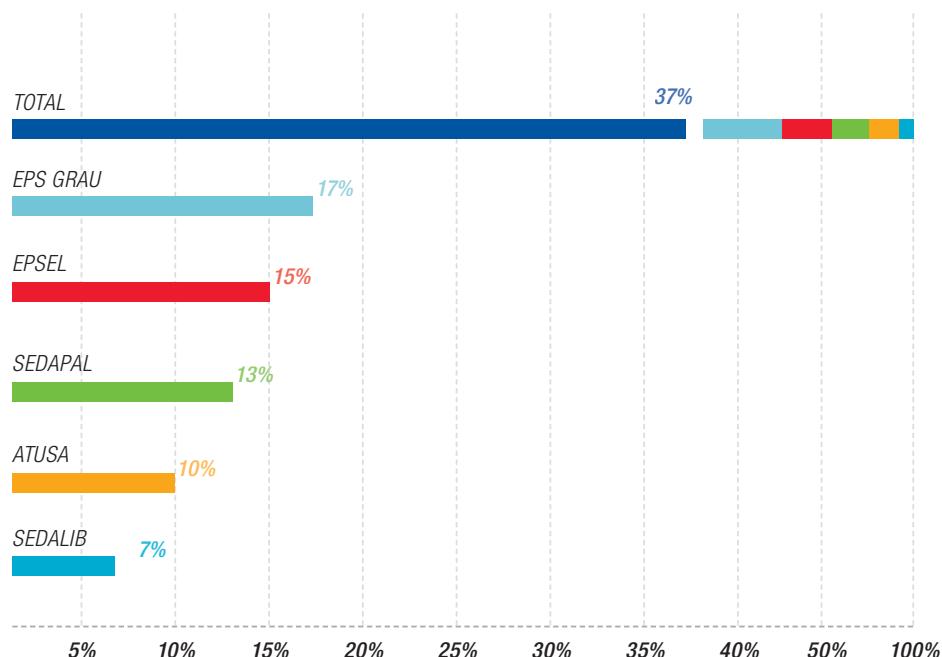
DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁMBITO DE OPERACIÓN DE LAS ENTIDADES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO

**TABLA 14. PTAR DEL ÁMBITO DE SERVICIO DE LAS EPS (HASTA EL 1 DE JULIO DE 2014)**

EPS	N.º DE PTAR		
	EXISTENTES		EN CONSTRUCCIÓN
	EN FUNCIONAMIENTO (EPS O EN TRANSFERENCIA)	PARALIZADA	
EMUSAP AMAZONAS	-	-	-
SEDA HUÁNUCO S.A.	3	-	-
EMAPACOP S.A.	1	-	2
EPS SEDALORETO S.A.	1	-	-
EMAPA CAÑETE S.A.	2	-	3
EMSA PUNO S.A.	3	-	-
EPSSMU S.R.L.	-	-	-
AGUAS DE TUMBES	17	-	-
EMAPA PASCO S.A.	-	-	1
EMAPISCO S.A.	2	-	-
SEDACAJ S.A.	-	-	2
EPS TACNA S.A.	2	-	-
EMAPAVIGS S.A.C	2	-	1
SEDACHIMBOTE S.A.	6	2	-
EPSASA	3	-	-
EMAPA SAN MARTÍN S.A.	1	-	1
EMAPAT S.R.L.	-	-	-
SEMAPACH S.A.	5	1	-
EPS SELVA CENTRAL S.A.	3	1	-
EMAPA MOYOBAMBA S.R.L.	-	-	-
EMAPA HUANCAYA S.A.C.	-	-	-
EPS MOQUEGUA S.A.	3	-	1
EMAPA Y S.R.L.	1	-	-
EMAPA HUARAL S.A.	-	-	-
EMAPA HUACHO S.A.	-	-	-
SEDAPAL	22	1	1
EPS ILO S. A.	1	-	-
SEDALIB S.A.	12	-	1
EPSEL S.A.	24	1	6
SEDAPAR S.A.	8	-	3
EPS - SEDACUSCO S.A.	1	-	-
EPS GRAU S.A.	28	2	2
EPS CHAVIN S.A.	-	-	-
EMAQ S.R.L.	-	-	1
EMAPAB S.R.L.	-	-	-
SEMAPA BARRANCA S.A.	1	-	-
EMAPICA S.A.	4	1	-
EMPSSSAPAL S.A.	-	-	1
EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	-	-	-
NORPUNO S.A.	1	-	-
SEDAJULIACA S.A.	1	-	-
EPS MANTARO S.A.	2	-	1
EMUSAP ABANCAY S.A.C.	-	-	1
EMSAP CHANKA S.C.R.L.	-	-	-
EPS MARAÑÓN S.R.L.	3	-	3
SEDAM HUANCAYO S.A.C	-	-	-
EMSPA CALCA S.R.L.	-	-	-
EPS AGUAS DEL ALTIPLANO S.R.L.	-	-	1
EMPSAPA YAULI S.R.L.	-	-	-
SEDAPAR S.R.L. (RIOJA)	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>163</b>	<b>9</b>	<b>32</b>

1) Valores calculados por la SUNASS, excepto para SEDAPAL, en cuyo caso se consideran los valores medidos.

Fuente: SUNASS

**ILUSTRACIÓN 5. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS PTAR EN FUNCIONAMIENTO POR LAS EPS (FUENTE SUNASS)****TABLA 15. DISTRIBUCIÓN DE PTAR SEGÚN ZONAS DEL PAÍS**

ZONA	EPS	N.º DE PTAR
COSTA NORTE	ATUSA / EPS GRAU S.A. / EPSEL S.A. / SEDALIB S.A. / SEDACHIMBOTE S.A.	87
COSTA CENTRAL	SEDAPAL / EMAPA BARRANCA S.A.	23
COSTA SUR 1	EMAPA CAÑETE S.A. / SEMAPACH S.A. / EMAPICA S.A. / EMAPISCO S.A. / EMAPAVIGS S.A.C.	15
COSTA SUR 2	EPS MOQUEGUA S.A. / EPS ILO S.A. / EPS TACNA S.A. / SEDAPAR S.A.	14
SELVA NORTE	SEDALORETO S.A. / EPS MARAÑÓN S.R.L. / EPS SAN MARTÍN S.A. / EMAPACOP S.A.	6
SELVA CENTRAL	SEDA HUÁNUCO S.A. / EPS SELVA CENTRAL S.A.	6
SIERRA CENTRAL	EPS MANTARO S.A.	2
SIERRA SUR	EPSASA / SEDACUSCO S.A. / EMPSSAPAL S.A. / EMAQ S.R.L.	4
ALTIPLANO	EPS NOR PUNO S.A. / EMSAPUNO S.A. / SEDA JULIACA S.A. / EMAPA Y S.R.L. / EPS AGUAS DEL ALTIPLANO S.R.L.	6

1) Valores calculados por la SUNASS, excepto para SEDAPAL, en cuyo caso se consideran los valores medidos.

Fuente: SUNASS

### **3.5. CAPACIDAD DE TRATAMIENTO INSTALADA**

#### **3.5.1. DEFINICIÓN DE LA CAPACIDAD DE TRATAMIENTO**

Las PTAR se diseñan de acuerdo con la disposición final que se dé al efluente. Para lograr el cumplimiento de los LMP para el vertimiento a un cuerpo natural, los aspectos principales que se toman en cuenta son:

- La remoción de la contaminación orgánica (DBO5 y DQO)
- La remoción de coliformes termotolerantes.

Si se cumplen estos parámetros, se puede esperar también el cumplimiento de los otros LMP.

El dimensionamiento de las unidades de procesos para la remoción de la contaminación orgánica está en función de la carga orgánica (DBO5 y DQO) y del caudal del afluente. La carga orgánica es el producto del caudal del afluente por su concentración de DBO5 y DQO.

La remoción de los coliformes termotolerantes depende de su nivel de concentración en el afluente y de la tecnología de tratamiento.

- Si se aplica la desinfección natural por decaimiento de los coliformes termotolerantes, se tiene que asegurar suficiente volumen/superficie en la PTAR, por ejemplo, para la implementación de una laguna de pulimento.
- Si se aplica la desinfección química, se necesita menos volumen/superficie; sin embargo, se requiere efectuar una nueva inversión en infraestructura de dosificación, así como mayores costos de operación y mantenimiento para cubrir el insumo de sustancias químicas.

Por lo tanto, la evaluación de la capacidad de los sistemas de tratamiento instalados debe incluir la evaluación de la capacidad de tratamiento de la carga orgánica y de la carga hidráulica.

#### **3.5.2. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA**

Como resultado de la investigación realizada, se cuenta con un registro de la capacidad de tratamiento en función del caudal de diseño de las PTAR, mientras que la información sobre la carga orgánica (DBO5 en kg/d) del diseño es más escasa.

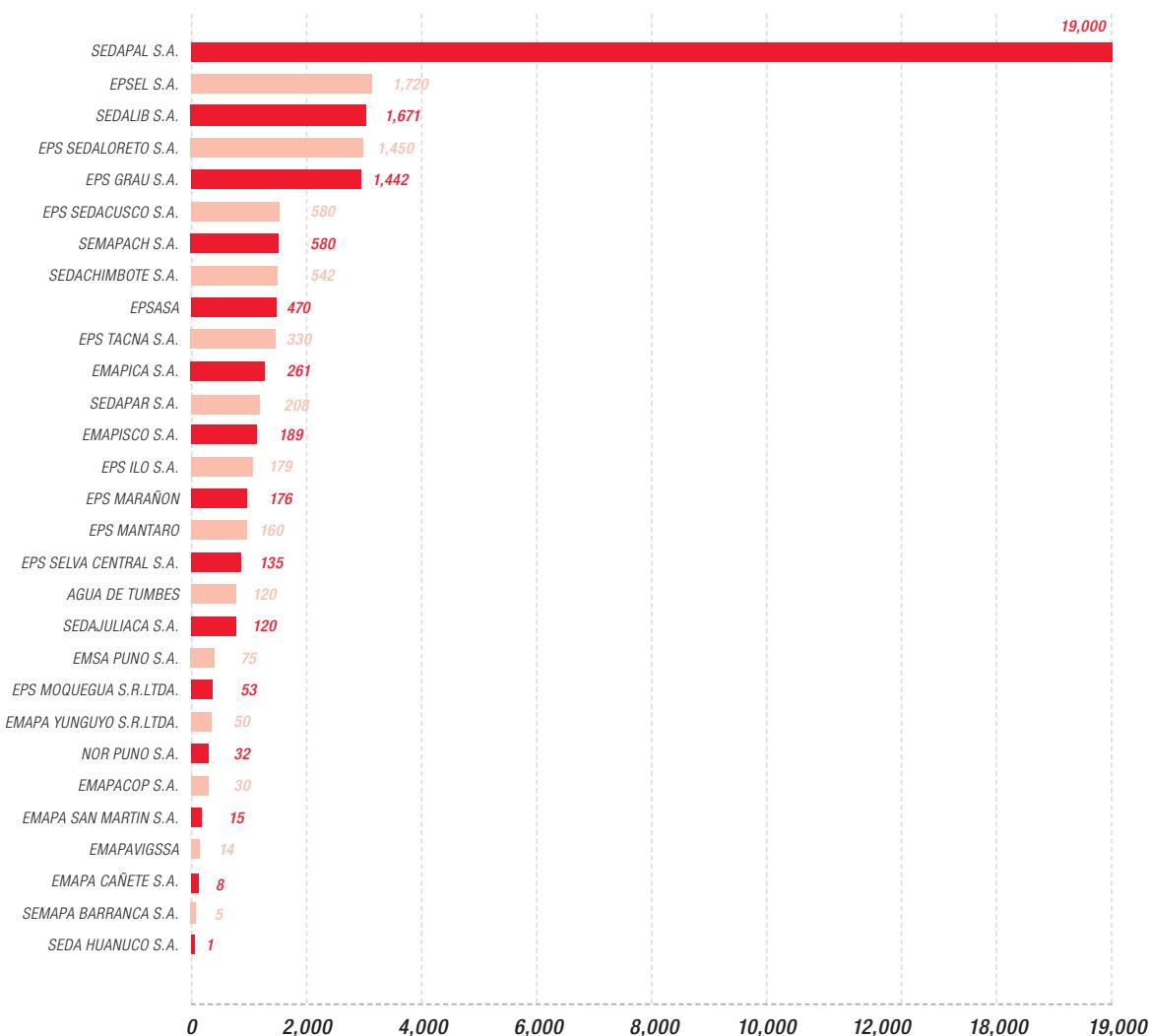
Se ha efectuado la evaluación de la capacidad instalada en función de los caudales reportados y de la carga orgánica que se trata en las PTAR. Cuando la EPS no reportó la carga orgánica que trata o cuando los valores reportados resultaron poco confiables, se estimó la capacidad instalada sobre la base de las dimensiones de las unidades de las PTAR, considerando los lineamientos de diseño de la norma OS.090. Adicionalmente, se realizó una evaluación de la capacidad hidráulica considerando la remoción de coliformes termotolerantes.

### 3.5.2.1. CAPACIDAD HIDRÁULICA SEGÚN LOS DATOS REPORTADOS

La capacidad hidráulica de las PTAR en funcionamiento, reportada por las EPS, es de 29.600 L/s, lo que equivale a 15,8 millones de habitantes considerando el aporte per cápita de 162 L/d.

En la ilustración 6 se muestra la capacidad hidráulica por EPS (sin incluir las PTAR paralizadas). En SEDAPAL se incluye el caudal medio diario de diseño de la PTAR Taboada de 14 m<sup>3</sup>/s; sin embargo, es oportuno mencionar que ese caudal incluye la demanda futura y que actualmente está tratando 9,9 m<sup>3</sup>/s, que es el agua residual vertida al alcantarillado de su área de drenaje.

**ILUSTRACIÓN 6. CAPACIDAD DE TRATAMIENTO DE LAS PTAR INSTALADAS SEGÚN LOS CAUDALES DE DISEÑO REPORTADOS (FUENTE SUNASS)**



### **3.5.2.2. CAPACIDAD HIDRÁULICA PARA CUMPLIR EL LMP DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN EL EFLUENTE**

La tecnología de tratamiento más común en el Perú es la de lagunas de estabilización sin desinfección química. Las lagunas tienen la capacidad de remover coliformes termotolerantes cuando se asegura un tiempo de retención mínimo del agua residual en ellas.

Existen modelos matemáticos (von Sperling, 2007) para estimar el volumen necesario para lograr la remoción de coliformes termotolerantes y cumplir los LMP. Estos modelos se basan en experiencias de la zona tropical y subtropical de Brasil y también de países como Argentina, Colombia, Chile, Venezuela, México, España, Bélgica, Marruecos y Palestina, por lo que requieren una verificación de las condiciones específicas de cada país (zona climáticas de la costa, selva, sierra), pero sí pueden ser utilizados para la evaluación estimada que se realiza en el presente trabajo.

Sobre la base de la experiencia de operación de las PTAR y mediante el uso de modelos para lagunas con flujos dispersos (típico para los diseños de las PTAR de lagunas facultativas en el Perú), se determinó que si el período de retención es menor de 20 días, no se cumple el LMP de coliformes termotolerantes considerando una concentración típica de  $4,1 \times 10^7$  NMP/100 mL en el afluente de la PTAR de lagunas y que no reciben desinfección adicional.

Debe precisarse que esta definición no significa que una PTAR con 20 días de retención cumplirá el LMP, sino que si una PTAR no cuenta con el período de retención de 20 días, probablemente no cumplirá el LMP.

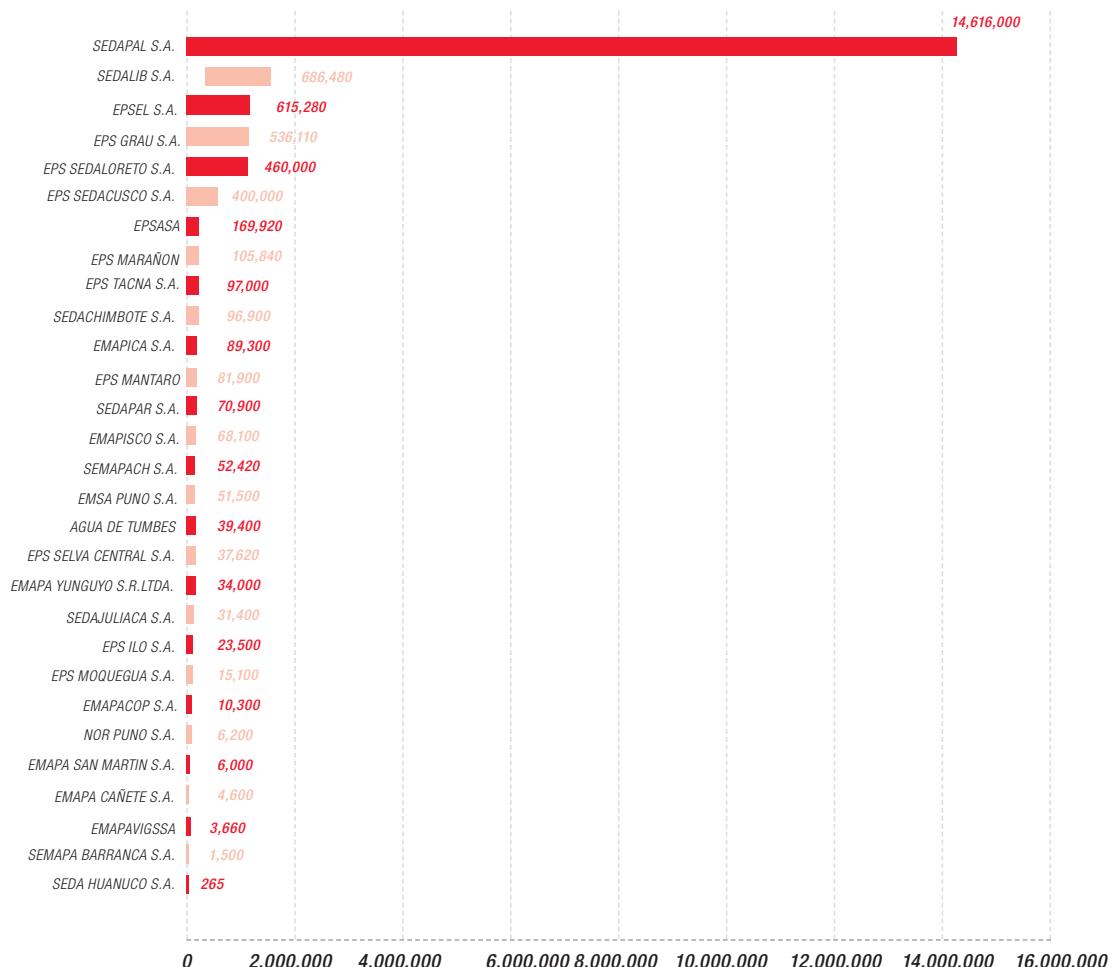
La capacidad instalada en las PTAR de lagunas de estabilización sin desinfección adicional que asegura por lo menos un período de retención de 20 días es de 25.700 L/s, con lo cual la capacidad instalada de tratamiento se reduce en 2,1 millones de habitantes, así, la capacidad hidráulica que permite cumplir los LMP a nivel del país es de 13,69 millones de habitantes (con aporte per cápita de 162 L/día). Esta diferencia se debe principalmente a que la mayoría de las PTAR existentes fueron construidas antes de la aprobación del LMP de coliformes termotolerantes de 10.000 NMP/100 mL.

La única PTAR de lagunas de estabilización sin desinfección que cumple en forma estable el LMP de coliformes termotolerantes es la PTAR de Chulucanas (EPS GRAU S.A.). Esta PTAR cuenta con 2 baterías de 4 lagunas en serie y un período de retención teórico total de 29 días.

### **3.5.2.3. CAPACIDAD DE TRATAMIENTO DE LA CARGA ORGÁNICA**

La ilustración 7 muestra la capacidad de tratamiento de la carga orgánica en habitantes-equivalentes, considerando el aporte per cápita de 50 g DBO<sub>5</sub>/d señalado en la norma OS.090.

La capacidad de tratamiento instalada en todo el país permitiría la descarga diaria de aproximadamente 18,4 millones de habitantes-equivalentes, este valor incluye también las descargas industriales; es decir, que la población que pudiera ser servida sería considerablemente menor. Debe considerarse también que la capacidad de tratamiento instalada incluye la capacidad para el tratamiento de la demanda futura. Por ejemplo, la capacidad de tratamiento según el diseño de la PTAR Taboada de SEDAPAL es de 12,1 millones de habitantes-equivalentes; sin embargo, actualmente en el área de drenaje solo vivirían alrededor de 5,3 millones de habitantes y su descarga industrial correspondiente.

**ILUSTRACIÓN 7. CAPACIDAD DE TRATAMIENTO DE LA CARGA ORGÁNICA DE LAS PTAR (FUENTE SUNASS)**

**3.5.2.4 INFLUENCIA DE LAS DESCARGAS INDUSTRIALES**

En el ámbito de las EPS se presentan descargas industriales en el alcantarillado que aportan cargas adicionales a la aportada por la población. Esto quiere decir que la capacidad de tratamiento de la carga orgánica de 18,4 millones-equivalentes incluye también descargas industriales.

Los desagües industriales tienen una mayor concentración de carga orgánica que los desagües domésticos, por ejemplo, 0,35 m<sup>3</sup> de leche contiene una carga orgánica equivalente a 162 m<sup>3</sup> de aguas residuales domésticas. Por ello, si se vierten descargas industriales sin control al alcantarillado, el afluente de la PTAR puede contener una mayor carga orgánica que la que puede tratar, aunque no haya superado el caudal de diseño.

A pesar de que todas las EPS reportaron estar en el proceso de implementación de los VMA en cumplimiento del Decreto Supremo N°021-2009-VIVIENDA, aún no cuentan con un registro de las descargas industriales vertidas al alcantarillado que permita evaluar el aporte de la carga orgánica por las descargas industriales.

### 3.6. PTAR QUE NO ESTÁN EN FUNCIONAMIENTO

La tabla 16 muestra las PTAR que hasta el 1 de julio de 2014 se encontraban paralizadas. El listado no incluye los casos particulares de las PTAR San Bartolo (SEDAPAL) ni El Tablazo (SEDALIB S.A.).

#### ■ **San Bartolo**

Es la PTAR con tecnología de lagunas aireadas más grande del Perú, con capacidad de tratamiento para 734.000 habitantes-equivalentes; sin embargo, hace varios años trabaja como PTAR con lagunas anaerobias y facultativas por falta de energía eléctrica debido a problemas con los invasores de la zona, por lo que opera con 50% del caudal de diseño. Adicionalmente, solo 4 de las 5 baterías de lagunas están operativas, ya que una presenta fallas de construcción que ponen en peligro el estado de los diques de las lagunas.

#### ■ **El Tablazo**

Una de las baterías de esta PTAR tiene lagunas facultativas y su capacidad es para 100.000 habitantes-equivalentes aproximadamente. La PTAR fue construida sin punto de vertimiento, por lo cual ahora solo trata el caudal que será utilizado para el riego de los terrenos aledaños a la PTAR y lo que se pierde por evaporación de las lagunas. Este caudal es aproximadamente de 15 L/s y corresponde al 10% del caudal de diseño de la PTAR.

#### ■ **San Ignacio**

En este caso, el agua residual pasa solo por la cámara de rejas y el desarenador, sin entrar al tratamiento secundario (lagunas facultativas primarias y secundarias). Esto se debe al estado precario de construcción de las lagunas por la erosión de los taludes, a pesar de que la PTAR es del año 2012. Esta PTAR está diseñada para el tratamiento de las aguas residuales de aproximadamente 11.000 habitantes-equivalentes.

**TABLA 16. PTAR PARALIZADAS EN EL ÁMBITO DE LAS EPS**

RAZÓN DE LA PARALIZACIÓN	PTAR	CARGA ORGÁNICA <sup>1)</sup> EN hab-equiv/d
POR OPOSICIÓN DE VECINOS	CASMA VIEJA (CASMA) EL CUCHO (SULLANA)	5800 120.000
ROBO CONTINUO DEL AFLUENTE PARA SU USO SIN TRATAMIENTO	HUANCHAQUITO (HUARMEY)	4800
COLAPSO DEL EMISOR DEL AFLUENTE	SANGANI (SANGANI, PITCHANAKI) <sup>2)</sup> PUEBLO NUEVO (CHINCHA)	15.300 28.000
FALTA DE PUNTO DE VERTIMIENTO O DE REÚSO	NUEVO LURÍN (NUEVO LURÍN, LIMA) <ul style="list-style-type: none"> <li>- CONVERSIÓN DEL TERRENO AGRÍCOLA EN TERRENO INDUSTRIAL, POR LO QUE NO HAY NECESIDAD DEL EFLUENTE DE LA PTAR.</li> <li>- LA PTAR OPERA AHORA COMO ESTACIÓN DE BOMBEO.</li> <li>- ACTUALMENTE TIENE SOBRECARGA EXTREMA POR LAS DESCARGAS INDUSTRIALES DE LA ZONA.</li> </ul>	4300
ARBITRAJE EN EL TIEMPO DE LA GARANTÍA	FERREÑAFE (LAMBAYEQUE)	48.000
OTRO	LOS LOBITOS (PIURA)	3200
POR OPOSICIÓN DE VECINOS	SISTEMA HUACACHINA (ICA)	SIN INFORMACIÓN
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>&gt; 229.000</b>

1) Estimación efectuada en función de las dimensiones de la PTAR.

2) La EPS reportó rehabilitación de la PTAR después de la fecha de cierre de registro del presente estudio.

### 3.7. PTAR CON CONSTRUCCIÓN PARALIZADA

La tabla 17 muestra las PTAR que hasta el 1 de julio de 2014 las EPS reportaron en estado de construcción paralizada por más de un año.

**ILUSTRACIÓN 8. FOTOS DE LA OBRA DE LAS PTAR CON CONSTRUCCIÓN PARALIZADA**



Santa Rosa se encuentra desmantelada (izquierda) y San Antonio (derecha).

**TABLA 17. OBRAS DE PTAR PARALIZADAS EN EL ÁMBITO DE LAS EPS**

RAZÓN DE LA PARALIZACIÓN	PTAR	CARGA ORGÁNICA <sup>1)</sup> en hab-equiv/d
FALTA DE SANEAMIENTO LEGAL PARA EL EMISOR	SAN ANTONIO - REPORTAN PROBLEMAS FINANCIEROS.	> 2400
ARBITRAJE ENTRE LAS CONTRAPARTES DEL PROYECTO	SAN LUIS (CAÑETE) - LA CURVA (AREQUIPA) - QUILLABAMBA (CUSCO)	4300 4300 >10.000
DEFICIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN	- QUIULACOCHA (PASCO) - CAJAMARCA - SAN MIGUEL (CAJAMARCA) - ABANCAY	14.000 48.000 2500 SIN INFORMACIÓN
OPOSICIÓN DE VECINOS CONTRA LA PTAR	SANTA ROSA (LAMBAYEQUE)	9000
PROBLEMAS DE FINANCIAMIENTO	CHUPACA (JUNÍN) AGUAS DEL ALTIPLANO (AYAVIRI)	SIN INFORMACIÓN 8800
SIN INFORMACIÓN	PICSI NUEVA (LAMBAYEQUE) OYOTUN (LAMBAYEQUE)	5300 SIN INFORMACIÓN
TOTAL		> 108.000

Fuente: SUNASS

### 3.8. OFERTA Y DEMANDA DE TRATAMIENTO

La tabla 18 compara la oferta y demanda de la capacidad de tratamiento de las aguas residuales vertidas al alcantarillado de las EPS que cuentan con por lo menos una PTAR. Según el balance a nivel nacional, la capacidad de tratamiento en función de la carga hidráulica es ligeramente menor que el caudal vertido al alcantarillado. Con relación a la capacidad de tratamiento de la carga orgánica, la capacidad instalada es mayor que la demanda en aproximadamente 2,5 millones de habitantes. Sin embargo, hay que precisar lo siguiente:

- Existe desigualdad entre la cobertura del servicio en Lima y el resto del país debido a la capacidad de tratamiento de la PTAR Taboada en Lima, que es de tipo tratamiento preliminar avanzado con un emisor submarino y está diseñada para atender la demanda futura.
- Sin embargo, en la capital, contando las restantes PTAR en operación, persiste actualmente una demanda insatisfecha de aproximadamente 4.0 – 5.0 m<sup>3</sup>/s. SEDAPAL informó que esta brecha será cubierta con la operación de la PTAR La Chira (de tipo preliminar avanzado y emisor submarino) en los próximos años.
- Respecto al resto del país, hay un déficit de cobertura de la capacidad de tratamiento de la carga orgánica de 50% y de la carga hidráulica más de 50% (con un tiempo de retención de 20 días en las PTAR de lagunas de estabilización sin desinfección). Sin este requerimiento, el déficit sería menor.

**TABLA 18. COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LAS PTAR Y DE LA CAPACIDAD DE TRATAMIENTO DE LA CARGA ORGÁNICA EN LAS PTAR**

	CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LAS PTAR		CAUDAL VERTIDO AL ALCANTARILLADO <sup>1)</sup>	CAPACIDAD DE TRATAMIENTO DE LA CARGA ORGÁNICA	CAPACIDAD DE TRATAMIENTO SEGÚN EL DISEÑO DEL EMISOR	POBLACIÓN CON SERVICIO DE ALCANTARILLADO
	SEGÚN EL CAUDAL DE DISEÑO REPORTADO POR LAS EPS	CONSIDERANDO LA NECESIDAD DE > 20 DÍAS DE RETENCIÓN EN PTAR DE LAGUNAS SIN DESINFECCIÓN				
	L/s	L/s				
TABOADA	14.000	14.000	9920	-	12.100.000	8.556.000+ X <sup>3)</sup>
SEDAPAL SIN LA PTAR TABOADA	5070	5050 <sup>2)</sup>	7220	2.516.000	-	8.556.000+ X <sup>3)</sup>
RESTO DEL PAÍS	10.510	6.620	12.850	3.780.000	-	7.416.000 + X <sup>3)</sup>
TOTAL (APROX.)	29.600	25.700	30.000	18.400.000	18.400.000	16.000.000 + X <sup>3)</sup>

1) Valores calculados por la SUNASS considerando mediciones reales en los puntos de vertimiento del sistema de SEDAPAL.  
Se considera para La Chira un caudal de 4.0 L/s.

2) Sin consideración del tratamiento de La Chira. Se usa solo 3 m<sup>3</sup>/s por a las elevadas concentraciones del afluente.

3) X corresponde a la descarga de aguas residuales no domésticas al alcantarillado, la cual aporta una carga equivalente desconocida.

Fuente: SUNASS

Es oportuno mencionar que la ampliación de la cobertura implica tanto la construcción de nuevas PTAR, como la rehabilitación y ampliación de las existentes. En las EPS (sin incluir a SEDAPAL), la demanda insatisfecha de la capacidad de tratamiento de aguas residuales municipales es mayor de 3,6 millones de habitantes, de los cuales al menos 1,9 millones de habitantes viven en ciudades donde no existen PTAR y requieren la ejecución de nuevos proyectos.

Sin embargo, estas dos categorías: ampliación-rehabilitación de PTAR y nuevas PTAR reciben el menor puntaje en la evaluación para acceder a las fuentes de financiamiento público de acuerdo con la Resolución Ministerial N.º 270-2014-VIVIENDA.



# 4.

---

## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS PTAR

## 4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS PTAR

Se evalúan los siguientes aspectos sobre el diseño y construcción de las PTAR en operación por las EPS:

- Disposición final
- Influye en el requerimiento de calidad del efluente. Se trata también la situación legal de las PTAR.
- Tecnologías aplicadas
- Se describen las tecnologías aplicadas.
- Infraestructura de las PTAR
- Incluye información sobre el acceso a la energía eléctrica, infraestructura de operación y laboratorios en las PTAR
- Manejo de residuos sólidos

### 4.1. DISPOSICIÓN FINAL DE LOS EFLUENTES

#### 4.1.1. ESTADO LEGAL

Con la promulgación de la Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento, se estableció el Programa de Adecuación de Vertimiento y Reúso del Agua Residual (PAVER) para que los vertimientos existentes puedan ser acondicionados a los nuevos requerimientos ambientales. Una vez que los vertimientos fuesen inscritos en este programa, la EPS se comprometería a que en el plazo máximo de cuatro años debía de presentar a la ANA su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) aprobado por el sector competente, en este caso por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

El 1 de setiembre de 2014 venció el plazo de presentación del instrumento ambiental aprobado (PAMA) de 23 de los 59 vertimientos inscritos por las EPS, incumplimiento que podría ocasionar que las EPS sean sancionadas por estos vertimientos, habiéndose reportado los primeros casos de notificación de sanción por parte de la ANA. De otro lado, 99 vertimientos de PTAR que no fueron inscritas en el PAVER y que a la fecha no cuentan con autorización, no han implicado sanciones a las EPS, pero se espera que una vez que la ANA fortalezca sus funciones de supervisión, fiscalización y sanción, estas serán sancionadas.

La Ley de Recursos Hídricos (promulgada en el 2009) establece que las plantas de tratamiento nuevas deben contar con autorización de vertimiento o reúso. Sin embargo, se ha observado que 25 PTAR nuevas que entraron en operación después del año 2010 no cuentan con dicha autorización. Con la implementación de la Resolución Ministerial N.<sup>o</sup> 270-2014-VIVIENDA se exige explícitamente que toda PTAR nueva cuente con su instrumento ambiental aprobado para acceder al financiamiento para su construcción, por lo que se espera que en el futuro todas las PTAR nuevas cuenten con su instrumento ambiental aprobado.

**TABLA 19. NÚMERO DE PTAR CON AUTORIZACIÓN**

N.º DE PTAR CON AUTORIZACIÓN		N.º DE PTAR CON INSCRIPCIÓN EN EL PAVER		N.º SIN AUTORIZACIÓN NI INSCRIPCIÓN EN EL PAVER
VERTIMIENTO	REÚSO	INSCRIPCIONES	CON PLAZO VENCIDO SIN PRESENTACIÓN DEL PAMA (AL 1/9/2014)	
3	3	59	23	99

Fuente: SUNASS

Hasta el 1 de julio de 2014, 6 PTAR en operación cuentan con autorización: 3 de vertimiento (Taboada y Manchay de Lima - SEDAPAL y de Iquitos – EPS SEDALORETO S.A.) y 3 de reúso (Santa Clara y San Bartolo - SEDAPAL y Primavera -Tacala- EPS GRAU S.A.).

#### 4.1.2. DISPOSICIÓN FINAL

En la tabla 20 se indican los tipos de disposición final de los efluentes de las PTAR de las EPS. Una PTAR puede tener uno o más tipos de disposición final:

- 49 PTAR vierten a un cuerpo natural de agua y están obligadas a cumplir los LMP y ECA-Agua.
- 63 PTAR vierten a canales de riego y drenaje, donde no se aplican los ECA-Agua.
- 41 PTAR vierten a quebradas secas o infiltran su efluente al terreno, sin considerar una posible contaminación del suelo y de la napa freática. En caso de verter a una quebrada seca, la ANA solicita que el efluente de la PTAR reúna las características del ECA-Agua del cuerpo de agua al que confluye; sin embargo, ninguna de las PTAR cuenta con el grado de tecnología para alcanzar dichas características. En el caso de infiltración directa del efluente en el terreno, no se cuenta con una norma que lo regule.
- 10 PTAR no vierten el efluente porque este se infiltra o evapora en las lagunas, o infiltran por medio de pozos los efluentes de tanques sépticos.
- Las EPS reportaron el reúso para riego, de una parte o de todo el efluente de 78 PTAR.

**TABLA 20. DISPOSICIÓN FINAL DE LOS EFLUENTES DE LAS PTAR**

PTAR	CUERPO NATURAL			CANAL DE DRE-NAJE O CANAL DE REGADÍO	QUEBRADA SECA	FALTA DEL PUNTO DE VERTIMIENTO	OTRO	REÚSO
	RÍO	LAGO	MAR					
TOTAL	37	1	11	63	19	22	10	78

Fuente: SUNASS

#### **4.1.2.1. VERTIMIENTO A UN CUERPO NATURAL**

Se identificaron 49 PTAR con vertimiento del efluente a un cuerpo natural de agua: ríos y lagos (véase la tabla 20). Los vertimientos de estas PTAR deben cumplir los ECA-Agua, dependiendo de la calidad del cuerpo receptor.

Como se mencionó en el numeral 2.6.2, por falta de datos sobre la calidad y caudal de los cuerpos receptores y de los efluentes de las PTAR, no es posible verificar si los vertimientos de las PTAR cumplen actualmente los ECA-Agua.

En los ríos costeros y de la sierra se prevé dificultad para el cumplimiento de los ECA-Agua debido a las fuertes variaciones de caudal durante el ciclo hidrológico. Además, los efectos del cambio climático y la mayor demanda de otros usuarios de las fuentes de agua pueden agravar la situación, porque implica que la calidad de agua del efluente sea cada vez más restrictiva debido a menores caudales de dilución del cuerpo natural.

#### **4.1.2.2. VERTIMIENTO A CANALES DE DRENAJE**

Se han identificado 63 PTAR con vertimiento de su efluente a canales de drenaje que sirven para evacuar aguas drenadas de los campos agrícolas. El riesgo en este tipo de vertimientos es que en algún momento el operador de esos canales de drenaje decida impedir la descarga de la PTAR, lo que originaría que la PTAR no pueda ser utilizada. Se recomienda asegurar el derecho de uso de los canales para toda la vida útil de la PTAR.

#### **4.1.2.3. VERTIMIENTO A UNA QUEBRADA SECA**

Las PTAR que vierten sus efluentes a una quebrada seca son 19, sin considerar una posible contaminación del suelo y de la napa freática. Los efluentes de estas PTAR discurren por la quebrada seca hacia el cuerpo natural de agua más cercano o se infiltran en el terreno.

Esta forma de disposición final no está permitida en la norma y, de no existir otra solución posible, la ANA podría autorizar el vertimiento. Para ello, el efluente de la PTAR debe cumplir los ECA-Agua del cuerpo de agua al que desembocará sin dilución. Esto implica que el efluente debe contener, dependiendo de la categoría del cuerpo natural, entre 3 a 15 mg/L de DBO5. La tecnología necesaria para cumplir estos valores límites sería de tipo avanzada, que aún no se encuentra en las EPS del Perú.

#### **4.1.2.4. FALTA DEL PUNTO DE VERTIMIENTO**

Se han identificado 22 PTAR que no cuentan con punto de vertimiento. Los efluentes de estas PTAR se vierten al terreno aledaño de la PTAR donde forman lagunas y humedales de infiltración, lo que podría causar efectos adversos en la napa freática. Esta forma de vertimiento no está regulada por la normativa vigente. Se recomienda dotar un punto de disposición final a cada una de estas PTAR y promover el reúso del agua residual tratada, especialmente en zonas costeras áridas.

#### 4.1.2.5. OTROS

En la categoría “otros” hay 10 PTAR:

- Que no vierten sus efluentes debido a la infiltración y evaporación dentro de las lagunas.
- Que infiltran por medio de pozos el efluente de los sistemas con tanques sépticos.

#### 4.1.2.6. REÚSO

Se considera el reúso de efluentes de las PTAR cuando no existen otras fuentes de agua disponibles para riego agrícola y otros usos. En el caso de Tacna, el 100% de las aguas residuales domésticas vertidas al alcantarillado público es reutilizado para el riego.

Se han detectado varios casos (por ejemplo, la PTAR El Pedregal administrada por SEDAPAR S.A.), en los que los usuarios almacenan el efluente antes del reúso en una laguna operada por ellos mismos, lo que asegura el uso de todo el efluente y algún tipo de postratamiento. En otros casos, los agricultores solo utilizan una parte del efluente y el resto se vierte a un cuerpo receptor o se pierde por infiltración al terreno.

Se observó el robo de agua sin tratamiento de la tubería de ingreso en varias PTAR; los motivos principales fueron:

- La demanda del recurso hídrico en terrenos con nivel topográfico más elevado que el punto de salida de la PTAR
- La pérdida de caudal en las lagunas de tratamiento por evaporación e infiltración (roturas de membranas y mala compactación).

Dos condiciones legales dificultan el reúso para el riego:

- Se requiere la aceptación del vertimiento del efluente de todos los usuarios del canal de regadío, una condición difícil de cumplir.
- El usuario del efluente de la PTAR es quien solicita la autorización de reúso y debe presentar todos los requisitos establecidos. Sin embargo, el usuario queda expuesto a la variación de la calidad del agua que recibe, debido a la operación y mantenimiento de la PTAR que efectúe la EPS.

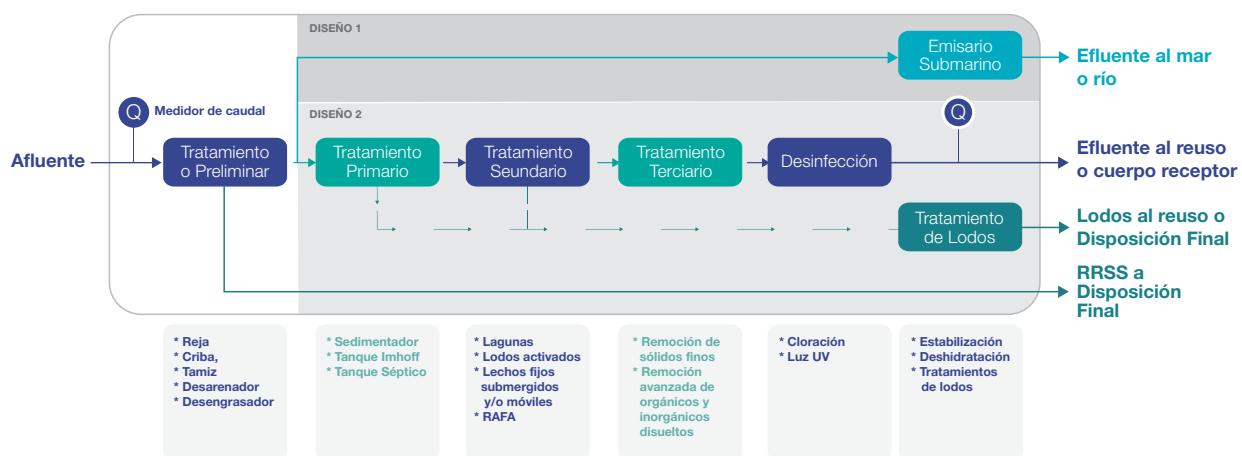
Otro aspecto que se debe tener en cuenta al considerar el reúso como disposición final es el cambio de zonificación que pueda ocurrir en los alrededores de la PTAR; un ejemplo de esto es Lima, donde las zonas periféricas agrícolas en pocos años pasaron a ser zonas urbanas, lo que trae como consecuencia que la demanda del efluente disminuya y eventualmente desaparezca, y deja a la PTAR con la falta de disposición final del efluente.

## 4.2. TECNOLOGÍAS APLICADAS

El tipo de tecnología de una PTAR depende de la calidad del efluente que se requiera alcanzar para ser vertido a un cuerpo natural o reusado sin afectar la salud de las personas y cumplir con la normatividad ambiental vigente.

En la ilustración 9 se presenta un esquema de las etapas de tratamiento que normalmente tiene una PTAR de aguas residuales domésticas. Cada etapa puede incluir una variedad de diferentes tecnologías, de acuerdo con la calidad del efluente requerido.

**ILUSTRACIÓN 9. ESQUEMA DE UNA PTAR DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y EFICIENCIA DE REMOCIÓN**



### 4.2.1. MEDICIÓN DEL CAUDAL DEL AFLUENTE Y EFLUENTE

#### 4.2.1.1. CAUDAL DEL AFLUENTE

En la norma OS. 090 se establece la obligación de que cada PTAR cuente con un medidor de caudal del afluente. Actualmente, el caudal del afluente de las PTAR se determina mediante equipos de medición o por medición indirecta. 81 PTAR reportan el registro de medición y estimación (método de registro de horas del bombeo) del caudal del afluente:

- ▣ 34 de un total de 71 PTAR que cuentan con infraestructura de medición del caudal realizan la medición; las PTAR restantes no cuentan con parámetros de calibración del medidor, el cual se encuentra en mal estado; por lo que el caudal es estimado de otra manera o la EPS no realiza este tipo de monitoreo.
- ▣ 47 PTAR estiman el caudal del afluente con el registro de las horas de bombeo del afluente o por el método de sección - velocidad (véase la tabla 21).

La mayoría de las EPS reportan sus caudales de operación sobre la base de una estimación del consumo del agua potable. No se puede aceptar este tipo de cálculo porque es necesario contar con este valor para la operación y evaluación de los procesos de tratamiento de la PTAR.

En las PTAR se aplican los siguientes tipos de medición del caudal de afluente:

- Canaleta Parshall + ultrasonido (registro automático)
- Canaleta Parshall + radar (registro automático)
- Canaleta Parshall + pozo de registro y boyas con indicador (registro manual)
- Canaleta Parshall + regla (registro manual)
- Sonda Doppler (registro automático)
- Medidor magnético-inductivo (registro automático)
- Método de sección-velocidad (registro manual): se mide la velocidad del flujo y la superficie transversal del flujo
- Método volumétrico (registro manual): balde-tiempo, se calcula el caudal según la fórmula:  $Q (L/s) = \text{volumen captado (L)} / \text{tiempo (segundos)}$
- Registro de horas de bombeo (registro manual): se debe conocer la capacidad de la bomba (verificar frecuentemente), para luego calcular el volumen bombeado en función del tiempo de trabajo de las bombas<sup>12</sup>

Ninguna de las PTAR de las EPS utiliza el método de medición con limnígrafo, según la norma OS.090.

---

<sup>12</sup> Los equipos de bombeo de aguas residuales pueden perder en pocos meses su capacidad inicial debido al desgaste. Por ello, este método requiere una frecuente evaluación de la capacidad de las bombas, por lo que se considera solo una estimación.

**DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁMBITO DE  
OPERACIÓN DE LAS ENTIDADES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO**

**TABLA 21. MEDICIÓN DE CAUDALES DEL AFLUENTE DE LAS PTAR EN FUNCIONAMIENTO**

EPS	N.º PTAR	CAUDAL DEL AFLUENTE		
		PTAR CON INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN	PTAR CON REGISTRO DE MEDICIÓN	ESTIMACIÓN BASADA EN EL REGISTRO DE HORAS DE BOMBEO U OTRAS MEDIDAS
SEDA HUÁNUCO S.A.	3	0	0	0
EMAPACOP S.A.	1	1	0	0
EPS SEDALORETO S.A.	1	1	1	0
EMAPA CAÑETE S.A.	2	0	0	0
EMSA PUNO S.A.	3	2	1	0
AGUAS DE TUMBES	17	3	0	11
EMAPISCO S.A.	2	1	1	1
EPS TACNA S.A.	2	2	2	0
EMAPAVIGS S.A.C.	2	1	0	0
SEDACHIMBOTE S.A.	6	3	0	0
EPSASA	3	1	1	2
EMAPA SAN MARTÍN S.A.	1	0	0	0
SEMAPACH S.A.	5	3	0	0
EPS SELVA CENTRAL S.A.	3	0	0	0
EPS MOQUEGUA S.A.	3	0	0	0
EMAPA Y S.R.L.	1	1	1	0
SEDAPAL	22	18	18	4
EPS ILO S. A.	1	1	1	0
SEDALIB S.A.	12	5	2	1
EPSEL S.A.	24	7	2	0
SEDAPAR S.A.	8	2	1	1
SEDACUSCO S.A.	1	1	1	0
EPS GRAU S.A.	28	8	0	26
SEMAPA BARRANCA S.A.	1	1	1	0
EMAPICA S.A.	4	2	0	0
NORPUNO S.A.	1	1	0	0
SEDAJULIACA S.A.	1	1	0	1
EPS MANTARO S.A.	2	2	1	0
EPS MARAÑÓN S.R.L.	3	3	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>163</b>	<b>71</b>	<b>34</b>	<b>47</b>

Fuente: EPS y SUNASS

Para el cumplimiento de la normativa de instalación de la infraestructura de medición en cada PTAR, se recomienda el uso de canaletas Parshall. La implementación de canaletas prefabricadas tiene la ventaja de estar calibradas por el fabricante. (Véase la ilustración 10).

Para las PTAR cuyo afluente ingresa por bombeo es posible incorporar los medidores de caudal en la tubería de impulsión en la estación de bombeo; en esta situación se encuentran por lo menos 79 PTAR (véase la ilustración 10).

De acuerdo con lo señalado en el protocolo de monitoreo aprobado por Resolución Ministerial N.º 273-2013-VIVIENDA, las PTAR con caudal de afluente mayor de 100 L/s deben realizar mediciones del caudal horario, una vez al mes durante 24 horas seguidas. Existen 34 PTAR operadas por las EPS con caudal mayor de 100 L/s, de las cuales:

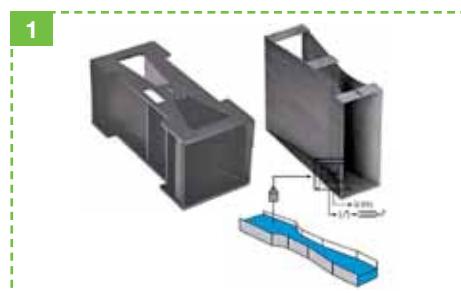
- 23 miden y registran el caudal con infraestructura de medición (14 con medidor y registro automático)
- 5 cuentan con infraestructura de medición, pero no miden ni registran el caudal
- 6 estiman el caudal en función del registro del horario de bombeo de la estación de bombeo.

Para que las EPS cumplan lo establecido en la normatividad y para el autocontrol de sus procesos, se recomienda que las PTAR con caudal mayor de 100 L/s cuenten con un registrador automático.

Una alternativa para asegurar la medición frecuente y confiable, sobre todo en PTAR sin personal operativo permanente, es el uso de medidores portátiles (véase la ilustración 11). Entre las opciones de medición que existen en el mercado se tienen, entre otras, las siguientes:

- Sensor de ultrasonido tipo Doppler (se coloca en la parte externa del tubo) de la línea de impulsión del afluente
- Sensor de ultrasonido tipo Doppler para mediciones en canales abiertos
- Accesorio con medidor magnético-inductivo para ser instalado en tubos o canales abiertos.

#### **ILUSTRACIÓN 10. EQUIPOS FIJOS PARA LA MEDICIÓN DEL CAUDAL**



1. Canaleta Parshall prefabricada y precalibrada para instalar en canales abiertos.
2. Medidor de caudal del afluente en la tubería de impulsión a la PTAR

**ILUSTRACIÓN 11. EJEMPLOS DE EQUIPOS MÓVILES PARA LA MEDICIÓN DEL CAUDAL**



1. Equipo de medición con sensores tipo Doppler.
2. Accesorio con medidor magnético-inductivo para instalar en tubos o canales abiertos.

#### 4.2.1.1 . CAUDAL DEL EFLUENTE

La Ley de los Recursos Hídricos y el protocolo establecido por la Resolución Ministerial N.º 273-2013-VIVIENDA exige a las EPS la medición del caudal del efluente. El caudal del efluente es necesario para el control de la producción de la PTAR, la evaluación de pérdidas por evaporación y la detección de posibles infiltraciones en las unidades de tratamiento de la PTAR.

De las 163 PTAR, 15 cuentan con infraestructura de medición del caudal del efluente (de las cuales aproximadamente 11 tienen registros del caudal) y 2 PTAR de SEDA HUÁNUCO S.A. realizan la medición frecuente del efluente según el método volumétrico. (Véase la tabla 22)

**TABLA 22. MEDICIÓN DE CAUDALES DEL EFLUENTE DE LAS PTAR EN FUNCIONAMIENTO**

EPS	N.º PTAR	CAUDAL DEL EFLUENTE		
		PTAR CON INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN	PTAR CON INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN QUE REPORTA REGISTRO DEL CAUDAL	ESTIMACIÓN CON OTRAS MEDIDAS
SEDA HUÁNUCO S.A.	3			2
EMAPAVIGS S.A.C.	2	1	0	
EMAPA Y S.R.L.	1	1	1	
SEDAPAL	22	11	< 9	
SEDACUSCO S.A.	1	1	1	
EMAPICA S.A.	4	1	0	

Fuente: EPS y SUNASS

#### 4.2.2. TRATAMIENTO PRELIMINAR

El tratamiento preliminar incorpora procesos de acondicionamiento de las aguas residuales, como la remoción de arena, elementos gruesos, flotantes, sedimentables, aceites y grasas. Las unidades utilizadas en el tratamiento preliminar son: reja, tamiz, desarenador y desengrasador.

En la tabla 23 se muestran las unidades de tratamiento preliminar de las 163 PTAR en funcionamiento. Se observa que:

- 74 cuentan con infraestructura para la colocación de reja o criba, de las cuales 54 tienen reja instalada y en buen estado (22 con rejillas automáticas) y las 20 restantes no la tienen o se encuentra dañada.
- 39 cuentan con desarenador (15 con desarenador automático) y 8 tienen desarenador con función para el desengrasado.
- 81 reciben el afluente por bombeo y en la cámara de bombeo cuentan normalmente con una reja gruesa manual para proteger las bombas; por lo tanto, no requieren la instalación de rejillas.

Existen 2 PTAR (Taboada de SEDAPAL y la PTAR de EPS SEDALORETO S.A.) con tratamiento preliminar avanzado indicado en la norma OS.090 (cribas, seguidas por desarenador, desengrasador y militamices). Otras PTAR, como las de San Antonio de Carapongo y Santa Clara de SEDAPAL cuentan con militamiz antes del desarenador.

En las PTAR sin suministro de energía eléctrica que reciben las aguas residuales por bombeo, se podrían incorporar rejillas automáticas en la última estación de bombeo como una opción para asegurar un eficiente cribado del afluente a las PTAR. La ilustración 13 muestra una reja automática instalada en una estación de bombeo hacia una PTAR fuera del ámbito de las EPS.

**ILUSTRACIÓN 12. CÁMARAS DE REJAS CON REJAS NO INSTALADAS O EN MAL ESTADO**



1. Falta de reja.

2. Reja dañada.

**DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁMBITO DE  
OPERACIÓN DE LAS ENTIDADES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO**

**TABLA 23. TRATAMIENTO PRELIMINAR EN LAS PTAR EN FUNCIONAMIENTO**

EPS	PTAR				
	N.º PTAR	REJA	DESARENADOR	DESARENADOR	AFLUENTE POR BOMBEO
SEDA HUÁNUCO S.A.	3	-	-	-	-
EMAPACOP S.A.	1	1	-	-	-
EPS SEDALORETO S.A.	1	1	1	1	-
EMAPA CAÑETE S.A.	2	1	-	-	2
EMSA PUNO S.A.	3	2	-	2	1
AGUAS DE TUMBES	17	4	-	1	15
EMAPISCO S.A.	2	2	-	1	-
EPS TACNA S.A.	2	2	-	-	-
EMAPAVIGS S.A.C.	2		-	-	2
SEDACHIMBOTE S.A.	6	2	-	-	3
EPSASA	3	3	-	2	-
EMAPA SAN MARTÍN S.A.	1		-	-	-
SEMAPACH S.A.	5	4	-	-	1
EPS SELVA CENTRAL S.A.	3	1	-	1	-
EPS MOQUEGUA S.A.	3	1	-	-	-
EMAPA Y S.R.L.	1	1	1	1	-
SEDAPAL	22	17	5	16	3
EPS ILO S.A.	1	1	-	1	-
SEDALIB S.A.	12	9	-	2	4
EPSEL S.A.	24	4	-		22
SEDAPAR S.A.	8	3	-	1	-
SEDACUSCO S.A.	1	1	1	1	-
EPS GRAU S.A.	28	4	-	6	22
SEMAPA BARRANCA S.A.	1	1	-		-
EMAPICA S.A.	4	2	-	1	4
NORPUNO S.A.	1	1	-	-	1
SEDAJULIACA S.A.	1	1	-	-	1
EPS MANTARO S.A.	2	2	-	2	-
EPS MARAÑÓN S.R.L.	3	3	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>163</b>	<b>74</b>	<b>8</b>	<b>39</b>	<b>81</b>

Fuente: SUNASS.

**ILUSTRACIÓN 13. REJA AUTOMÁTICA INSTALADA EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO**

#### **4.2.3. TRATAMIENTO PRIMARIO**

El tratamiento primario remueve considerablemente la materia en suspensión, sin incluir la materia coloidal o disuelta. En el tratamiento primario se produce lodo orgánico que requiere un tratamiento (estabilización) adicional. La tabla 24 muestra que 15 PTAR cuentan con tratamiento primario y el más aplicado es el tanque Imhoff, seguido del tanque séptico. Ambos incorporan en su diseño la estabilización de los lodos sedimentados.

**TABLA 24. APLICACIÓN DEL TRATAMIENTO PRIMARIO EN LAS PTAR EN FUNCIONAMIENTO**

EPS	PTAR			
	N.º PTAR	TANQUE SÉPTICO	TANQUE IMHOFF	SEDIMENTADOR PRIMARIO
SEDA HUÁNUCO S.A.	3	3	-	-
EMSA PUNO S.A.	3	-	-	1
AGUAS DE TUMBES	17	1	-	-
EPSASA	3	-	2	-
EPS SELVA CENTRAL S.A.	3	-	1	-
SEDAPAL	22	-	1	-
SEDAPAR S.A.	8	1	2	-
SEDACUSCO S.A.	1	-	-	1
EPS GRAU S.A.	28	-	1	-
EPS MANTARO S.A.	2	-	-	1
<b>TOTAL</b>	<b>163</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>3</b>

Fuente: SUNASS

#### 4.2.4. TRATAMIENTO SECUNDARIO

El tratamiento secundario remueve la materia orgánica biodegradable (carga orgánica) y los sólidos en suspensión, lo que es necesario para cumplir los LMP de la DBO5, DQO y sólidos suspendidos.

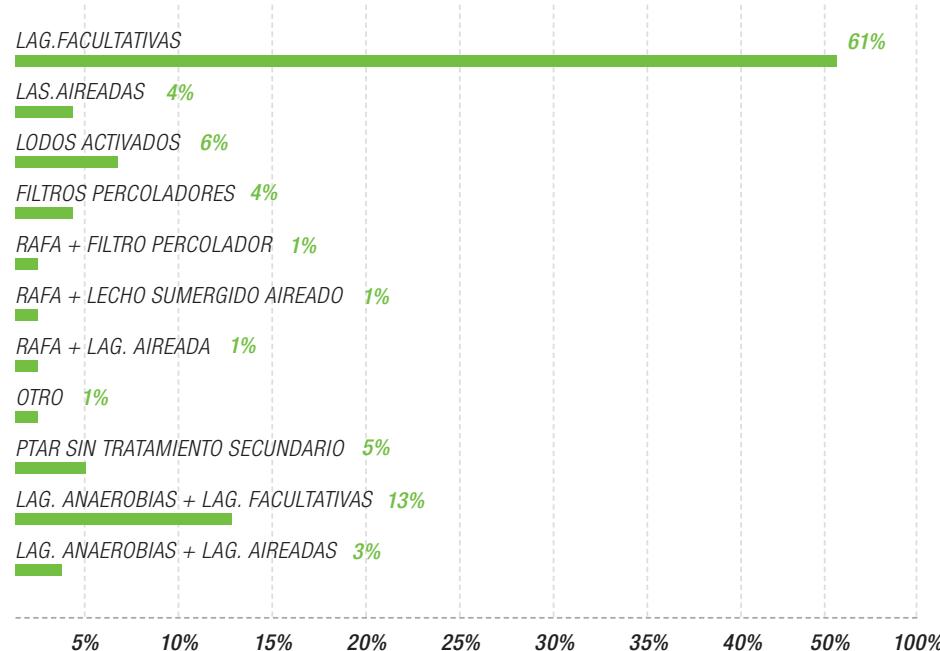
La tecnología de tratamiento secundario que más se aplica es del tipo lagunas: anaerobias, facultativas y aireadas, en forma individual o en combinación. También se cuenta con tecnología de lodos activados en las variedades de flujo continuo y SBR, lechos fijos sumergidos, filtros percoladores y reactores anaerobios tipo RAFA<sup>13</sup> (véase la tabla 25). Se considera a la PTAR Taboada de SEDAPAL (sistema tratamiento preliminar avanzado más emisario submarino) sin tratamiento secundario, porque el tratamiento secundario se realiza en el cuerpo receptor, en el mar.

Dos PTAR en Pucallpa, actualmente en construcción, contarán con reactores biológicos de lecho móvil (MBBR). Las otras PTAR en construcción incluyen tecnologías ya empleadas por las EPS.

No se encontraron en las PTAR de las EPS las siguientes tecnologías mencionadas en la norma OS.090: aplicaciones sobre terreno y reúso agrícola, discos rotativos, filtros intermitentes de arena ni zanjas de oxidación.

La ilustración 14 muestra que el 5% de las PTAR (8 PTAR) no cuenta con tratamiento secundario: 3 solo tienen tanque Imhoff, 3 tienen tanque séptico e infiltración, 1 tiene tratamiento preliminar más emisario submarino y 1 fue diseñada para tratamiento químico primario mejorado.

**ILUSTRACIÓN 14. DISTRIBUCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO SECUNDARIO EN LAS PTAR**



13 Cabe mencionar que los RAFA de 2 PTAR no deberían ser considerados como tales por presentar fallas de construcción importantes para el funcionamiento de la unidad.

TABLA 25. TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO SECUNDARIO EN LAS PTAR EN OPERACIÓN DE LAS EPS

EPS	PTAR									
	SIN TRATAMIENTO SECUNDARIO	LAG. ANAEROBIAS + LAG. AIREADAS	LAG. ANAEROBIAS + LAG. FACULTATIVAS	LAG. FACULTATIVAS	LAG. AIREADAS	LODOS ACTIVADOS	FILTROS PERCOLADORES	RAFA + FILTRO PERCOLADOR	RAFA + LAGUNA SUMERGIDA AIREADO	OTRO
SEDA HUÁNUCO S.A.	1						2			
EMAPACOP S.A.					1					
EPS SEDALORETO S.A.								1		
EMAPA CAÑETE S.A.					2					
EMSA PUNO S.A.	1			1	1					
AGUAS DE TUMBES	1		2	14						
EMAPISCO S.A.			1	1						
EPS TACNA S.A.					1	1				
EMAPAVIGS S.A.C.				2						
SEDACHIMBOTE S.A.					6					
EPSASA				1			2			
EMAPA SAN MARTÍN S.A.					1					
SEMAPACH S.A.			5							
EPS SELVA CENTRAL S.A.	1				2					
EPS MOQUEGUA S.A.				3						
EMAPA Y S.R.L.						1				
SEDAPAL		5	1	2	2	8	1		1	1 <sup>1)</sup>
EPS ILO S. A.	1					1				
SEDALIB S.A.			2)	9	2				1	
EPSEL S.A.			3	21						
SEDAPAR S.A.				5			1			
SEDACUSCO S.A.	2						1			
EPS GRAU S.A.			7	20						
SEMAPA BARRANCA S.A.	1				1					
EMAPICA S.A.			1	3						
NORPUNO S.A.					1					
SEDAJULIACA S.A.				1						
EPS MANTARO S.A.					1		1			
EPS MARAÑÓN S.R.L.			2	1						
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>22</b>	<b>100</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

1) Lagunas de maduración del Parque 26.

2) La PTAR El Tablazo de SEDALIB S.A. cuenta con lagunas anaerobias, las cuales no operan actualmente. Por ello, no se las incluye aquí.

Fuente: SUNASS

#### **4.2.5. TRATAMIENTO TERCIARIO**

El tratamiento terciario consiste en la implementación de procesos fisicoquímicos o biológicos para alcanzar un grado de tratamiento superior al tratamiento secundario en:

- La remoción de sólidos en suspensión y huevos de helmintos
- La remoción de compuestos orgánicos complejos y compuestos inorgánicos disueltos

Las PTAR Santa Clara y Manchay de SEDAPAL han implementado la filtración rápida con filtros de arena antes de la desinfección para la remoción de huevos de helmintos y sólidos finos, que podrían afectar la desinfección y el sistema de reúso posterior (riego por goteo).

En las PTAR San Juan de Miraflores, Huáscar y San Bartolo de SEDAPAL, cuyo efluente es reusado para el riego, se han implementado lagunas de pulimento para asegurar que el tiempo de retención de la PTAR sea mayor de 10 días y se logre la remoción de huevos de helmintos.

En las PTAR Manchay de SEDAPAL, Santa Clara de SEDALIB S.A. y Yunguyo de EMAPA Y S.R.L. tienen tecnología de lodos activados que permite la remoción del nitrógeno durante su operación. Ninguna PTAR de las EPS ha implementado el tratamiento de remoción química del fósforo.

**TABLA 26. TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO TERCIARIO EN LAS PTAR EN FUNCIONAMIENTO**

EPS	PTAR		
	N.º PTAR	FILTRACIÓN POR ARENA	ELIMINACIÓN DE NUTRIENTES
EMAPA YUNGUYO	1		1
SEDAPAL S.A.	22	2	4
SEDALIB S.A.	12	1 <sup>1)</sup>	
TOTAL		2	5

1) El efluente de la PTAR El Tablazo de SEDALIB S.A. pasa por filtros de cartuchos para evitar obstrucciones en el sistema de reúso (riego por goteo).  
Fuente: SUNASS

#### 4.2.6. DESINFECCIÓN

La desinfección tiene por objetivo la remoción de los microorganismos patógenos presentes en las aguas residuales y el cumplimiento de los LMP de coliformes termotolerantes. La desinfección puede ser química o física como la luz ultravioleta.

Otra forma de remoción de coliformes termotolerantes es por muerte natural, que se obtiene mediante un período de retención del agua en la PTAR. Una PTAR de tecnología de lagunas facultativas de tipo flujo disperso (que es el más común en el país) requiere por lo menos 20 días de retención. La instalación de lagunas de pulimento después del tratamiento secundario ayuda a obtener el tiempo necesario para la muerte natural de coliformes termotolerantes.

En el presente trabajo se considera que una PTAR cuenta con lagunas de pulimento si:

- Esto es indicado en la documentación de la PTAR presentada por la EPS.
- Se trata de lagunas terciarias y cuaternarias sin aireación después de lagunas anaerobias o facultativas.

Se ha observado que las PTAR con lagunas presentan serias dificultades para cumplir el LMP de coliformes termotolerantes. Además de las PTAR de SEDAPAL, solo se han encontrado 2 PTAR con lagunas en construcción que cuentan con dispositivos para la cloración del efluente, 1 PTAR con cloración del efluente en operación y 1 PTAR cuyo sistema de cloración no se encontró en funcionamiento.

**TABLA 27. TECNOLOGÍAS DE DESINFECCIÓN EN LAS PTAR DE LAS EPS**

EPS	PTAR			
	N.º PTAR	CON DESINFECCIÓN QUÍMICA	LAGUNAS DE PULIMENTO	LUZ UV
EMAPACOP S.A.	1		1	
EMAPISCO S.A.	2		1	
EPS TACNA S.A.	2	1 <sup>1)</sup>		
EPSASA	3	2		
EMAPA Y S.R.L.	1			1
SEDAPAL	22	15		
EPS ILO S. A.	1		1	
SEDALIB S.A.	12		5	
EPSEL S.A.	24		1	
SEDAPAR S.A.	8	1	1	
SEDACUSCO S.A.	1	1		
EPS GRAU S.A.	28		5	
NORPUNO S.A.	1		1	
<b>TOTAL</b>	<b>163</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>1</b>

1) La PTAR Cono Sur cuenta con cámara de contacto pero no clora por solicitud de los agricultores.

Fuente: SUNASS

#### 4.2.7. TRATAMIENTO DE LODOS

En los procesos de tratamiento de aguas residuales se produce la generación de lodos. La cantidad y el intervalo de purga de estos lodos dependen de la carga de la PTAR y de la tecnología aplicada.

Los lodos que tienen concentraciones elevadas de sustancias volátiles requieren ser estabilizados por separado (estabilización aeróbica, anaeróbica o química). En otros casos, como por ejemplo en PTAR de lagunas de estabilización y lodos activados con aireación extendida, el lodo ya sale estabilizado del proceso de tratamiento de aguas residuales. Para facilitar el manejo del lodo generalmente se aplica alguna forma de deshidratación del lodo antes de su disposición final.

En la tabla 28 se aprecia que el proceso de estabilización de lodos más utilizado es la digestión anaerobia dentro de las lagunas del tratamiento secundario. Generalmente, el lodo se deshidrata dentro de las lagunas por la evapotranspiración natural. Algunas PTAR han implementado otras tecnologías de deshidratación de lodos (véase la tabla 28).

**TABLA 28. TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE LODOS EN FUNCIONAMIENTO**

EPS	PTAR								
	DENTRO DEL TRATAMIENTO PRIMARIO	DENTRO DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO	DIGESTOR AERÓBICO	DIGESTOR ANAERÓBICO	ESPESADOR ESTÁTICO	FLOTACIÓN	CENTRÍFUGA	LECHO DE SECADO	DENTRO DE LA LAGUNA
SEDA HUÁNUCO S.A.	3								
EMAPACOP S.A.		1							1
EPS SEDALORETO S.A.		1							
EMAPA CAÑETE S.A.		2							2
EMSA PUNO S.A.	1	2							2
AGUAS DE TUMBES	1	16							16
EMAPISCO S.A.		2							2
EPS TACNA S.A.		2							2
EMAPAVIGS S.A.C.		2							2
SEDACHIMBOTE S.A.		6							6
EPSASA	2	2						2	2
EMAPA SAN MARTÍN S.A.		1							1
SEMAPACH S.A.		5							5
EPS SELVA CENTRAL S.A.	1	2						1	2
EPS MOQUEGUA S.A.		3							3
EMAPA Y S.R.L.			1		1		1		
SEDAPAL	1	16	3		5		7	10	6
EPS ILO S. A.		1							1
SEDALIB S.A.		12							12
EPSEL S.A.		24							24
SEDAPAR S.A.	3	5						2	5
SEDACUSCO S.A.				1	1		1		
EPS GRAU S.A.	1	27						2	27
SEMAPA BARRANCA S.A.		1							1
EMAPICA S.A.		4							4
NORPUNO S.A.		1							1
SEDAJULIACA S.A.		1							1
EPS MANTARO S. A.		1	1			1		1	1
EPS MARAÑÓN S.R.L.		3		1					3
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>143</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>19</b>	<b>132</b>

Fuente: SUNASS

#### 4.2.8. TECNIFICACIÓN DE LAS PTAR

28 PTAR cuentan con equipos electromecánicos en sus procesos de tratamiento de aguas residuales, de las cuales 18 se encuentran operadas por SEDAPAL. La tabla 29 muestra el número de PTAR que cuentan con equipos en sus procesos y la tabla 30, la cantidad de los principales equipos electromecánicos y su operatividad (no se consideran equipos de las estaciones de bombeo ni equipos de medición).

La diferencia entre la cantidad prevista de equipos de aireación y los que se encuentran en operación en los tratamientos secundarios de las PTAR de SEDAPAL se debe a la paralización completa de todos los aireadores en la PTAR San Bartolo desde el 2012.

En el resto del país, la diferencia entre la cantidad prevista de equipos y la cantidad en operación se debe a que el día de las visitas, la PTAR Covicorti (SEDALIB S.A.) solo contaba con la mitad de los equipos por problemas técnicos y la PTAR Copare (EPS TACNA S.A.) tenía un aireador menos por problemas con la capacidad del transformador.

**TABLA 29. PTAR CON APLICACIÓN DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS EN LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO**

EPS	N.º DE PTAR CON EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS	TRATAMIENTO					
		PRELIMINAR	PRIMARIO	SECUNDARIO	TERCIARIO	DESINFECCIÓN	LODOS
EPS SEDALORETO S.A.	1	1		1		1	1
EMSA PUNO S.A.	1			1			
EPS TACNA S.A.	1			1			
EPSASA	1	1					
EMAPA Y S.R.L.	1	1		1		1	1
SEDAPAL	18	15		18	2	16	9
SEDALIB S.A.	2	1		2			
SEDAPAR S.A.	1			1			
SEDACUSCO S.A.	1	1	1	1		1	1
EPS MARAÑÓN S.R.L.	1			1			1
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>27</b>	<b>2</b>	<b>19</b>	<b>13</b>

Fuente: SUNASS

**TABLA 30: PRINCIPALES EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS EN LAS PTAR**

PROCESO DE TRATAMIENTO	TIPO	N.º DE EQUIPOS EN PTAR DE SEDAPAL		N.º DE EQUIPOS EN PTAR DE LAS EPS RESTANTES DE SEDAPAL	
		N.º PREVISTAS	N.º EN OPERACIÓN	N.º PREVISTO	N.º EN OPERACIÓN
PRELIMINAR	REJAS AUTOMÁTICAS	71	71	18	16
	DESARENADOR AUTOMÁTICO (POR CANAL O UNIDAD VÓRTEX)	36	36	9	9
PRIMARIO	BARREDORES DE SEDIMENTADORES			2	2
SECUNDARIO	AIREADORES	APROX. 320	APROX. 155	25	18
	SOPLADORES	10	10	9	9
	BARREDORES DE SEDIMENTADORES	10	4	6	6
TRATAMIENTO DE LODOS	ESPESADOR ESTÁTICO	5	5	3	3
	SOPLADOR	2	2	2	2
	CENTRÍFUGA	9	9	3	3

Fuente: SUNASS

#### 4.2.9. CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DEL DISEÑO DE UNA PTAR

Las características especiales del diseño de una PTAR pueden facilitar o dificultar su operación y mantenimiento. En este sentido, se ha verificado si las PTAR cuentan con rebose para caudales extremos, más de una unidad de tratamiento y si la nivelación de las estructuras repartidoras es adecuada.

- La norma OS. 090 señala que las PTAR deben contar con un sistema de rebose para evitar el ingreso de caudales que sobrepasen el caudal máximo horario de diseño de la PTAR. En localidades de la sierra y selva, las EPS reportan variaciones de 200 a 300% del caudal debido a aguas pluviales que ingresan al sistema de alcantarillado de aguas residuales (por falta de sistemas de alcantarillado pluvial); si no hay un sistema de rebose al ingreso de la PTAR, sus procesos de tratamiento se verían afectados.
- Es importante precisar que la Ley de Recursos Hídricos no permite ninguna descarga de aguas residuales crudas a un cuerpo natural, por lo que se requiere que el agua colectada por el rebose reciba tratamiento posterior, de tal manera que el vertimiento cumpla los LMP/ECA. En solo 10 PTAR se detectó algún tipo de sistema de rebose de emergencia.
- Para la óptima operación de una PTAR se necesita que esta cuente por lo menos con dos baterías de unidades en paralelo o, si existiera una sola batería con varias unidades en serie, estas deben contar con la posibilidad de realizar un bypass, a fin de poder sacar de operación una de las unidades para su mantenimiento sin afectar el funcionamiento de la PTAR.
- 22 PTAR cuentan con una sola unidad de tratamiento secundario y 26 PTAR tienen una batería de varias unidades en serie sin bypass. Todas estas son PTAR de tecnología de lagunas, las cuales cada 5 a 10 años requieren una limpieza de lodos. Es necesario que desde el diseño se consideren los aspectos de construcción especiales para poder realizar la limpieza de este tipo de PTAR.
- Se requiere que las cámaras repartidoras de caudal estén diseñadas y construidas para asegurar caudales uniformes en las unidades del tratamiento y deben permitir la salida de operación de las unidades para el mantenimiento. Se ha identificado que 35 PTAR tienen cámaras repartidoras con deficiencias de diseño o construcción.

##### 4.2.9.1. FALLAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN

La tabla 31 muestra las fallas de diseño o de construcción que se observan generalmente en las PTAR en funcionamiento y causan deficiencias en el proceso de tratamiento o dificultan la operación de la PTAR. En la mayoría de los casos, la puesta en marcha de las PTAR en operación se inició con deficiencias que no han sido reparadas.

**TABLA 31. OBSERVACIONES FRECUENTES RESPECTO A LA CONSTRUCCIÓN DE LAS PTAR**

OBSERVACIONES	N.º DE PTAR
EXISTENCIA DE REJAS CON BARRAS HORIZONTALES	2
EXISTENCIA DE TAMICES DE LIMPIEZA MANUAL	1
INSUFICIENTE COMPACTACIÓN E IMPERMEABILIZACIÓN DE DIQUES	4
INSUFICIENTE PROTECCIÓN DE LOS DIQUES CONTRA LA EROSIÓN PLUVIAL	2
DIFÍCIL ACCESO A EQUIPOS DE OPERACIÓN MANUAL, COMO TABIQUES Y REJAS	4
TECNOLÓGIA INADECUADA (TRATAMIENTO QUÍMICO, FILTRO PERCOLADOR DE ARENA)	3
DISEÑO DE REACTORES DE TIPO RAFA SIN SEPARADOR DE FASES	2
OTROS: FALTA DE CONEXIÓN ENTRE DOS LAGUNAS EN SERIE	1

## 4.3. INFRAESTRUCTURA DE LAS PTAR

### 4.3.1. ACCESO A LA ENERGÍA ELÉCTRICA

33 PTAR cuentan con acceso a la energía eléctrica y 16 PTAR, con caudal de diseño mayor de 100 L/s (50,000 habitantes), no tienen electricidad. Esta situación influye en la selección de tratamientos preliminares con equipos mecánicos y en la posibilidad de efectuar mediciones automáticas del afluente y efluente, de implementar la captación y el quemado del biogás y de adoptar medidas de mejoramiento y ampliación del tratamiento mediante equipos de aireación o mezcla.

La implementación de equipos electromecánicos en las PTAR implica la necesidad de vigilancia permanente o que se busquen alternativas para proteger la infraestructura (tales como el macromedidor y rejas automáticas en la última estación de bombeo donde se cuente con cerco perimétrico y operador).

La PTAR Pampa de Perros de Chiclayo confirma esta necesidad, ya que las rejas automáticas se encuentran inoperativas por el robo de cables, a pesar de que contaba con vigilancia. Una situación similar se ha reportado en una PTAR en construcción en la ciudad de Pucallpa.

### 4.3.2. EDIFICIO DE OPERACIÓN

Solo 45 PTAR cuentan con edificio de operación y 52 con personal operativo diario (véase el acápite 5.3.1). La norma OS.090, de aplicación obligatoria, señala que una PTAR con una capacidad de tratamiento para más de 25.000 habitantes debe contar con infraestructura complementaria: casetas de vigilancia, almacén, laboratorio, vivienda del operador y otras instalaciones que señale el organismo competente. Actualmente, 6 PTAR con capacidad de tratamiento para una población mayor de 50.000 habitantes no cuentan con esta infraestructura.

### 4.3.3. LABORATORIO EN LAS PTAR

7 EPS cuentan con laboratorio exclusivo de aguas residuales (6 EPS los tienen ubicados dentro de las PTAR) y otras siete usan parte de sus laboratorios de agua potable para realizar análisis de algunos parámetros de las aguas residuales. 15 EPS no cuentan con laboratorio de aguas residuales, ni con equipos portátiles para la medición de la temperatura, oxígeno disuelto ni pH.

La norma OS.090 señala que cada PTAR debe contar con un laboratorio. Actualmente, 23 PTAR con capacidad de tratamiento para una población mayor de 50.000 habitantes no cuentan con laboratorio ni equipos de medición portátiles.

#### 4.4. SANEAMIENTO DEL TERRENO, PLANIFICACIÓN URBANA Y OTRAS PARTICULARIDADES

Se han categorizado los mayores problemas respecto a este tema, de acuerdo con lo siguiente:

- **Falta de saneamiento legal**

Existe falta de saneamiento legal cuando la EPS, para acceder a la PTAR, tiene que cruzar terrenos privados o utilizar caminos privados sin contar con derecho de paso.

- **Invasiones de terrenos aledaños**

Pobladores que ilegalmente se posesionan de los terrenos cercanos a la PTAR.

- **Viviendas a menos de 100 m de distancia de la PTAR**

Esta categoría se refiere a poblaciones establecidas.

- **Acumulación de basura en los alrededores**

En los alrededores o en las vías de acceso de varias PTAR se han detectado botaderos informales, los cuales afectan la operación de las PTAR y la salud de los operadores. Por ejemplo, al lado de las lagunas de la PTAR de SEDAJULIACA S.A. hay un botadero municipal de aproximadamente 2,5 hectáreas. Esto causa que los operadores pasen gran parte de la jornada en la limpieza de las lagunas y canales de distribución para evitar su obstrucción.

- **Inseguridad del sector**

Algunas EPS reportaron la necesidad de resguardo policial o de limitar su ingreso en determinado horario para evitar ser asaltados por delincuentes en el camino hacia la PTAR.

- **Robos reportados**

Las PTAR que fueron asaltadas afectaron su infraestructura y al personal de la EPS.

- **Sabotaje por vecinos**

Hay obstrucciones frecuentes en la línea del afluente de la PTAR, perforación de diques e instalación de sifones para llevarse el agua cruda para riego o se corta la geomembrana en el caso de lagunas, entre otras acciones.

Todas estas categorías dificultan y en algunos casos hacen imposible la operación y mantenimiento de las PTAR (véase la tabla 32).

**TABLA 32. N.º DE PTAR CON OBSERVACIONES**

OBSERVACIONES	N.º DE PTAR
FALTA DE SANEAMIENTO LEGAL	11
INVASIONES DE TERRENOS ALEDAÑOS	11
VIVIENDAS A MENOS DE 100 M DE LA PTAR	31
ACUMULACIÓN DE BASURA EN LOS ALREDEDORES	27
INSEGURIDAD DEL SECTOR	12
ROBOS REPORTADOS	4
SABOTAJE POR PARTE DE LOS VECINOS	19

Fuente: SUNASS

## 4.5. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y LODOS

Los residuos sólidos provenientes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales deberían tener como disposición final un relleno de seguridad. Sin embargo, en el Perú solo existen 2 rellenos de seguridad, uno en Lima (BEFESA) y otro en Chincha. Esta situación hace imposible el cumplimiento de la normatividad vigente en la mayoría de las EPS.

Una situación similar sucede si se intentara efectuar la disposición final en los rellenos sanitarios, puesto que en el Perú solo hay 9 rellenos sanitarios (4 en la región Lima-Callao, 2 en la región Junín, 1 en la región Loreto, 1 en la región Áncash y 1 en la región Cajamarca) (OEFA, 2014).

Actualmente, la única EPS que deposita los residuos sólidos y lodos de sus PTAR en un relleno sanitario es SEDAPAL. En la tabla 33 se muestran los tipos de disposición final de lodos y residuos sólidos más frecuentes en las PTAR.

**TABLA 33. DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y LODOS DE LAS PTAR**

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS
QUEMA DE LA MATERIA INFLAMABLE Y ENTIERRO DE LOS DESECHOS
ENTIERRO DE TODOS LOS RESIDUOS SÓLIDOS
DISPOSICIÓN FINAL EN UN BOTADERO FUERA DE LA PTAR (POR EJEMPLO, EL BOTADERO MUNICIPAL)
ACUMULACIÓN DE LA ARENA DEL DESARENADOR EN EL TERRENO DE LA PTAR
DISPOSICIÓN DE LODOS
ACUMULACIÓN EN EL TERRENO DE LA PTAR
DEPÓSITO O ENTIERRO EN BOTADEROS FUERA DE LA PTAR
ENTREGA DIRECTA A CAMPESINOS

Fuente: SUNASS

Debido a la falta de rellenos adecuados para la disposición final de lodos y residuos sólidos a nivel nacional, algunos proyectos grandes, como por ejemplo la PTAR Enlozada en Arequipa, incorporan la implementación de un relleno para los lodos en un área aledaña.

#### 4.5.1. REUSO DEL LODO EN LA AGRICULTURA

A excepción de SEDAPAL, ninguna EPS cuenta con información sobre la calidad de los lodos producidos en sus PTAR, por lo que resulta imposible evaluar las distintas posibilidades del uso del lodo en la agricultura.

En las PTAR Chilpina (SEDAPAR S.A.) y Totora (EPSASA) se reportó la entrega directa de lodos a los agricultores, quienes no cuentan con un sistema de manejo y registro que asegure el tiempo de espera recomendado por la OMS de 1 año para inactivar los huevos de helmintos, situación que podría afectar la salud de los agricultores y consumidores de los cultivos tratados con este lodo.

Debido a la falta de información estadística para el Perú, se puede estimar la calidad nutritiva de los lodos en función de experiencias internacionales y de la OMS:

- En lodos provenientes de lagunas de estabilización en Brasil se encontró, según Von Sperling (2007), concentraciones de nitrógeno total de 2%, 0,2% de fósforo total y 0,04% de potasio en el lodo seco. El análisis del lodo de una laguna facultativa de la PTAR Covicorti en Trujillo en el año 2003 ha encontrado concentraciones de nitrógeno de 2,2% y 1,1% de fósforo (Falcón & Miglio, 2004).
- La OMS (2006) señala que se puede esperar en PTAR de otras tecnologías (lodos activados, filtro percolador) concentraciones de nitrógeno total de 5% y de 1% de fósforo total en el lodo seco.
- El lodo de las PTAR tiene valor económico como fertilizante. El valor del contenido de nitrógeno en el lodo de las lagunas de estabilización se estima en aproximadamente S/. 0,1 por kilo de lodo seco (considerando que en el mercado el valor de un fertilizante mineral, como nitrato de amonio, es de aproximadamente S/. 4,6 por kilo de nitrógeno). En cuanto al valor del lodo por su contenido de fósforo se estima en aproximadamente S/. 0,01 por kilo de lodo seco (considerando que el precio del fertilizante mineral, como roca fosfórica, es de aproximadamente 7 a 8 nuevos soles por kilo de fósforo), sin considerar la accesibilidad real del elemento para las plantas. Estos valores requieren su verificación para las condiciones del país.
- El componente orgánico del lodo tiene la propiedad de mejorar la estructura del suelo tratado y retener agua como una esponja. Esto significa que el lodo de las PTAR mejora el suelo y tiene un valor nutritivo.
- Sin embargo, si el lodo no se trata adecuadamente, existe el peligro de que contenga huevos de helmintos y microorganismos patógenos. Se recomienda establecer una norma para el tratamiento de lodos de las PTAR y definir los LMP para el reúso de lodos (manejo y aplicación en el suelo) en el Perú. Al respecto, es recomendable tener como referencia la guía de la OMS.
- También hay que tener cuidado con el contenido de metales y otras sustancias tóxicas en los lodos provenientes de descargas de agua residual no doméstica o industrial en la PTAR. Por lo cual, se recomienda efectuar una vigilancia eficaz para garantizar que toda descarga al alcantarillado sanitario cumpla los valores máximos admisibles (VMA).

#### 4.6. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Se encontraron 3 PTAR (1 de la EPS MANTARO S.A. y 2 de la EPS SELVA CENTRAL S.A.) que fueron afectadas por las crecidas de los ríos de la sierra y selva en época de lluvia; en 2 de ellas, las estructuras de vertimiento fueron erosionadas y en la restante, la tubería del afluente fue destruida por el río.

*ILUSTRACIÓN 15. PROBLEMAS DE EROSIÓN DEL PUNTO DE VERTIMIENTO DEBIDO A LA CRECIDA DEL RÍO*



1. La creciente del río ha afectado la línea del emisor hacia la PTAR por lo que el agua cruda es descargada en el río
2. El río ha inundado el terreno cercano al punto de vertimiento.



# **5.**

---

## **OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS PTAR**

## 5. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS PTAR

### 5.1. CALIDAD DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las EPS reportaron el análisis de todos los parámetros establecidos en los LMP del afluente y efluente en 12 PTAR (11 de SEDALIB S.A. y 1 de EPSASA).

En 100 PTAR (de las 163 PTAR operativas durante el año 2013) que corresponden al ámbito de 13 EPS se reportó el monitoreo de al menos un parámetro en el afluente o efluente. La DBO<sub>5</sub> y coliformes termotolerantes son los parámetros más analizados.

El parámetro temperatura, a pesar de su gran importancia en la operación y evaluación de los procesos de tratamiento de las PTAR y a su fácil medición, no es registrado ni reportado por las EPS.

La mayor parte de los análisis corresponde a muestras puntuales y solo SEDAPAL reporta el uso de equipo automático para obtener muestras compuestas.

**TABLA 35. CUMPLIMIENTO DE LOS LMP DEL EFLUENTE DE LAS PTAR DURANTE EL AÑO 2013**

PTAR	T°			PH			DBO <sub>5</sub>			DQO		
	N.º	CUMPLE LOS LMP		N.º	CUMPLE LOS LMP		N.º	CUMPLE LOS LMP		N.º	CUMPLE LOS LMP	
		N.º	%		N.º	%		N.º	%		N.º	%
SEDA HUÁNUCO S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMAPACOP S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPS SEDALORETO S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMAPA CAÑETE S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMSA PUNO S.A.	12	12	100	12	4	33	12	8	67	12	0	0
AGUAS DE TUMBES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMAPISCO S.A.	5	5	100	5	5	100	12	12	100	-	-	-
EPS TACNA S.A.	-	-	-	24	24	100	24	10	42	-	-	-
EMAPAVIGS S.A.C.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEDA CHIMBOTE S.A.	-	-	-	5	5	100	5	2	40	5	1	20
EPSASA	12	12	100	12	12	100	12	12	100	14	12	86
EMAPA SAN MARTÍN S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEMAPACH S.A.	-	-	-	5	5	100	6	5	83	5	4	80
EPS SELVA CENTRAL S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPS MOQUEGUA S.A.	-	-	-	-	-	-	3	0	0	3	0	0
EMAPA Y S.R.L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEDA PAL	182	178	98	180	164	91	177	148	84	177	94	53
EPS ILO S. A.	-	-	-	-	-	-	2	1	50	2	0	0
SEDA LIB S.A.	39	39	100	39	38	97	39	39	100	42	33	79
EPSEL S.A.	-	-	-	145	135	93	144	125	87	-	-	-
SEDA PAR S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEDA CUSCO S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPS GRAU S.A.	-	-	-	13	13	100	82	50	61	24	5	21
SEMAPA BARRANCA S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMAPICA S.A.	-	-	-	3	3	100	4	3	75	4	3	75
NORPUNO S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEDA JULIACA S.A.	2	2	100	2	2	100	2	0	-	2	0	0
EPS MANTARO S. A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPS MARAÑÓN S. R. L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL DE LAS EPS	252	248	98	445	410	92	524	415	79	290	152	52

(-) No reportado. Fuente: SUNASS

### 5.1.1. CALIDAD DE LOS EFLUENTES

El número de muestras analizadas por las EPS y el número de aquellas que cumplen los LMP se muestran en las tablas 34 y 35.

No se pudo verificar el cumplimiento de la DBO<sub>5</sub> en algunas EPS con PTAR de tecnología de lagunas debido a que las EPS midieron la DBO<sub>5</sub> y DQO totales y no las filtradas. El protocolo de monitoreo pide la medición de estos parámetros de una muestra filtrada.

El parámetro coliformes termotolerantes presenta mayor dificultad en el cumplimiento de los LMP; al respecto, solo el 28% de las muestras realizadas por las EPS cumplen los LMP. La diferencia entre el grado de cumplimiento de los LMP de la DQO (52 %) y la DBO<sub>5</sub> (79 %) se explica porque los valores de la DBO<sub>5</sub> mayores de 80 mg/L cumplen el LMP de este parámetro, pero conllevan normalmente el incumplimiento del LMP de la DQO, ya que en el efluente de tratamientos biológicos se esperan relaciones de la DQO : DBO<sub>5</sub> de 3 a 4.

**TABLA 35. CUMPLIMIENTO DE LOS LMP DEL EFLUENTE DE LAS PTAR DURANTE EL AÑO 2013**

PTAR	SÓLIDOS SUSPENDIDOS			ACEITES Y GRASAS			COLIFORMES TERM.		
	N.º	CUMPLE LOS LMP		N.º	CUMPLE LOS LMP		N.º	CUMPLE LOS LMP	
		N.º	%		N.º	%		N.º	%
SEDA HUÁNUCO S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMAPACOP S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPS SEDALORETO S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMAPA CAÑETE S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMSA PUNO S.A.	12	0	-	0	0	-	12	0	-
AGUAS DE TUMBES	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMAPISCO S.A.	1	0	-	-	-	-	-	-	-
EPS TACNA S.A.	-	-	-	-	-	-	24	5	21
EMAPAVIGS S.A.C.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEDACHIMBOTE S.A.	5	3	60	5	5	100	5	0	-
EPSASA	12	12	100	8	8	100	12	9	75
EMAPA SAN MARTÍN S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEMAPACH S.A.	2	0	-	6	5	83	4	1	25
EPS SELVA CENTRAL S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPS MOQUEGUA S.A.	4	2	50	3	3	100	3	0	-
EMAPA Y S.R.L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEDAPAL	182	165	91	0	0	-	181	102	56
EPS ILO S. A.	1	1	-	1	0	-	2	0	-
SEDALIB S.A.	39	24	62	15	12	80	38	0	-
EPSEL S.A.	-	-	-	-	-	-	144	0	-
SEDAPAR S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEDACUSCO S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPS GRAU S.A.	19	10	53	23	12	52	82	24	29
SEMAPA BARRANCA S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMAPICA S.A.	3	3	3	3	3	3	4	0	0
NORPUNO S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEDAJULIACA S.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPS MANTARO S. A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPS MARAÑÓN S. R. L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL DE LAS EPS</b>	<b>280</b>	<b>220</b>	<b>79</b>	<b>64</b>	<b>48</b>	<b>75</b>	<b>511</b>	<b>141</b>	<b>28</b>

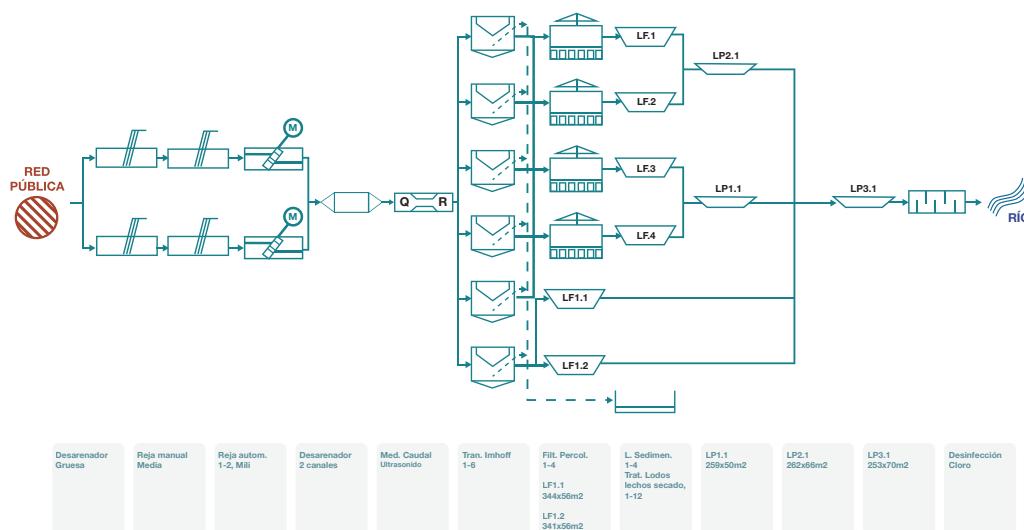
(-) = no reportado, coliformes term. = coliformes termotolerantes.

Fuente: SUNASS

### 5.1.1.1. EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS LMP DE LOS EFLUENTES DE PTAR PARA VERTIMIENTOS A CUERPO DE AGUA

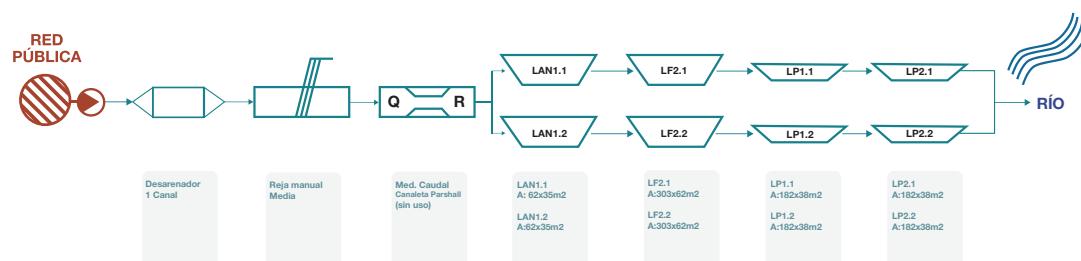
De las 12 PTAR que durante el 2013 contaban con monitoreo del cumplimiento de los LMP de los 7 parámetros, la PTAR Totora de EPSASA presentaba la mejor calidad del efluente con incumplimiento en 4 de 12 muestras de coliformes termotolerantes. Esta PTAR contaba con monitoreo mensual de los parámetros, excepto del parámetro aceites y grasas (4 muestras en el año 2013); su tecnología se muestra en la ilustración 16.

**ILUSTRACIÓN 16. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PTAR TOTORA DE EPSASA**



Las PTAR de SEDAPAL, con desinfección química como tratamiento final, reportaron el cumplimiento de la mayoría de los parámetros monitoreados (6 de los 7 LMP). De las PTAR con tecnología de lagunas sin desinfección química, destaca la PTAR de Chulucanas por la buena calidad del efluente.

**ILUSTRACIÓN 17. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PTAR CHULUCANAS DE LA EPS GRAU S.A.**



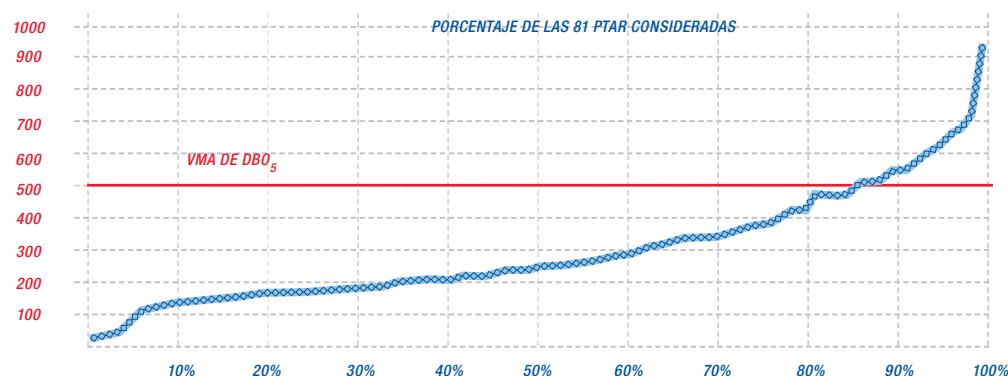
### 5.1.2. CALIDAD DE LOS AFLUENTES

De las 81 PTAR que reportaron por lo menos 2 valores de la DBO<sub>5</sub> en el 2013, más del 85% recibieron en promedio concentraciones de DBO<sub>5</sub> menores de 500 mg/L y solo el 50%, concentraciones menores de 250 mg/L (véase la ilustración 18).

Las PTAR con concentraciones más elevadas de DBO<sub>5</sub> son la PTAR Manchay (SEDAPAL) con 720 mg/L, la PTAR Milagro (SEDALIB S.A.) con 666 mg/L y la PTAR Santa Clara (SEDAPAL) con 618 mg/L.

**ILUSTRACIÓN 18. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE LA DB05 EN LOS AFLUENTES DE LAS PTAR QUE REPORTARON MONITOREO**

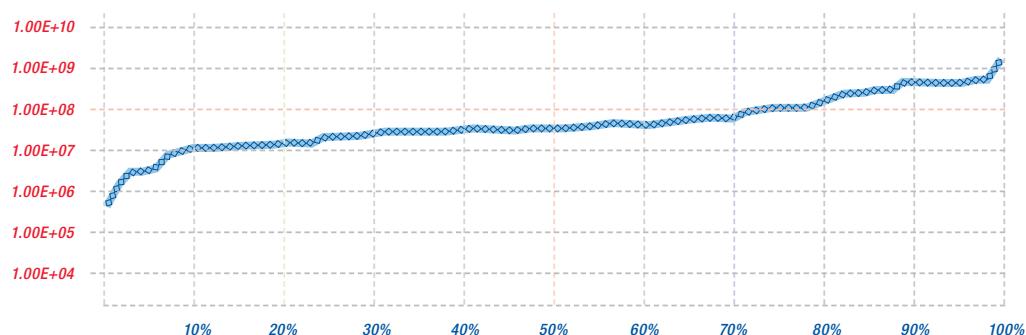
■ DBO<sub>5</sub> promedia del afluente ■ DBO<sub>5</sub> en mg/L



El 85% de las 76 PTAR que reportaron por lo menos 2 valores de coliformes termotolerantes en sus afluentes durante el 2013 presentaron concentraciones de coliformes termotolerantes en el afluente menores de 3,1 x 108 NMP/100 mL, mientras que el 50% reportaron concentraciones menores de 4,1 x 107NMP/L.

**ILUSTRACIÓN 19. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LOS AFLUENTES DE LAS PTAR QUE REPORTARON MONITOREO DE LAS PTAR QUE REPORTARON MONITOREO**

■ Porcentaje de las 76 PTAR consideradas ■ Coliformes fecales termotolerantes en NMP/100ml





PTAR Lambayeque

### 5.1.3. CAPACIDAD UTILIZADA DE LAS PTAR

Se evalúa la carga de las PTAR de las EPS con los siguientes criterios:

- Existe sobrecarga orgánica cuando la carga real de la DBO5 es superior a la carga aceptable, según las recomendaciones de la norma OS.090. En el caso de que no existan cargas reales de DBO5 (por falta de monitoreo de la concentración en el afluente) se asume una concentración media de 250 mg/L de DBO5, y se calcula la carga orgánica de la DBO5 con el caudal real reportado por la EPS.
- Existe sobrecarga hidráulica cuando el caudal de operación es mayor que el caudal de diseño. También se considera que hay sobrecarga hidráulica en las PTAR con tecnología de tratamiento de lagunas sin desinfección cuando el período de retención total (*tR*) para el caudal de operación reportado por la EPS es menor de 20 días<sup>14</sup> (véase el acápite 3.5.2.2).

Según estos criterios, 70 PTAR presentan sobrecarga orgánica considerando las cargas reportadas durante todos los meses del año<sup>15</sup> y 73 PTAR tienen sobrecarga hidráulica que no les permite cumplir los LMP de coliformes termotolerantes.

<sup>14</sup> En función de la OS.090 y las recomendaciones de Marcos von Sperling (2007), se propone para la presente evaluación la necesidad de tiempos de retención mayores de 20 días para una remoción fiable de los coliformes termotolerantes, considerando concentraciones en el afluente mayor de  $4,1 \times 10^7$  NMP/100mL y diseños típicos de lagunas de las PTAR.

<sup>15</sup> Mayores cargas que la máxima recomendada según la norma OS.090 no implican el incumplimiento del LMP de la DBO5, pero sí podrán presentarse problemas, como la emisión de olores debido a condiciones parcialmente anaerobias y un funcionamiento inestable. En el caso de lagunas secundarias, estas pueden asegurar la eficiencia adicional necesaria para el cumplimiento de los LMP.

#### 5.1.4. EFICIENCIAS DEL TRATAMIENTO

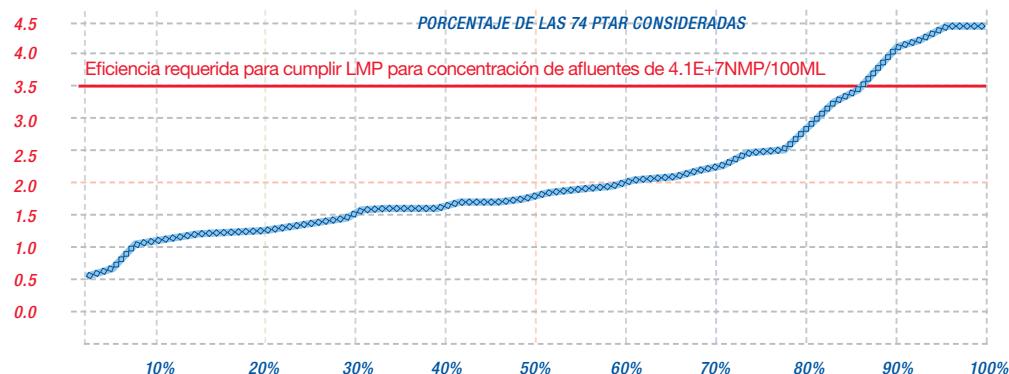
En la ilustración 20 se muestran las eficiencias de remoción de coliformes termotolerantes en las PTAR de las EPS. Según esta ilustración, el 85% de las PTAR evaluadas no cuentan con un tratamiento que les permita una remoción de 3.6 log unidades para cumplir el LMP (considerando una concentración de coliformes termotolerantes en el afluente de  $4.1 \times 10^7$  NMP/100 mL).

Como se ha mencionado, esta situación se debe a:

- El diseño de las PTAR.
- Las condiciones reales de las PTAR de tecnología de lagunas, por ejemplo, lagunas colmatadas con lodo, lo que reduce el tiempo de retención.
- Caudales reales mayores que el caudal de diseño de las PTAR (sobrecarga hidráulica).

**ILUSTRACIÓN 20. EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LOS COLIFORMES TERMOTOLERANTES**

■ Remoción de Coliformes termotolerantes en unidades  $\log_{10}$  ■ Eficiencia de remoción de Coliformes fecales reportados.



## 5.2. ORGANIZACIÓN DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se encontraron los siguientes modelos de organización de las actividades de operación y mantenimiento de las PTAR:

- EPS con una gerencia de aguas residuales que tiene a su cargo la operación y mantenimiento de las PTAR, así como el equipo de operación de la PTAR y el equipo de mantenimiento de los equipos electromecánicos.
- EPS con una gerencia de aguas residuales, la cual opera las PTAR y una gerencia de mantenimiento responsable de los equipos electromecánicos de la empresa, entre ellos, los de las PTAR.
- EPS con una gerencia de operaciones que realiza los trabajos operativos de la EPS, incluidos los de las PTAR.
- EPS que contrata a terceros los trabajos operativos de las PTAR.

En algunas EPS con extensas áreas de servicio (por ejemplo ATUSA, EPSEL S.A., EPS MANTARO S.A. y SEDALIB S.A.) las acciones de mantenimiento se organizan por zonas (norte, centro y sur). Cada zona aplica uno de los modelos señalados o cuenta con cuadrillas de operadores que rotan y dan mantenimiento a las PTAR operativas.

En otras EPS con varias localidades administradas, el operador del sistema de saneamiento de la localidad o el operador de la estación de bombeo final hacia la PTAR se encarga de efectuar inspecciones de la PTAR, pero no realizan trabajos mayores de mantenimiento.

### 5.2.1. CONCESIÓN DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR

Los trabajos en la PTAR que algunas EPS contratan con empresas terceras son:

- Vigilancia
- Mantenimiento de áreas verdes
- Fumigación
- Mantenimiento y limpieza exterior de lagunas
- Extracción del lodo de las lagunas
- Mantenimiento electromecánico.

El servicio de vigilancia generalmente es efectuado por terceros, mientras que los otros trabajos son tercerizados, dependiendo de la política de cada EPS. Actualmente, la PTAR Taboada (SEDAPAL) y la PTAR San Jerónimo (SEDACUSCO S.A.) han concedido la operación y el mantenimiento a una empresa tercera. Asimismo, SEDAPAL cuenta con contratos de operación de las PTAR Pucusana y Punta Hermosa, que incluyen trabajos operativos definidos en una lista de actividades. El monitoreo de la calidad es efectuado por la EPS.

Para los próximos años se espera que las PTAR La Chira (SEDAPAL) y las PTAR Escalerilla y Enlozada (SEDAPAR S.A.) empiecen a operar a través de terceros durante los primeros años de operación en el caso de las PTAR de SEDAPAR S.A. y en concesión en el caso de la PTAR La Chira. Estos proyectos son de tecnología con elevado grado de tecnificación y requieren personal de operación y mantenimiento calificado, que no se encuentra actualmente en la mayoría de las EPS, a excepción de SEDAPAL.

## 5.3. PERSONAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

### 5.3.1. DOTACIÓN DE PERSONAL OPERATIVO

En la tabla 36 se muestra que un tercio de las PTAR en funcionamiento, 55 PTAR, cuentan por lo menos con un turno por día hábil de personal operativo. También se observa que 3 PTAR con capacidad mayor de 50.000 habitantes-equivalentes no cuentan con personal operativo. Se encontró una PTAR en la que el operador vive en la PTAR y realiza la operación y vigilancia las 24 horas.

**TABLA 36. PRESENCIA DE PERSONAL EN LAS PTAR**

EPS	N.º DE PTAR CON PERSONAL >= 1 TURNO/D	N.º DE PTAR CON CARGA HIDRÁULICA DE MÁS DE 100 L/S Y SIN PRESENCIA DIARIA DEL OPERADOR
SEDA HUÁNUCO S.A.	0	0
EMAPACOP S.A.	1	0
EPS SEDALORETO S.A.	1	0
EMAPA CAÑETE S.A.	0	0
EMSA PUNO S.A.	2	0
AGUAS DE TUMBES	0	0
EMAPISCO S.A.	1	0
EPS TACNA S.A.	2	0
EMAPAVIGS S.A.C.	0	0
SEDACHIMBOTE S.A.	2	0
EPSASA	2	0
EMAPA SAN MARTÍN S.A.	0	0
SEMAPACH S.A.	1	0
EPS SELVA CENTRAL S.A.	1	0
EPS MOQUEGUA S.A.	0	0
EMAPA Y S.R.L.	1	0
SEDAPAL	19	0
EPS ILO S.A.	1	0
SEDALIB S.A.	6	0
EPSEL S.A.	2	0
SEDAPAR S.A.	1	0
SEDACUSCO S.A.	1	0
EPS GRAU S.A.	3	3
SEMAPA BARRANCA S.A.	0	0
EMAPICA S.A.	3	0
NORPUNO S.A.	0	0
SEDAJULIACA S.A.	1	0
EPS MANTARO S. A.	2	0
EPS MARAÑÓN S. R. L.	2	0
<b>TOTAL</b>	<b>55</b>	<b>3</b>

Fuente: SUNASS

Las recomendaciones de Yáñez (1993), von Sperling (2007) y Oakley & Salguero (2010) sobre el personal necesario en las PTAR de tecnología de lagunas, se muestran en la tabla 37. Oakley & Salguero (2010) consideran un menor requerimiento de personal que lo recomendado por Yáñez.

**DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁMBITO DE OPERACIÓN DE LAS ENTIDADES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO**

**TABLA 37. RECOMENDACIÓN DEL REQUERIMIENTO DE PERSONAL EN LAS PTAR**

ÁREAS	HABITANTES < 10.000		HABITANTES 20.000 – 50.000		HABITANTES > 50.000		CADA 8 ha
	LAG. FACULT/ ANAEROB <sup>A)</sup>	LAG. AIREADAS <sup>1),B)</sup>	LAG. FACULT/ ANAEROB <sup>A)</sup>	LAG. AIREADAS <sup>1),B)</sup>	LAG. FACULT/ ANAEROB <sup>A)</sup>	LAG. AIREADAS <sup>1),B)</sup>	LAG. DE ESTABILIZACIÓN <sup>C)</sup>
OYM	3	3	3 - 6	5,5 – 10,5	8 – 12	11 – 16	1 – 2
LABORATORIO			0,5	0,5	1	1	
ADMINISTRACIÓN	0,25	0,24	1,0	1,0	1,5	1,5	0,25

1) La demanda de personal para una PTAR de lodos activados es similar, aumenta para el tratamiento de lodos, la cual se puede estimar de 1 a 3 personas dependiendo de la tecnología.

Fuente: a) (Yáñez Cossío, 1993), b) (von Sperling, 2007), c) (Oakley & Salguero, 2010)

**TABLA 38. N.º DE PERSONAL DIARIAMENTE PRESENTE EN LAS PTAR SEGÚN EL TAMAÑO**

HABITANTES-EQUIVALENTES							
< 10.000		10.0000 – 20.000		20.000 – 50.000		> 50.000	
N.º PTAR	N.º DE PERSONAL TOTAL	N.º PTAR	N.º DE PERSONAL TOTAL	N.º PTAR	N.º DE PERSONAL TOTAL	N.º PTAR	N.º DE PERSONAL TOTAL
89	10	12	8	22	18	30	164 <sup>1),2)</sup>

1) No incluye el personal de la PTAR Iquitos de SEDALORETO ni de la PTAR de SEDACUSCO S.A., las cuales se encontraban en procesos de puesta en marcha, por lo cual no contaban con el número definitivo de personal.

2) Incluye personal de mantenimiento de las zonas de SEDAPAL. SEDAPAL terceriza la contratación del personal de operación y mantenimiento. Se consideró la información indicada en el tiempo de recopilación de datos, sin embargo la cantidad actual puede variar.

Fuente: SUNASS

La tabla 38 muestra que existen aproximadamente 200 operadores presentes diariamente en las 153 PTAR operadas por las EPS (las otras 10 PTAR del ámbito de las EPS no son operadas con personal de las EPS o se encontraban en la fase de puesta en marcha).

Las PTAR grandes (mayores de 50.000 habitantes-equivalentes) cuentan con más personal operativo; esto se debe, entre otros motivos, a la aplicación de tecnología avanzada de tratamiento. Menos personal se detectó en las PTAR pequeñas (< 10.000 habitantes-equivalentes), donde se presenta la mayor diferencia entre la densidad recomendada de 3 operadores por PTAR (Yáñez Cossío, 1993) y la densidad real de 0,1 operador por PTAR. Cabe mencionar que las PTAR pequeñas (menores de 10.000 habitantes-equivalentes) cuentan con una superficie de lagunas de 70 ha, lo que corresponde a la demanda de 10 hasta 20 operadores presentes diariamente en las PTAR, según la recomendación de Oakley (Oakley & Salguero, 2010).

Una posible explicación de la diferencia entre lo recomendado y la poca presencia de personal en las PTAR pequeñas (generalmente del tipo lagunas) es la falta de la medición de caudales y del tratamiento preliminar en muchas de ellas, lo cual trae como consecuencia la rápida colmatación de las lagunas y la disminución de la capacidad de tratamiento de las PTAR. La implementación del tratamiento preliminar significaría el requerimiento de personal para la limpieza diaria de rejillas y semanal de desarenadores, lo que además permitiría un monitoreo visual frecuente del proceso.

Otro factor que contribuye a la disminución de la demanda de trabajos operativos en las lagunas es el revestimiento de taludes con geomembranas para limitar el crecimiento de malezas.

En la tabla 39 se muestra la dotación de personal en algunas de las PTAR de tipo lagunas, en las que se aprecia que varía de 2 a 8 hectáreas por operador; lo recomendado por Oakley & Salguero es de 4 a 8 hectáreas por operador para este tipo de PTAR.

Las PTAR que durante la visita de campo se encontraron en mejores condiciones son las que cuentan con la presencia de un operador. Se encontraron PTAR semiabandonadas en las que los trabajos de operación y mantenimiento se realizan con intervalos de varias semanas o meses.

**TABLA 39. PERSONAL OPERATIVO DIARIO EN ALGUNAS PTAR DE LAGUNAS**

EPS	PERSONAL OPERATIVO	SUPERFICIE DE LAGUNAS		COMENTARIO
ANCÓN	< 0,5	1,2 ha	> 2,4 ha/op	CUENTA CON REJA MANUAL, DESARENADOR Y ESTACIÓN DE BOMBEO SIN PROGRAMA DE MONITOREO REVESTIMIENTO DE ARCILLA EN LA ZONA DE OLEAJE
JAUJA	2	8,4 ha	4,2 ha/op	CUENTA CON REJA MANUAL Y DESARENADOR SIN PROGRAMA DE MONITOREO, EXCEPTO LA MEDICIÓN DEL CAUDAL DEL AFLUENTE REVESTIMIENTO DE GEOMEMBRANA EN LA ZONA DE OLEAJE
CHINCHA BAJA (EL PEDREGAL)	2	8,7 ha	4,4 ha/op	
BOCA DEL RÍO	3	17,1 ha	5,7 ha/op	CUENTA CON REJA MANUAL, DESARENADOR Y ESTACIÓN DE BOMBEO SIN PROGRAMA DE MONITOREO, EXCEPTO LA MEDICIÓN DEL CAUDAL DEL AFLUENTE REVESTIMIENTO DE CONCRETO EN LA ZONA DE OLEAJE
CACHICHE	2	12,8 ha	6,4 ha/op	CUENTA CON REJA MANUAL SIN PROGRAMA DE MONITOREO, EXCEPTO LA MEDICIÓN DEL CAUDAL DEL AFLUENTE REVESTIMIENTO DE ARCILLA EN LA ZONA DE OLEAJE
SAN JOSÉ	5	35,5 ha	7,1 ha/op	CUENTA CON REJA AUTOMÁTICA, ACTUALMENTE FUERA DE SERVICIO SIN PROGRAMA DE MONITOREO, EXCEPTO LA MEDICIÓN DEL CAUDAL DEL AFLUENTE REVESTIMIENTO DE ROCAS Y CEMENTO EN LA ZONA DE OLEAJE VIGILANCIA ADICIONAL
PAMPA DE PERROS	4	28,8 ha	7,2 ha/op	CUENTA CON REJA MANUAL SIN PROGRAMA DE MONITOREO, EXCEPTO LA MEDICIÓN DEL CAUDAL DEL AFLUENTE REVESTIMIENTO DE ROCAS Y CEMENTO EN LA ZONA DE OLEAJE
JAÉN 1 + 2	1	8,6 ha	8,6 ha/op	CUENTA CON REJA MANUAL REVESTIMIENTO EN LA ZONA DE OLEAJE: 2 LAGUNAS CON GEOMEMBRANA, 4 LAGUNAS DE ARCILLA

### **5.3.2. CAPACITACIÓN DEL PERSONAL**

La mayoría de los operadores de las PTAR tienen nivel de instrucción básico (secundaria), pero no tienen formación técnica. Los operadores reciben capacitación técnica en las EPS donde laboran o en cursos externos.

Existe la iniciativa del SENATI (Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial) y del SENCICO (Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción) junto con la Cooperación Alemana, implementada por la GIZ, para la implementación de una carrera técnica para operadores de PTAP y PTAR, que se estima empezará en el 2015.

Cabe mencionar que la situación ha mejorado en el transcurso del año 2014, debido al requerimiento de la Resolución Ministerial N.º 273-2013-VIVIENDA de presentar un informe descriptivo de las PTAR en operación.

### **5.3.3. SEGURIDAD DEL TRABAJO**

La mayoría de las EPS reportó tener capacitaciones anuales o incluso mensuales. Solo una EPS reportó no haber efectuado capacitaciones frecuentes sobre aspectos de seguridad personal a los operadores.

Las EPS entregan uniformes de trabajo y equipos de seguridad personal como mascarillas, botas, zapatos de trabajo, casco, lentes, guantes y arnés de rescate; algunas EPS también entregan chalecos salvavidas (obligatorios para trabajos alrededor de los reactores del tratamiento).

Ninguna EPS tiene detector de biogás para el personal operativo de las PTAR, aun cuando la PTAR cuente con tratamiento anaerobio y frecuentemente se realicen trabajos de limpieza del pozo húmedo de las estaciones de bombeo.

Los operadores de las PTAR y los jefes de cuadrillas de mantenimiento cuentan con celular para comunicarse con sus gerentes, en algunos casos estos celulares no son de la EPS, sino de los operadores. Por lo menos en 2 EPS, los operadores no cuentan con movilidad de la empresa para realizar sus actividades operativas, por lo que utilizan vehículos privados o taxis.

### **5.4. DOCUMENTACIÓN DE LAS PTAR**

83 de 163 PTAR no cuentan con documentación, por lo que se desconocen los detalles de su construcción, tales como dimensiones de los reactores del tratamiento y valores de diseño (caudal, carga orgánica y cantidad de coliformes termotolerantes).<sup>16</sup>

A pesar de la escasa existencia de manuales de operación y mantenimiento, las EPS reportan que 91 PTAR cuentan con plan de operación y mantenimiento. En la mayoría de PTAR con operador se encontraron cuadernos de ocurrencias; las PTAR que no cuentan con operador, no los tienen.

16 Cabe mencionar que la situación ha mejorado en el transcurso del año 2014, debido al requerimiento de la Resolución Ministerial N.º 273-2013-VIVIENDA de presentar un informe descriptivo de las PTAR en operación.

## 5.5. ACTIVIDADES DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y MONITOREO

### 5.5.1. OPERACIÓN

La tabla 40 resume los indicadores referidos a la operación de las PTAR de tecnología de lagunas de estabilización (sin aireadores). La correcta operación de una PTAR se evidencia en las superficies de las lagunas limpias de sólidos flotantes (bolsas plásticas, lodo, etc.) y vegetación flotante (algas y plantas acuáticas), que debido a la sombra que producen, inhiben la producción del oxígeno en la profundidad de las lagunas. La presencia de lagunas con taludes limpios indica también que se efectúan frecuentes trabajos de operación y mantenimiento en la PTAR.

Dependiendo del diseño de la laguna y de la tecnología de remoción del lodo, el nivel del lodo debe estar siempre muy por debajo de la mitad de la profundidad de la laguna. Por lo tanto, la visibilidad de lodos sedimentados en la superficie de una laguna es un indicador de la posible colmatación avanzada de la laguna y la falta de un adecuado manejo de lodos, lo que afecta la eficiencia de las PTAR.

**TABLA 40. PTAR DE LAGUNAS CON OBSERVACIONES RESPECTO A LA OPERACIÓN**

DIQUES CON EROSIÓN, EXCAVACIONES O GRIETAS	PEDAZOS DE GEOMEMBRANA FALTANTE	CORROSIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS	INADECUADA REPARTICIÓN EN CÁMARAS DE REPARTICIÓN	FALTA DE TAPAS DE BUZONES
64	47	28	46	13

Nota: Algunas PTAR presentan más de una observación respecto a la operación.

Fuente: SUNASS

En 28 PTAR se encontraron lagunas con maleza en su interior y en 47 PTAR se encontró abundante lodo flotante. En la tabla 41 se presenta una comparación de las observaciones sobre la visible colmatación de las lagunas y la abundancia de maleza encontradas durante la elaboración del presente estudio y las que señala el diagnóstico del año 2008. A primera vista no se observa ningún progreso significativo.

**TABLA 41. COMPARACIÓN DE OBSERVACIONES DE PTAR CON LAGUNAS RESPECTO A LA OPERACIÓN**

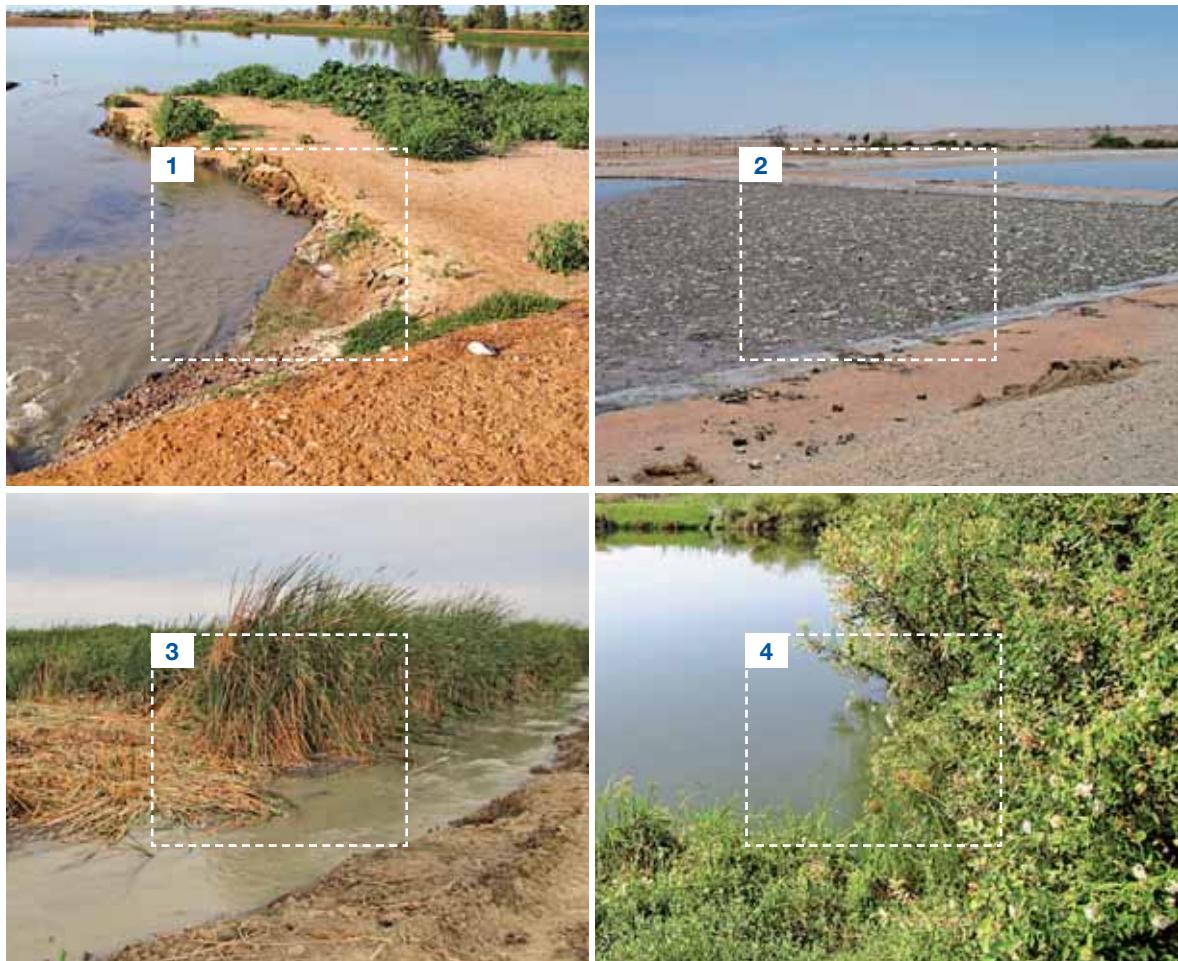
PTAR CON VISIBLE COLMATACIÓN DE LAGUNAS		PTAR CON ABUNDANCIA DE MALEZA DENTRO DE LA LAGUNA Y EN LOS TALUDES	
2013/2014	2007/2008 (MÉNDEZ VEGA & MARCHAN PEÑA, 2008)	2013/2014	2007/2008 (MÉNDEZ VEGA & MARCHAN PEÑA, 2008)
44 %	38 % + X <sup>1)</sup>	19 %	15 % + X <sup>1)</sup>

1) No se contaba con información de 29% de las PTAR.

Fuente: SUNASS, (Méndez Vega & Marchan Peña, 2008)

Los problemas encontrados son indicadores de que en la mayoría de las PTAR los trabajos de operación y mantenimiento son insuficientes, tanto en frecuencia como en intensidad y no muestran mejoras significativas respecto a la situación del año 2008.

ILUSTRACIÓN 21. OBSERVACIONES TÍPICAS RESPECTO A LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO



1. Visible colmatación de las lagunas.
2. Abundancia de material flotante.
3. Abundancia de vegetación dentro de la laguna.
4. Abundancia de vegetación en los taludes.

### 5.5.2. MANTENIMIENTO

La tabla 42 muestra las observaciones realizadas sobre el estado de la construcción de las PTAR, relevantes para la evaluación de la eficiencia del trabajo de mantenimiento. En 61 PTAR de la tecnología de lagunas se detectaron diques con muestras de erosión, lo que indica la necesidad de medidas de protección inmediata. 11 PTAR presentan ausencia de pedazos de geomembrana y, en 2 de ellas, la geomembrana faltante es la parte del fondo de la laguna, por lo que no la pueden utilizar y, por esta razón, se reduce la capacidad hidráulica de la PTAR en 50%.

La inadecuada repartición de caudales afecta la eficiencia del tratamiento y la falta de tapas de buzones genera riesgos de accidentes, especialmente debido a que muchas de las PTAR visitadas se encuentran sin cerco perimetérico (lo que permite el acceso a ellas de personas no autorizadas y de cualquier clase de animales silvestres o domésticos).

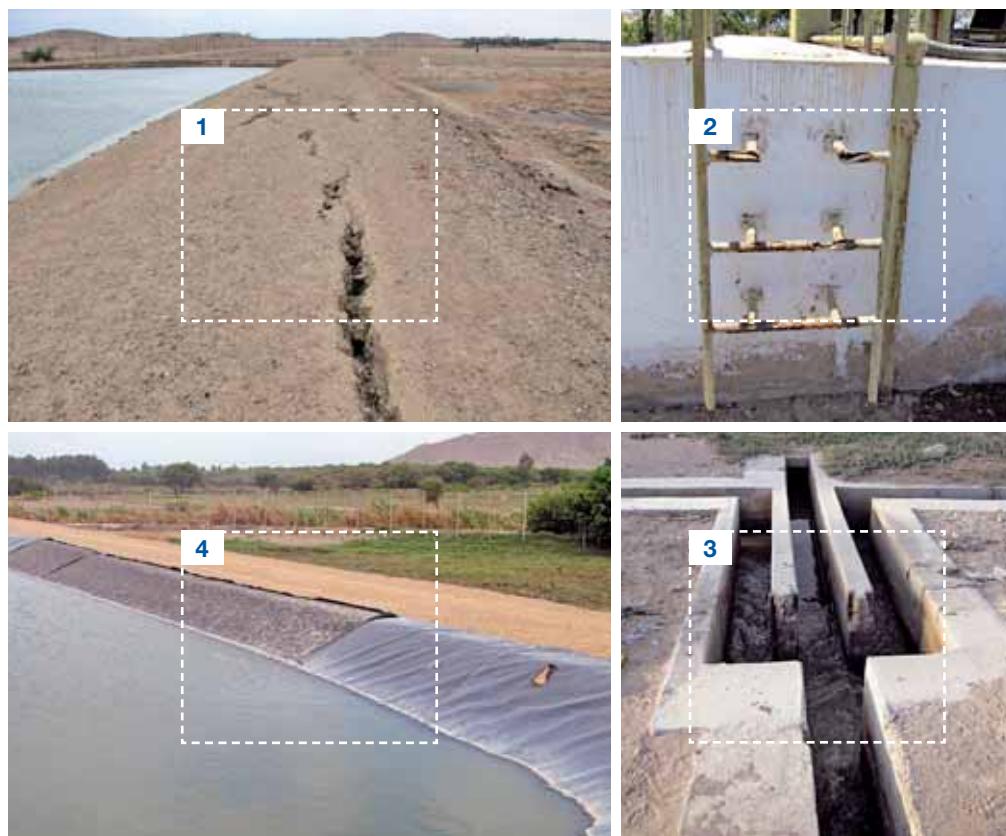
**TABLA 42. PTAR EN OPERACIÓN CON OBSERVACIONES EN LA INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS**

DIQUES CON EROSIÓN, EXCAVACIONES O GRIETAS	PEDAZOS DE GEOMEMBRANA FALTANTE	CORROSIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS	INADECUADA REPARTICIÓN EN CÁMARA DE REPARTICIÓN	FALTA DE TAPAS DE BUZONES
61	11	62	37	20

Nota: algunas PTAR presentan más de una observación respecto a la infraestructura y equipos.

Fuente: SUNASS

**ILUSTRACIÓN 22. OBSERVACIONES TÍPICAS RESPECTO A LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**



1. Diques dañados

3. Faltan elementos en la repartición del caudal

2. Corrosión de la infraestructura

4. Geomembrana destruida

### **5.5.2.1. LIMPIEZA DE SEDIMENTOS Y LODOS ACUMULADOS EN LAS LAGUNAS**

La limpieza de sedimentos y lodos acumulados es una actividad específica en los trabajos de mantenimiento de PTAR de tecnología de lagunas. Esta actividad demanda tiempo y costos elevados si es que no se realiza periódicamente desde el inicio de operación de la PTAR. La tabla 43 muestra que las EPS reportaron la limpieza de lodos de sus lagunas por lo menos una vez desde el inicio de operación de 42 PTAR.

Solo SEDAPAL cuenta con dragas para limpiar sus lagunas sin necesidad de vaciarlas.<sup>17</sup> En el caso de las otras PTAR, las EPS utilizan la propia laguna como lecho de secado para retirar el lodo acumulado seco. Este método es adecuado, siempre y cuando el diseño haya previsto que el acceso al fondo de las lagunas y el retiro de lodos se haga periódicamente, por ejemplo, cada 5 años, para que el retiro de lodos deshidratados se efectúe rápida y eficientemente.

Para secar y retirar el lodo, primero se extrae el agua residual de la laguna. Algunas EPS lo efectúan con la ayuda de equipo de bombeo, mientras que otras la dejan evaporar naturalmente. Dejar evaporar el agua residual es más económico, pero implica períodos de paralización de la laguna por varios meses, más allá de lo necesario.

**TABLA 43. EPS QUE EFECTÚAN LA BATIMETRÍA Y LA LIMPIEZA DE LODOS ACUMULADOS EN LAS LAGUNAS**

EPS	PTAR CON BATIMETRÍA	PTAR QUE RETIRÓ EL LODO ACUMULADO ALGUNA VEZ
EMAPA CAÑETE S.A.	0	1
AGUAS DE TUMBES	0	6
EMAPISCO S.A.	0	2
EPS TACNA S.A.	0	2
SEDACHIMBOTE S.A.	0	1
EPSASA	0	1
EMAPA SAN MARTÍN S.A.	1	0
SEMAPACH S.A.	0	2
EPS MOQUEGUA S.A.	0	1
SEDAPAL	2	6
EPS ILO S. A.	0	1
SEDALIB S.A.	0	4
EPSEL S.A.	0	3
SEDAPAR S.A.	1	5
EPS GRAU S.A.	0	5
SEMAPA BARRANCA S.A.	0	1
EMAPICA S.A.	0	1

Fuente: EPS

17 Desde noviembre del 2014, SEDACHIMBOTE también cuenta con dicho equipo.

Tres EPS reportan haber realizado la batimetría de alguna de sus PTAR y las restantes indican efectuar la limpieza de sus lagunas cuando se logra apreciar el lodo desde la superficie de las lagunas. Esto significa niveles de lodos entre 1.5 hasta 3 m, dependiendo del tipo de laguna. El secado de lodos acumulados a estas alturas necesita meses. Esto afecta significativamente la eficiencia de las PTAR, porque la mayoría no cuenta con suficiente capacidad de reserva para soportar la falta de la laguna evacuada. Además, la limpieza de una laguna primaria significa en muchos casos la paralización de la batería completa del tratamiento, porque normalmente no se cuenta con posibilidades de bypass por cada laguna. (Véase el acápite 4.2.9). Cabe mencionar que dos PTAR de tipo lagunas se limpian en un intervalo no mayor de 5 años, por lo cual no se realiza la batimetría.

Los costos para la limpieza dependen de la cantidad del lodo que se va a secar, del lugar de la disposición final del lodo, de la posibilidad de usar maquinaria dentro de las lagunas y de la necesidad de combinar los trabajos con la rehabilitación del revestimiento y taludes. Actualmente no existe un registro general de los costos de la remoción y disposición final de los lodos. En la mayoría de los casos, las EPS contratan terceros o personal y equipo de la municipalidad para la ejecución del trabajo.

### **5.5.3. MONITOREO**

Se distinguen entre parámetros de evaluación y parámetros de operación.

- **PARÁMETROS DE EVALUACIÓN**

Estos son parámetros de los afluentes y efluentes de la PTAR para verificar el cumplimiento de los LMP y estimar su eficiencia de tratamiento.

- **PARÁMETROS DE OPERACIÓN**

Se miden dentro del proceso del tratamiento para supervisar su funcionamiento. Constituyen parámetros de operación, entre otros, el oxígeno disuelto en los reactores del tratamiento secundario, la concentración del lodo activado en el licor del reactor aireado de una PTAR de lodos activados y el cloro residual después de la cloración del efluente.

Parámetros fundamentales de operación son también, en el caso de lagunas, los resultados de los cálculos y planos de batimetría, aparte del monitoreo de la apariencia visual de las lagunas.

El monitoreo de los parámetros de operación es menos común en las EPS que el monitoreo de los parámetros de evaluación. Esta situación tiene su explicación en:

- La falta de personal operativo en las PTAR
- La falta de equipo (canoa, lancha, balsa, etc.) e instrumentos de medición de campo
- La falta de mantenimiento de equipos de mediciones en línea, como se detectó en la mayoría de las PTAR de lagunas aireadas de SEDAPAL, donde no funcionan los instrumentos de medición en línea de oxígeno disuelto y del valor del pH.

## DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁMBITO DE OPERACIÓN DE LAS ENTIDADES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO

En general, se comprobaron actividades de monitoreo de parámetros de operación solo en algunas EPS, como SEDAPAL, SEDALIB S.A. y SEDACUSCO S.A.. La tabla 44 y 45 muestran las recomendaciones efectuadas para el monitoreo de los parámetros de evaluación y operación de PTAR por el CEPIS y von Sperling, y el resumen de algunas leyes de autocontrol para la operación de PTAR de Alemania.

Los programas de monitoreo propuestos dan al operador una impresión fiable sobre el funcionamiento y permiten la identificación de problemas dentro de la PTAR. Los programas se diferencian de acuerdo con el tamaño de la PTAR y el impacto ambiental que puedan presentar. Se proponen parámetros adicionales y frecuencias de análisis mayores que el protocolo de monitoreo establecido en la Resolución Ministerial N.º 273-2013-VIVIENDA.

Solo en muy pocas PTAR de las EPS, el programa de monitoreo efectuado se acerca a las recomendaciones básicas de las tablas 44 y 45. Cabe mencionar que durante las visitas de campo se revisaron los manuales de operación de 7 PTAR de diversos tipos de tecnología (lagunas de estabilización, lodos activados y RAFA), entregados por las empresas constructoras de las PTAR a la EPS y se observó que ninguna EPS cumple con el programa propuesto en los manuales de la PTAR.

**TABLA 44. FRECUENCIA DEL MONITOREO RECOMENDADO DE UNA PTAR DE LAGUNAS FACULTATIVAS SEGÚN EL CEPIS (2005) Y VON SPERLING (2007)**

LUGAR	PARÁMETRO	PARÁMETRO	MEDIO	AVANZADO	VON SPERLING, 2007 <sup>1)</sup>
AFLUENTE (DESPUÉS DEL DESARENADOR) Y EFLUENTE	CAUDAL	1/DÍA (AFLUENTE) 1/DÍA (EFLUENTE)	CADA 6 HORAS (AFLUENTE) 1/DÍA (EFLUENTE)	CONTINUO (AFLUENTE) CADA 8 HORAS (EFLUENTE)	1/DÍA (AFLUENTE) 1/DÍA (EFLUENTE)
	TEMPERATURA DEL AGUA				
	PH				
	SÓLIDOS SEDIMENTABLES		1/2 MESES	1/SEM	
	DBO5,TOTAL	1/4 MESES	1/2 MESES	1/SEM	1/4 MESES
	DQOTOTAL	1/4 MESES	1/2 MESES	1/SEM	1/4 MESES
	DBO5,FILTRADO	1/4 MESES	1/2 MESES	1/SEM	1/4 MESES
	DQOFILTRADO		1/2 MESES	1/SEM	
	SSTTOTAL		1/2 MESES	1/SEM	
	SST VOLÁTIL		1/2 MESES	1/SEM	
	NITRÓGENO ORGÁNICO		1/2 MESES	1/SEM	
	NITRÓGENO AMONIACAL		1/2 MESES	1/SEM	
	NITRÓGENO DEL NITRATO				
	FÓSFORO		1/2 MESES	1/SEM	
	SULFATO				
	SULFITO				
	ALCALINIDAD				
LAGUNA	ACEITES Y GRASAS		1/2 MESES	1/SEM	
	COLIF. FEC. TERMO.	1/4 MESES	1/2 MESES	1/SEM	1/4 MESES
	HUEVOS DE HELMINTOS			1/MES	
	TEMPERATURA DEL AGUA	1/MES	1/SEM	1/MES	1/MES
	PH	1/SEM	CADA 2 DÍAS	1/DÍA	1/SEM
	OXÍGENO DISUELTO	1/MES	3/MES	1/DÍA	1/MES

**TABLA 45. FRECUENCIA DEL MONITOREO DE PTAR SEGÚN LAS LEYES DE AUTOCONTROL DE PTAR DE ALEMANIA (REQUERIMIENTOS MÍNIMOS, SIN TRATAMIENTO DE LODOS)**

LUGAR	PARÁMETRO	5.001 < 20.000 HABITANTES	20.001 < 50.000 HABITANTES	50.001 < 100.000 HABITANTES	> 100.000 HABITANTES
AFLUENTE = AFLU. (DESPUES DEL DESARENADOR) Y EFLUENTE = EFLU.	CAUDAL	CONTINUO (AFLU.) CONTINUO (EFLU.)	CONTINUO (AFLU.) CONTINUO (EFLU.)	CONTINUO (AFLU.) CONTINUO (EFLU.)	CONTINUO (AFLU.) CONTINUO (EFLU.)
	PH	CONTINUO (AFLU.) 1/SEM (EFLU.)	CONTINUO (AFLU.) 1/SEM (EFLU.)	CONTINUO (AFLU.) 2/SEM (EFLU.)	CONTINUO (AFLU.)
	DBO5,TOTAL	12/AÑO (AFLU.) 12/AÑO (EFLU.)	2/MES (AFLU.) 2/MES (EFLU.)	2/MES (AFLU.) 1/SEM (EFLU.)	1/SEM (AFLU.) 1/SEM (EFLU.)
	DQOTOTAL	12/ AÑO (AFLU.) 6/AÑO (EFLU.)	2/MES (AFLU.) 2/MES (EFLU.)	2/MES (AFLU.) 1/SEM (EFLU.)	1/SEM (AFLU.) 1/SEM (EFLU.)
	SSTTOTAL	1/SEM (EFLU.)	1/SEM (EFLU.)	1/SEM (EFLU.)	1/SEM (EFLU.)
	SÓLIDOS SEDI-MENTABLES	1/SEM (AFLU.) 1/DÍA HÁBIL (EFLU.)	CADA 2 DÍAS HÁBILES (AFLU.) 1/DÍA HÁBIL (EFLU.)	1/DÍA (AFLU.) 1/DÍA HÁBIL (EFLU.)	1/DÍA (AFLU.) 1/DÍA HÁBIL (EFLU.)
	NITRÓGENO TOTAL	12/AÑO (AFLU.)	2/MES (AFLU.) 1/MES (EFLU.)	2/MES (AFLU.)	1/SEM (AFLU.)
	FÓSFORO	12/AÑO (AFLU.) 12/AÑO (EFLU.)	2/MES (AFLU.) 1/SEM (EFLU.)	2/MES (AFLU.) 1/SEM (AFLU.)	1/SEM (AFLU.) 1/SEM (AFLU.)
TANQUE DE AIREACIÓN (LODOS ACTIVADOS, MBBR)	TEMPERATURA	1/DÍA HÁBIL (EFLU.)	1/DÍA HÁBIL (EFLU.)	1/DÍA HÁBIL (EFLU.)	1/DÍA HÁBIL (EFLU.)
	OXÍGENO DISUELTO	CADA 2 DÍAS	CONTINUO	CONTINUO	
	SSTTOTAL	2/SEM	1/DÍA HÁBIL	2/SEM	1/DÍA HÁBIL
	SÓLIDOS SEDI-MENTABLES	1/DÍA	2/SEM	1/DÍA HÁBIL	1/DÍA
	MICROBIOLOGÍA	2/AÑO	1/MES	2/SEM	1/SEM
	ALCALINIDAD	1/SEM	1/DÍA HÁBIL	1/DÍA	1/DÍA
	NO3-N	1/MES	1/DÍA HÁBIL	1/DÍA HÁBIL	1/DÍA
	NIVEL DEL LODO	1/DÍA HÁBIL	1/DÍA HÁBIL	1/DÍA	1/DÍA
	MICROBIOLOGÍA		2/SEM	2/SEM	1/DÍA HÁBIL
	NIVEL DEL LODO	CADA 5 AÑOS	CADA 5 AÑOS	CADA 5 AÑOS	CADA 5 AÑOS

Fuentes: (Bayerische Staatsregierung, 1995), (Ministerium für Landwirtschaft, 2011) y (Bundesland Hessen, 2010)

### 5.5.3.1. SUPERVISIÓN EXTERNA POR LAS AUTORIDADES

Algunas EPS reportaron supervisiones y monitoreos esporádicos efectuados por la ANA y DIGESA, sobre todo en caso de riego de áreas verdes o reclamos de la población por la presencia de vectores en los alrededores de la PTAR. Ninguna EPS reportó supervisión o monitoreo por parte del MVCS, el cual no cuenta con un programa de fiscalización de los efluentes de las PTAR.

### 5.5.3.2. CAPACIDADES DE LOS LABORATORIOS ACREDITADOS

La implementación del monitoreo y control de los LMP del efluente de la PTAR, así como de la normatividad de los VMA requiere el análisis de los parámetros regulados en laboratorios acreditados por el INDECOP (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de Protección de la Propiedad Intelectual).

Se verificó la existencia de 6 laboratorios acreditados por el INDECOP<sup>18</sup> con capacidad para analizar los 23 parámetros de los VMA y 7 laboratorios con capacidad para analizar los 7 parámetros de los LMP de efluentes de PTAR. La mayoría de estos laboratorios se encuentran en Lima.

18 A la fecha (1/9/2014), verificado a través de la página web del INDECOP.



# **6.**

---

## **COSTOS DE LAS PTAR EN LAS TARIFAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO**

## 6. COSTOS DE LAS PTAR EN LAS TARIFAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

### 6.1. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

La mayoría de las PTAR nuevas no son construidas por las EPS (a excepción de la PTAR de Cusco y algunas de SEDAPAL y SEDAPAR S.A.), sino por el gobierno central, regional o local, así como por terceros (internacionales y nacionales, estatales y privados), con fondos no reembolsables (donaciones), quienes transfieren la PTAR a la EPS después de construida, por lo que en muchas de las PTAR recientemente construidas la EPS no ha tenido participación en ninguna etapa de la construcción (revisión de la tecnología seleccionada, supervisión de la ejecución de obras, etc.).

Los costos de las inversiones no efectuadas con recursos propios de las EPS no se incorporan en los estados financieros, como tampoco en las tarifas de agua y alcantarillado. En el pasado, algunas EPS ejecutaron obras de inversión con recursos del FONAVI, por lo que actualmente tienen deudas elevadas.



PTAR San Antonio de Carapongo: Afluente a la PTAR (izquierda) y efluente de la PTAR (derecha)

### 6.1.1. COSTOS DE REINVERSIÓN

Las obras civiles de las PTAR tienen una vida útil entre 20 y 40 años y los equipos electromecánicos entre 8 y 12 años. En teoría, los costos de renovación de una PTAR y sus componentes después de su vida útil deberían ser incluidos en los costos del servicio de alcantarillado.

Como la mayoría de las PTAR se construyen con donaciones y, como tal, sus costos de inversión no se consideran en las tarifas, las EPS solo ejecutan pequeñas inversiones para la renovación, como puede ser el cambio de geomembranas de una PTAR, y al final de la vida útil de la infraestructura se ven en la necesidad de solicitar nuevas donaciones.

### 6.1.2. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

No es parte de este estudio la evaluación de los costos de operación y mantenimiento de las PTAR. Sin embargo, en los anexos que contienen el diagnóstico situacional de cada EPS se incluye información sobre los costos del tratamiento de aguas residuales considerados en las tarifas.

Las tarifas del servicio de agua potable y alcantarillado son establecidas por la SUNASS e incorporan los costos de operación y mantenimiento de las PTAR, sobre la base de las proyecciones efectuadas por la EPS en su Plan Maestro Optimizado. Las EPS proyectan los costos de operación y mantenimiento de las PTAR sobre la base de sus costos reales de los últimos años.

Este sistema de definición de costos presenta los siguientes problemas:

- Costos estimados demasiado bajos debido a una operación inadecuada de la PTAR. Con estos costos la EPS no puede financiar una operación adecuada, lo que ocasiona un mayor deterioro de las PTAR. Para evitar esta situación se deben incorporar costos mínimos para la operación y mantenimiento de la PTAR y se debe efectuar una frecuente supervisión de las PTAR.
- El monto calculado por las EPS, para la operación y mantenimiento de las PTAR, puede finalmente no ser empleado para este fin. Actualmente, no se cuenta con una herramienta para fiscalizar y sancionar las posibles diferencias entre lo proyectado y lo realmente utilizado.

Como información general sobre los costos de operación y mantenimiento, en la tabla 46 se muestran experiencias y cálculos internacionales para diferentes tecnologías según varios autores.

**DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁMBITO DE  
OPERACIÓN DE LAS ENTIDADES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO**

**TABLA 46. COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA DIFERENTES SISTEMAS  
DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS**

PROCESO DE TRATAMIENTO	COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
	\$US/ (AÑO PER CÁPITA)
TAMIZ ROTATIVO	0,1 – 0,151)
LAGUNAS CONVENCIONALES	0,8 – 1,54), (0,2 – 0,4)1), 0,675)
LAGUNAS ANAEROBIAS CUBIERTAS CON POSTTRATAMIENTO CON MEZCLADORES	0,8 – 1,54) , (0,2 – 0,4)1)
LAGUNAS FACULTATIVAS (CON MEZCLADORES)	
LAGUNAS ANAEROBIAS + LAGUNAS FACULTATIVA + LAGUNAS DE MADURACIÓN (PULIMENTO)	1,0 – 2,04)
LAGUNAS AIREADAS1)	2 – 3,54), (1,7)3)
RAFA (UASB)	1 – 1,51), 2)
RAFA (UASB) + LAGUNAS	1,8 – 3 3), (1 – 1,5)1), 1,225)
RAFA (UASB) + LODOS ACTIVADOS	2,5 – 52)
RAFA (UASB) + FILTRO ANAEROBIO	1 – 1,51), 1,5 – 2,22)
RAFA (UASB) + FILTRO DE ARENA	1 – 1,51)
RAFA (UASB) + FILTRO PERCOLADOR	2 – 32)
FILTROS ANAEROBIOS	0,8 – 11)
TRATAMIENTO PRIMARIO OPTIMIZADO POR COMPUESTOS QUÍMICOS	1,5 – 21)
TRATAMIENTO PRIMARIO OPTIMIZADO POR COMPUESTOS QUÍMICOS + FILTRO DE ARENA	1 – 21)
HUMEDALES	1 – 1,51)
EMISARIO SUBMARINO	0,1 – 0,151)
LODOS ACTIVADOS	4 – 81), 4,465)
FILTRO PERCOLADOR	2 – 41), 1,235)
SISTEMA DE RESERVORIOS DE ESTABILIZACIÓN	0,2 – 0,41)
DESINFECCIÓN	0,2 – 0,62)

Fuentes: 1) (Libhaber & Orozco-Jaramillo, Sustainable Treatment and Reuse of Municipal Wastewater, For Decision Makers and Practicing Engineers, 2012), internacional, 2) (Chernicharo, 2006) para Brasil, 3) (Moscoso Cavallini, 2011) para Perú,4) (von Sperling, 2007) para Brasil, 5) (Wagner, 2010) para Bolivia y PTAR de 100.000 habitantes-equivalentes

Con la ayuda de los valores de la tabla 46 se puede estimar que los costos anuales para la adecuada operación y mantenimiento de las 163 PTAR es de aproximadamente 86 millones de nuevo soles por año (considerando la capacidad instalada de las PTAR en habitantes - equivalentes y los valores medios de los costos para lagunas de 1,15 \$US/año cápita, para filtros percoladores de 2 \$US/año cápita y para lodos activados de 6 \$US/año cápita).

### **6.1.2.1. PROBLEMAS DE PTAR DE TECNOLOGÍA AVANZADA POR COSTOS ELEVADOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Los costos elevados se originan más que todo por el consumo de energía eléctrica y por los costos anuales de mantenimiento de los equipos electromecánicos (2 a 3% del costo de inversión (Kloss, 2012)). Si se efectúa una comparación de estos costos con los del mantenimiento de lagunas que cuentan solo con obra civil para el tratamiento (con costos de mantenimiento entre 0,2 a 0,5% de la inversión (Wagner, 2010)), las PTAR con tecnologías apropiadas, como las lagunas, presentan menores costos de mantenimiento.

La tabla 47 señala algunos problemas de operación debido a los mayores costos de operación y mantenimiento de las PTAR registrados respecto a lo proyectado.

**TABLA 47. PTAR CON PROBLEMAS DE OPERACIÓN POR ELEVADOS COSTOS OPERATIVOS CAUSADOS POR LA TECNOLOGÍA DEL TRATAMIENTO**

<b>EPS</b>	<b>PTAR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
EPS ILO S.A.	MEDIA LUNA	LA EPS NO OPERA LA LAGUNA PRIMARIA COMO LAGUNA AIREADA, SEGÚN EL DISEÑO, SINO COMO LAGUNA ANAEROBIA PARA AHORRAR COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE APROXIMADAMENTE 1 MILLÓN DE NUEVOS SOLES POR AÑO (SEGÚN LA INFORMACIÓN DE LA EPS). LA PTAR MUESTRA INDICADORES DE SOBRECARGA Y REPORTA RECLAMOS POR EMISIÓN DE OLORES.
SEDALIB S.A.	COVICORTI	LA EPS OPERÓ LA LAGUNA AIREADA DURANTE LA VISITA EN DICIEMBRE DEL 2013 CON SOLO LA MITAD DE LOS AIREADORES PREVISTOS SEGÚN EL DISEÑO, PORQUE SEGÚN SU GERENCIA DE OPERACIONES NO SE CONTABA CON SUFICIENTE PRESUPUESTO PARA REPARAR O REMPLAZAR LOS EQUIPOS. LA PTAR MUESTRA INDICADORES DE SOBRECARGA.
EPS MANTARO S.A.	CONCEPCIÓN	EN ABRIL DE 2014, LA EPS REALIZABA LA AIREACIÓN DE LOS TANQUES DE LODOS ACTIVADOS ENTRE 0,5 Y 4 HORAS POR DÍA, CON LO CUAL EL TRATAMIENTO NO ES EFICIENTE. SEGÚN LA EPS, LOS COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA SON DEMASIADO ALTOS.
EMAPA Y S.R.L.	YUNGUYO	SOLO LOS COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA SIGNIFICAN COSTOS MENSUALES ADICIONALES DE 1 NUEVO SOL POR PERSONA SERVIDA. LA PTAR DE LODOS ACTIVADOS NO FUE RECIBIDA POR LA EPS.

Fuente: EPS. Elaboración: SUNASS



# **7.**

---

## **TRATAMIENTO ANAEROBIO Y REÚSO DE LOS EFLUENTES DE PTAR COMO OPCIÓN PARA LA MEJORA DE LA SITUACIÓN EXISTENTE**

## 7. CONSIDERACIONES PARTICULARES

### 7.1. LA APLICACIÓN DEL TRATAMIENTO ANAEROBIO EN LAS PTAR DE LAS EPS

Según la norma técnica peruana OS.090, el tratamiento anaerobio de las aguas residuales es una opción sencilla y fiable para aguas residuales domésticas con temperaturas mayores de 15 °C.

Sin embargo, la norma técnica de diseño para sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de Bolivia, NB688, permite la aplicación de lagunas anaerobias para temperaturas promedio de agua menores de 8 °C; por ejemplo, en regiones con alturas mayores de 4.000 m.s.n.m.

**TABLA 48. COMPARACIÓN DEL TRATAMIENTO ANAEROBIO Y AEROBIO DE AGUAS RESIDUALES**

TRATAMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ANAEROBIO	BAJO CONSUMO DE ENERGÍA.	REQUERIMIENTO DE TEMPERATURA > 15 °C.
	BAJO CONSUMO DE ENERGÍA.	BAJA PRODUCCIÓN DE LODOS, QUE ORIGINA LA NECESIDAD DE MAYOR TIEMPO PARA LA PUESTA EN MARCHA SI NO SE CUENTA CON BIOMASA ANAEROBIA PARA INOCULAR EN EL PROCESO.
	PRODUCCIÓN DE BIOGÁS, QUE PERMITE A LA PTAR GENERAR SU PROPIO REQUERIMIENTO DE ENERGÍA E INCLUSO SUMINISTRAR ENERGÍA RENOVABLE APTA PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA O ENERGÍA TÉRMICA.	EMISIÓN DE OLORES EN CASO DE QUE EL GAS METANO NO SEA CAPTADO PARA USO ENERGÉTICO.
	POSIBILIDAD DE PRESERVACIÓN DE LA BIOMASA EN CASO DE INTERRUPCIÓN DEL CAUDAL O DE LA CARGA ORGÁNICA.	NECESIDAD DE POSTRATAMIENTO.
	BAJO CONSUMO DE NUTRIENTES.	BAJA REMOCIÓN DE NUTRIENTES <sup>1)</sup>
	MAYOR REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA POR VOLUMEN Y SUPERFICIE DE TRATAMIENTO, LO QUE REQUIERE MENOR EXTENSIÓN DE TERRENO EN COMPARACIÓN CON CUALQUIER TIPO DE LAGUNAS O TANQUES IMHOFF.	EMISIÓN DE OLORES EN CASO DE QUE EL GAS METANO NO SEA CAPTADO PARA USO ENERGÉTICO.
AEROBIO	BUENA REMOCIÓN DE NUTRIENTES.	ELEVADO CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.
	NO REQUIERE TRATAMIENTO FINAL (DBO5).	ALTA PRODUCCIÓN DE LODOS.
	MÍMINA EMISIÓN DE OLORES.	LA BIOMASA REQUIERE ALIMENTACIÓN CONTINUA (NO ADMITE INTERRUPCIONES DE CAUDAL NI CARGA ORGÁNICA).
	MICROORGANISMOS MENOS SENSIBLES AL INGRESO DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN COMPARACIÓN CON LOS TRATAMIENTOS ANAEROBIOS.	

1) En el caso de reuso del efluente para riego, los nutrientes pueden reemplazar el abono artificial; sin embargo, su concentración puede ser demasiado alta para la necesidad del cultivo, lo que causa problemas.

Considerando las ventajas del tratamiento anaerobio (véase la tabla 48), se recomienda que sea evaluado como parte de las posibles tecnologías que se pueden seleccionar para los diseños de nuevas PTAR y de ampliaciones de las existentes. En caso de que se diseñe el tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas, se debe considerar la necesidad de un postratamiento, como en las lagunas facultativas/aerobias, filtros percoladores, etc. para cumplir los LMP de la DQO, DBO<sub>5</sub>, sólidos suspendidos y coliformes termotolerantes.

Un aspecto importante que se debe considerar es la emisión de olores cuando el biogás producido en el tratamiento anaerobio no es captado y quemado, ni se aprovecha energéticamente, procedimiento que es estándar en Europa y otras regiones del mundo.

Las combinaciones de tecnología anaerobia con postratamiento, que se muestran en la tabla 46 representan las soluciones más económicas en cuanto a costos de operación y mantenimiento, así como en costos de inversión (Libhaber & Orozco-Jaramillo, 2012), por lo que constituyen buenas opciones de tratamiento.

En las EPS, 38 PTAR cuentan con procesos de tratamiento anaerobio (véase la tabla 49). En la única PTAR en la que se utiliza parte de la energía del biogás para el calentamiento del digestor mismo y el resto del gas se quema es la PTAR con digestor anaerobio de SEDACUSCO S.A.. En 3 PTAR se colecta y quema el biogás. Las restantes PTAR con procesos de tratamiento anaerobio no cuentan con sistema de recolección ni de quemado del biogás, siendo este liberado al ambiente.

El valor energético que se deja de aprovechar del biogás en las 3 PTAR con lagunas anaerobias con captación y quemado del biogás se estima en 21 MWh/d (considerando la carga de la DQO de 23.000 kg/d).

**TABLA 49. NÚMERO DE PTAR CON APLICACIÓN DE PROCESOS ANAEROBIOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y LODOS**

TANQUE IMHOFF		LAGUNA ANAEROBIA		RAFA		DIGESTIÓN ANAEROBIA DE LODOS	
N.º TOTAL	N.º CON CAPTACIÓN Y QUEMADO DEL GAS	N.º TOTAL	N.º CON CAPTACIÓN Y QUEMADO DEL GAS	N.º TOTAL	N.º CON CAPTACIÓN Y QUEMADO DEL GAS	N.º TOTAL	N.º CON CAPTACIÓN Y QUEMADO DEL GAS
7	0	28	3	3	1	1	1

Fuente: SUNASS

Las PTAR Huáscar, J. C. Tello y Carapongo, operadas por SEDAPAL, originalmente eran de tipo lagunas aireadas o lagunas facultativas en condiciones de carga muy elevada, por lo que se les incorporó lagunas anaerobias para mejorar su eficiencia, considerando un recubrimiento adecuado de las unidades, junto con la recolección y quemado del biogás. Estas PTAR operan sin presentar problemas de emisión de olores, por lo que esta experiencia podría ser replicada en otras PTAR del país en condiciones similares.

### **7.1.1. AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LAS PTAR POR EL CAMBIO DE LAGUNAS FACULTATIVAS A LAGUNAS ANAEROBIAS**

Si se efectúa la ampliación de la capacidad de tratamiento hidráulico y orgánico de una PTAR de tipo lagunas facultativas, mediante la incorporación de un tratamiento anaerobio al proceso de la PTAR, los costos de la ampliación serán mucho menores que los que implicaría la ampliación con tecnologías de tipo avanzado. Cabe señalar que los costos de operación y mantenimiento de la tecnología anaerobia también son menores que los de las tecnologías avanzadas. La tecnología anaerobia en comparación con las lagunas facultativas tiene como ventaja la producción de biogás y la menor necesidad de terreno para efectuar las ampliaciones.

La incorporación de una laguna anaerobia requiere 20 a 30% del terreno que sería necesario para una laguna facultativa y obtiene una eficiencia de remoción 50% mayor de la carga orgánica (DBO5) del afluente. Por lo tanto, la incorporación de un tratamiento anaerobio en una PTAR de lagunas facultativas es una alternativa para la ampliación de PTAR de lagunas facultativas existentes con más de dos lagunas facultativas en serie de superficies iguales (diseño típico de las PTAR del país), en las que se puede doblar la carga orgánica de diseño y transformar la laguna facultativa primaria en una laguna anaerobia (con eficiencia de remoción de la DBO5 de por lo menos 50%).

La eventual necesidad de la desinfección adicional después de la transformación de la PTAR (por insuficientes tiempos de retención) se podría cubrir con la desinfección química del efluente o con la construcción de lagunas de pulimento.

Se han detectado 48 PTAR donde existe, en el caso de necesitarlo, la posibilidad de efectuar la ampliación de la capacidad del tratamiento de la carga orgánica mediante la transformación de la laguna facultativa primaria en una laguna anaerobia, seguida por la laguna secundaria facultativa existente. Lo cual significaría un aumento en la capacidad de tratamiento de la carga orgánica en el país de aproximadamente 500.000 habitantes-equivalentes y se estima que la producción de biogás podría tener un valor energético aproximado de 45 MWh/d.

### **7.1.2. IMPACTO EN EL EFECTO INVERNADERO POR EL TRATAMIENTO ANAEROBIO**

El metano producido en el tratamiento anaerobio tiene un impacto en el efecto invernadero 21 veces mayor que el del CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono). La captación y quemado o uso del biogás producido asegura que el tratamiento anaerobio no sea un emisor de gases con impacto para el efecto invernadero. En el caso de uso del biogás, la energía generada reduce, a la vez, la demanda de otro tipo de energía fósil.

## 7.2. OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA CUMPLIR EL REQUERIMIENTO DE LOS LMP

Se ha identificado que la mayoría de las PTAR sin desinfección química o por luz ultravioleta no cumple y no puede cumplir el LMP de coliformes termotolerantes para el vertimiento a cuerpos de agua, principalmente por el período de retención en las PTAR de tecnología de lagunas (véase el acápite 5.1.1).

Para cumplir el LMP de coliformes termotolerantes existen las siguientes opciones:

- La ampliación de los sistemas de tratamiento con lagunas de pulimento
- Buscar soluciones de descarga del efluente de la PTAR sin necesidad de cumplir el LMP
- La modificación del parámetro de coliformes termotolerantes como LMP
- La implementación de la desinfección (química, luz ultravioleta).

### 7.2.1. AMPLIACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO CON LAGUNAS DE PULIMENTO

Los costos de terrenos cercanos a los centros poblados y adecuados para una PTAR han crecido en los últimos años debido a la mayor presión por terrenos libres. Por ello, la opción de la ampliación de las PTAR con la tecnología actual de tratamiento secundario por lagunas facultativas tiene su límite.

Existen dos posibilidades:

#### ■ **Posibilidad 1**

Elegir la tecnología que permita reducir el espacio para la ampliación con un tratamiento sencillo y con bajos costos de operación, como son los reactores anaerobios con captación y uso del biogás (UASB/RAFA, tanques Imhoff o lagunas anaerobias). Esta posibilidad permite reducir 30% del espacio necesario para la ampliación cuando se trata de un tanque Imhoff, hasta 50% en caso de lagunas anaerobias y entre 60 y 70% en caso de los RAFA según (Kloss, 2012).

#### ■ **Posibilidad 2**

Elegir la tecnología que permita reducir el espacio para la ampliación por la selección de sistemas de tratamiento con mayor aplicación de tecnología, que requieren personal con mayor nivel de instrucción en procesos de tratamiento y que generan mayores costos de operación, así como (normalmente) mayores costos de inversión. Los sistemas más económicos de estos sistemas son los filtros percoladores y discos rotativos.

En el caso de requerir la remoción de nutrientes, especialmente de nitrógeno, la tecnología de lodos activados puede ser una opción. Sin embargo, también en este caso sería recomendable tratar primero el agua residual con alguna de las tecnologías de la posibilidad 1 y remover la carga restante y el nitrógeno como un postratamiento de lodos activados, lo que reduciría los costos de inversión y de operación y mantenimiento.

Se recomienda siempre aprovechar primero la posibilidad 1 antes de optar por la posibilidad 2. Es importante indicar que de todas maneras se requiere terreno para la construcción de sistemas naturales de desinfección, como son las lagunas de pulimento (profundidad de 1,50 m y flujo de pistón con pantallas).

En el caso del reúso del efluente para riego se puede requerir terreno para la construcción de reservorios de mayor profundidad, como los utilizados en varios lugares de Israel, que sirven a la vez como almacenamiento de agua para riego y para el pulimento del efluente (véase el acápite 7.2.2.1). Los sistemas de pulimento, debidamente diseñados (con un tiempo de retención mayor de 10 días) permiten, a la vez, la remoción fiable de los huevos de helmintos.

### **7.2.2. BUSCAR OPCIONES QUE NO REQUIEREN EL CUMPLIMIENTO DE LOS LMP**

Existen dos posibilidades para evitar la necesidad del cumplimiento de los LMP, según el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM:

- Usar el efluente de la PTAR para irrigación agrícola (véase el acápite 7.2.2.1).
- Incorporar un emisario submarino para el vertimiento del efluente en el diseño de la PTAR (véase el acápite 7.2.2.2).

#### **7.2.2.1. REÚSO DE LOS EFLUENTES DE LA PTAR PARA LA IRRIGACIÓN**

Los parámetros relevantes para evaluar si las aguas residuales son aptas para el reúso agrícola son:

- Microorganismos patógenos
- Huevos de helmintos
- Parámetros químicos.

#### **PARÁMETROS QUÍMICOS**

---

Si el alcantarillado sanitario cumpliera los VMA y las fuentes de agua potable de la localidad son potabilizadas, no se debería encontrar en las aguas residuales domésticas sustancias tóxicas para los cultivos o que pudieran afectar la salud de los agricultores y consumidores de los productos agrícolas.

El contenido de ciertos parámetros químicos en el agua residual tratada, como salinidad, nutrientes como el nitrógeno y algunos minerales como el natrón y el boro, pueden limitar la elección de cultivos que se van a regar (Pescod, 1992) y también la posibilidad de riego en lugares que por irrigación excesiva o inadecuada el agua residual tratada puede filtrarse en la napa freática.

En la mayoría de los afluentes de las PTAR se encontró la conductividad entre 1.000 y 2.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , considerando que esta conductividad se incrementa por efecto de la evaporación en las PTAR de lagunas (10% aproximadamente); se espera que la concentración de sales en los efluentes de las PTAR sean aceptables para el riego de una gran variedad de cultivos, más aún, si se utiliza agua fresca para la dilución de algún parámetro que limite el cultivo.

Las PTAR que se muestran en la tabla 50, todas ellas ubicadas en la costa, presentan conductividad elevada en su afluente.

**TABLA 50. PTAR CON ELEVADAS CONDUCTIVIDADES EN EL AFLUENTE**

PTAR	CONDUCTIVIDAD ( S/CM)
PUERTO PIZARRO	> 20.000
SANTA ROSA	> 16.000
MEDIA LUNA	9600
CALETA SAN JOSÉ	7000
LAS GAVIOTAS	4400

Fuente: SUNASS

El parámetro nitrógeno total en los efluentes de las PTAR de tipo lagunas de Puno y Juliaca varía entre 60 hasta 100 mg/L, según los datos de monitoreo del 2013 de la PTAR El Espinar de EMSA PUNO S.A. y la caracterización de las aguas residuales del sistema de lagunas de oxidación de Juliaca (Gutierrez Díaz, Atencio Ardiles, & Guerra Díaz, 2011). Debe mencionarse que las PTAR de Puno y Juliaca están altamente sobrecargadas.

Marco von Sperling (2007) señala que las PTAR de tipo lagunas presentan remoción de nitrógeno total entre 30 y 50%, para condiciones similares a la mayoría de las PTAR del país; por lo tanto, se pueden esperar concentraciones cercanas de 45 mg/L en el efluente de una PTAR de lagunas (considerando en el afluente una concentración promedio de 75 mg/L de nitrógeno total según la OS.090). El riego continuo con estas concentraciones de nitrógeno puede dañar los cultivos agrícolas, por lo cual estos efluentes necesitarían dilución o limitar el riego a algunas fases vegetativas del cultivo, dependiendo del cultivo.

Una concentración de 45 mg/L nitrógeno total en el efluente equivale aproximadamente al valor del fertilizante (S/. 0,21 /m<sup>3</sup>, considerando un precio del fertilizante mineral nitrato de amonio de S/. 4,6 /kg de nitrógeno).

La concentración de fósforo total en el efluente de las PTAR de lagunas de EMSA PUNO S.A., SEDAJULIACA S.A. y ATUSA varía entre 6 y 20 mg/L, según los datos de monitoreo del 2013 de la PTAR El Espinar de EMSA PUNO S.A. y la caracterización de las aguas residuales del sistema de lagunas de oxidación de Juliaca (Gutierrez Díaz, Atencio Ardiles, & Guerra Díaz, 2011) y el estudio hidrobiológico y evaluación ambiental de ATUSA (Villar Lambruschini & Jara Díaz, 2007). Marco von Sperling (2007) señala que en PTAR de lagunas la remoción de fósforo total es de 10 a 35%. Por lo que se espera concentraciones entre 10 a 15 mg/L en el efluente de una PTAR de lagunas (cuando la concentración promedio del afluente es de 20 mg/L según la OS.090).

Una concentración de 20 mg/L de fósforo total en el efluente equivale al valor del fertilizante (roca fosfórica): aproximadamente S/. 0,1 soles/m<sup>3</sup>, considerando un precio del fertilizante mineral de S/. 7 a 8 nuevos soles por kilo de fósforo (sin considerar la accesibilidad real del elemento para las plantas).

Las PTAR con tratamiento terciario se pueden diseñar para que remuevan el nitrógeno amoniacial a concentraciones < 5 mg/L, el nitrógeno total a concentraciones < 15 mg/L y el fósforo total a concentraciones < 2 mg/L (utilizando cloruro férrico para la precipitación del fósforo).

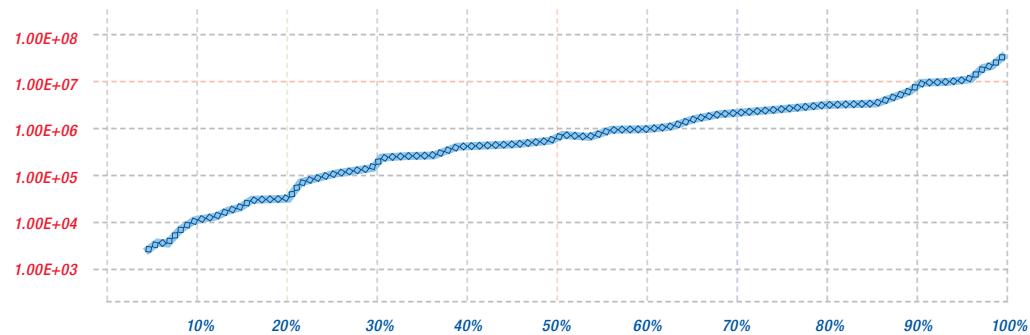
## MICROORGANISMOS PATÓGENOS

El 10% de las PTAR cumplen el LMP de coliformes termotolerantes (véase la ilustración 22), por lo que según la guía de la OMS (2006) se permitiría la irrigación con restricciones. Los efluentes del 80% de las PTAR del país requieren la remoción adicional de coliformes termotolerantes de entre 2 a 3 unidades logarítmicas para alcanzar una concentración de coliformes termotolerantes que permita un riego con restricciones. Según la guía de la OMS, se puede lograr este grado de remoción a través de un sistema de riego por inundación o surcos (véase el acápite 2.6.4). Si consideramos que en el país los sistemas de riego mayormente empleados son de estos tipos, se podría concluir que el 80% de las PTAR produce un efluente que cumple los estándares del riego con restricciones.

Esto significaría, respecto a la presencia de los microorganismos patógenos, que el 90% de las PTAR produce efluentes aptos para riego con restricciones, sin necesidad de cambiar la tecnología de la PTAR.

### **ILUSTRACIÓN 22. CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LOS EFLUENTES DE LAS PTAR (QUE REPORTARON MÁS DE UNA MEDICIÓN EN 2013)**

■ Porcentaje de las 76 PTAR consideradas ■ Coliformes fecales termotolerantes en NMP/100ml



## HUEVOS DE HELMINTOS

La guía de la OMS (2006) señala que se necesita que el agua de riego tenga un contenido de huevos de helmintos menor de 1 huevo/L para el riego con restricciones. La sedimentación por un tiempo de 10 días en una PTAR de lagunas o una unidad de filtración correctamente operada asegura la remoción de estos huevos.

En la ilustración 23 A se presenta la gráfica del tiempo de retención en lagunas facultativas con profundidad de 1,8 m, que han sido diseñadas y operadas de acuerdo con lo que establece la norma OS.090 y lo recomendado por von Sperling (2007). Los tiempos de retención dependen de la temperatura y de la carga inicial de la DBO5.

Una laguna facultativa diseñada para una temperatura de 20 °C (temperatura del mes más frío en la costa norte) y una concentración de la DBO5 de 300 mg/L tendría un tiempo de retención teórico de 20 días, por lo que tendría suficiente capacidad de remoción de huevos de helmintos.

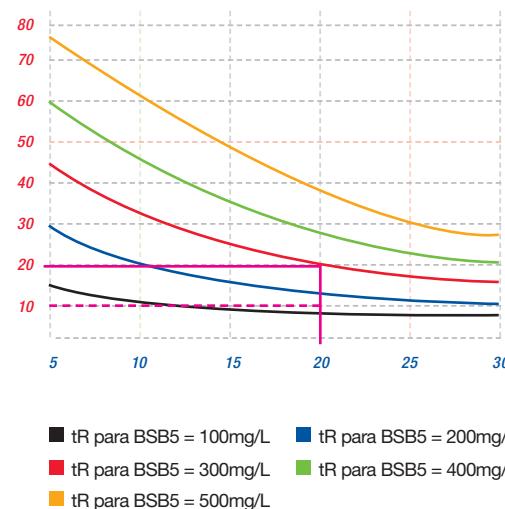
La ilustración 23 B muestra los tiempos de retención en lagunas anaerobias en función de la carga volumétrica y la concentración de la DBO5 en el afluente, si son diseñadas y operadas de acuerdo con la norma OS.090 y las recomendaciones de von Sperling (2007) para lagunas anaerobias.

En función de la ilustración 23 (A y B), se obtiene que para tratar un afluente con DBO5 de 300 mg/L a una temperatura de 20 °C en una PTAR que combine la laguna anaerobia + laguna facultativa, el tiempo teórico de retención es de aproximadamente 13 días. Esto es ligeramente mayor que los 10 días requeridos para la remoción de los huevos de helmintos.

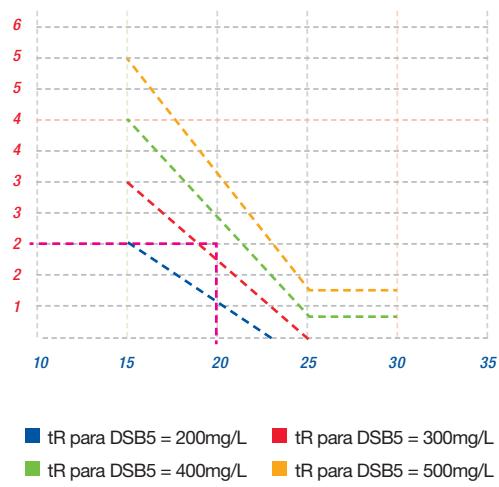
Por lo expuesto, se puede esperar que en una PTAR de tipo lagunas facultativas o de combinación laguna anaerobia y laguna facultativa, debidamente diseñada y operada, se obtengan períodos de retención suficientes para la remoción de los huevos de helmintos.

#### **LUSTRACIÓN 23. PERÍODO DE RETENCIÓN EN LAGUNAS FACULTATIVAS Y ANAEROBIAS DISEÑADAS Y OPERADAS SEGÚN LA NORMA OS.090 Y (VON SPERLING, 2007)**

**TIEMPO DE RETENCIÓN (*tR*) EN LAGUNAS FACULTATIVAS CON  
PROFUNDIDADES DE 1,8 m**



**TIEMPO DE RETENCIÓN (*tR*) EN LAGUNAS  
ANAEROBIAS**



Se calcula que 73 PTAR con tratamiento por lagunas sin aireación cuentan con períodos de retención mayores de 10 días (considerando los caudales operativos reportados por las EPS). La cantidad es probablemente mayor, porque no todas las EPS reportaron caudales operativos.

Se puede concluir, respecto al parámetro huevos de helmintos, que más del 50% de las PTAR cuentan con condiciones para producir efluentes aptos para el riego con restricciones, sin cambiar la tecnología o ampliar la PTAR.

## IRRIGACIÓN CON RESTRICCIONES

Según la guía de la OMS (2006), los cultivos aptos para el riego con restricciones son los cultivos no alimenticios como el algodón y cultivos de aceite vegetal (jojoba, jatropha y colza), la tuna (cochinilla) y plantaciones productivas de madera. También se permite el riego con restricciones de cultivos alimenticios como el trigo, arroz, caña de azúcar y quinua, siempre que sean procesados antes de su consumo.

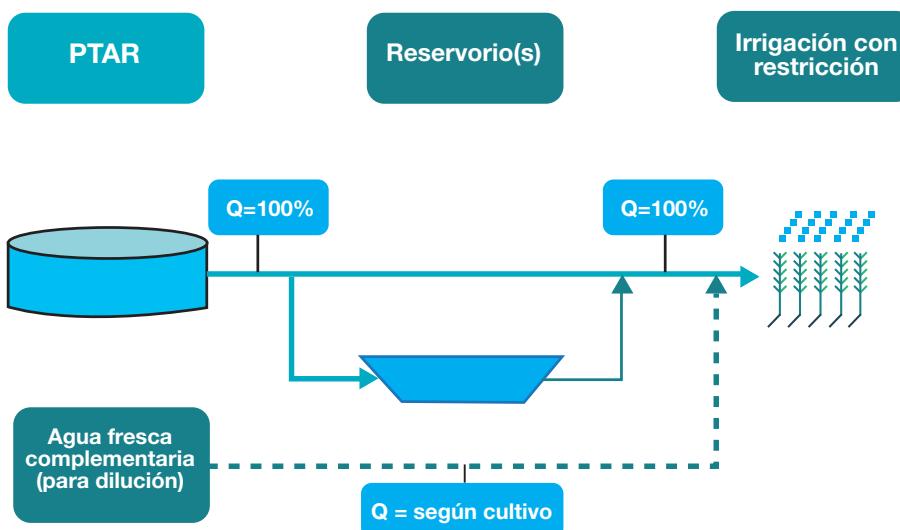
Para asegurar la continua demanda del efluente durante la vida útil de la PTAR, se debería preferir cultivos con largos tiempos de vegetación (árboles y arbustos) y también, independientemente del cultivo, los operadores de la PTAR y los agricultores deben ser la misma empresa/persona o estar asociados para asegurar la oferta y demanda del agua residual tratada. En Israel o en la EPS de Braunschweig, Alemania, se encuentran buenos ejemplos de estas formas de cooperación.

### Configuración de un sistema de reúso agrícola de efluentes de PTAR.

El reúso agrícola de los efluentes constituye una posibilidad para que algunas de las PTAR en operación puedan cumplir el marco legal peruano. Sin embargo, en cada caso habría que evaluar la relación entre la oferta (efluente de la PTAR) y la demanda para el riego. En la costa peruana, donde se encuentra el mayor número de PTAR, ocurren precipitaciones naturales mínimas durante todo el año, y existe una demanda potencial, pero se requiere la implementación de una política nacional que impulse el reúso agrícola y que proteja la demanda para que no se reduzca ni desaparezca en el futuro.

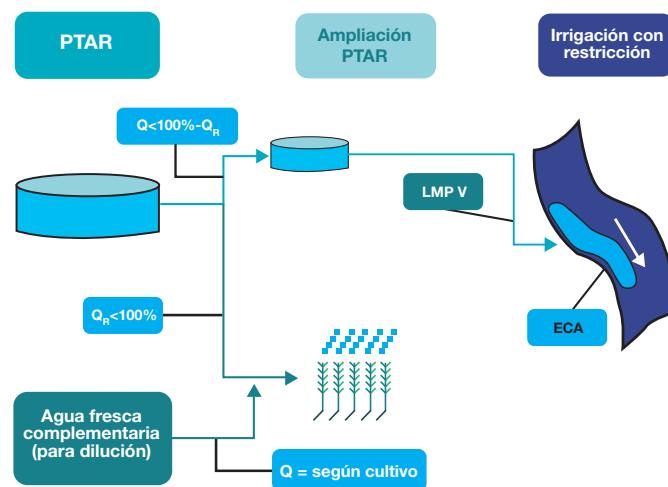
La ilustración 24 muestra un esquema de reúso del 100% del caudal tratado. Se utiliza continuamente una cierta parte del caudal del efluente para el riego y se almacena el agua residual tratada excedente en un reservorio para ser utilizada en épocas de mayor demanda (verano). Este esquema permite el riego con restricciones.

ILUSTRACIÓN 24. SISTEMA CON 100% DE REÚSO Y ALMACENAMIENTO PARCIAL (FUENTE SUNASS)



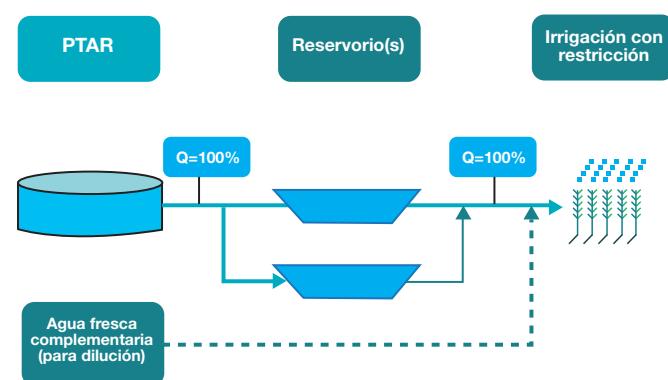
En la ilustración 25 se muestra otro esquema, en el cual no se almacena el agua, sino que se reusa un cierto caudal  $Q$  durante todo el año. Con el caudal que no se utilizará se tendrá que efectuar un tratamiento adicional para su descarga final a un cuerpo de agua, como por ejemplo, desinfección química. Con este esquema se minimiza el volumen que será vertido al cuerpo de agua, lo que reduce su impacto y la capacidad requerida para el tratamiento adicional.

**ILUSTRACIÓN 25. SISTEMA DE REÚSO CON USO PARCIAL DEL EFLUENTE (FUENTE SUNASS)**



La ilustración 26 muestra un esquema que permite lograr agua de una calidad apta para la irrigación sin restricciones. En uno o dos reservorios se retiene el efluente de la PTAR por varios meses, lo que asegura el decaimiento de organismos patógenos hasta obtener la calidad requerida para el riego sin restricciones y asegura una producción más rentable y con posibilidad de exportación, como se obtuvo en Israel, según Libhaber y Orozco-Jaramillo (2012).

**ILUSTRACIÓN 26. SISTEMA CON 100% DE REÚSO Y PRODUCCIÓN DE AGUA PARA LA IRRIGACIÓN SIN RESTRICCIONES POR ALMACENAMIENTO ADECUADO EN RESERVIORIOS**



### **7.2.2.2. EMISARIO SUBMARINO**

La norma OS.090 define el emisario submarino como “tubería y accesorios complementarios que permiten la disposición de las aguas pre-tratadas en el mar”. El pretratamiento mínimo debe ser un tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario. La tubería debe ser diseñada de tal manera que asegure una suficiente mezcla con las aguas marinas sin causar obstáculos para la zona costera.

El emisario submarino, diseñado de acuerdo con las normas, ofrece la posibilidad de evacuar las aguas residuales domésticas de los centros poblados costeros de una manera rápida, segura y con bajos costos de construcción y operación. Sin embargo, su desventaja es la pérdida definitiva del recurso hídrico del agua residual para un posible reúso; por lo que, antes de considerar la alternativa de emisario submarino, se debe considerar la alternativa que permita el reúso del agua residual tratada.

Una vez que entren en operación los emisarios de las PTAR Taboada y La Chira, el 47% de todas las aguas residuales volcadas al alcantarillado de las EPS (según la tabla 13) pueden ser vertidas directamente al mar a través de emisarios submarinos. Es importante recordar que el PLANAA define como objetivo el reúso de 50% de todas las aguas residuales.

### **7.2.3. MODIFICACIÓN DE LOS LMP**

La desinfección de los efluentes de la PTAR no es un procedimiento estándar internacionalmente. Por ejemplo, el reglamento 91/271/EWG sobre el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la Unión Europea no establece un valor límite para coliformes termotolerantes en los efluentes de las PTAR. Solo el reglamento 2006/7/EG para los cuerpos de aguas de baño define un estándar para este parámetro, por lo que en estos casos es necesaria la desinfección en la PTAR. La gran mayoría de las PTAR de la Unión Europea no cuenta con desinfección.

Se recomienda revisar en detalle, para las condiciones del Perú, los beneficios que trae la implementación del LMP actual de coliformes termotolerantes, que conlleva en muchos casos a la desinfección química de los efluentes de la PTAR antes de su vertimiento a los cuerpos naturales de agua.

### **7.2.4. IMPLEMENTACIÓN DE LA DESINFECCIÓN TECNIFICADA ADICIONAL**

Los sistemas de desinfección tecnificada no permiten la remoción o la desactivación de huevos de helmintos. Solo posibilitan el cumplimiento del LMP del parámetro de coliformes termotolerantes, pero no producen un efluente apto para el reúso agrícola sin restricciones.

#### **7.2.4.1. CLORACIÓN**

La cloración es la tecnología más común de desinfección. SEDAPAL clora los efluentes de casi todas sus PTAR de tecnología de lagunas. En cambio, en Tacna no se efectúa la cloración, a solicitud de los usuarios del efluente, para evitar el daño a los cultivos.

La cloración de efluentes de lagunas con presencia de materia orgánica presenta la desventaja de producción de cloraminas y sustancias orgánicas halógenas (con peligro para la salud humana) y además afectan la flora y fauna del cuerpo receptor debido al cloro residual. La desinfección con dióxido de cloro no tiene la desventaja de producir sustancias perjudiciales, pero conlleva mayores costos de insumos químicos y una dosificación más sofisticada.

La cloración implica los costos del insumo químico, cuya dosis fluctúa entre 2 y 8 mg/L (Middlebrooks, Flakengborg, & Lewis, 1979), utilizada para alcanzar una concentración de cloro residual de 0,2 mg/L. Para minimizar el consumo del cloro es recomendable reducir la concentración de algas en el efluente (captación del efluente de la zona más profunda, cobertura de la zona del efluente, filtración previa a la desinfección, etc.).

#### **7.2.4.2. LUZ UTLTRAVIDEZA**

La aplicación de luz ultravioleta (UV) tiene la ventaja de no producir las sustancias perjudiciales que se presentan en la cloración, pero necesita una infraestructura sofisticada para el tratamiento y para la limpieza automática de las lámparas. El consumo de energía eléctrica varía para esquemas típicos entre 10 y 30 Wh/m<sup>3</sup>.

Existen diferentes opiniones respecto al uso de la luz UV para la desinfección de efluentes de lagunas. Unos opinan que debido a la presencia de algas en el efluente se esperan problemas en la penetración de la luz UV y por precipitaciones en las lámparas de la luz UV; sin embargo, otros opinan que es justamente la luz UV emitida por el sol, la que produce una alta eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes en las lagunas de pulimento, por lo que se espera que el tratamiento con luz UV sea eficiente.

Las investigaciones realizadas por Nelson (2010) y Alves, Chernicharo y von Seperling (2012) demostraron que la eficiencia de la desinfección por luz UV no depende tanto de la concentración de los sólidos en el efluente, como de la concentración de sólidos con contenido de coliformes termotolerantes. Los efluentes de las lagunas contienen muy bajas concentraciones de estos sólidos, debido a los largos tiempos de retención, por lo que la desinfección con luz UV resulta eficiente para lograr una remoción de 2 a 3 unidades logarítmicas y cumpliría el LMP de 10.000 NMP/100 mL.

Las lagunas de estabilización ya cuentan con una remoción natural de coliformes termotolerantes, por lo cual el grado necesario de inactivación es menor que para los efluentes de otros sistemas de tratamiento, por ejemplo, lodos activados (Fuhrmann, 2014), (Nelson, 2000). A pesar de los resultados mencionados es recomendable realizar investigaciones piloto respecto a la eficiencia del tratamiento de efluentes de lagunas con luz UV, antes de su aplicación a gran escala.

#### **7.2.4.3. OZONO**

La desinfección de efluentes de PTAR con ozono no es muy común en comparación con las tecnologías mencionadas en los acápitres 7.2.4.1 y 7.2.4.2. El ozono es una sustancia con mayor poder de oxidación que el cloro, por lo que es apto para la desinfección de efluentes.

Los sistemas de producción, dosificación del ozono y de remoción del ozono restante son muy sofisticados. El ozono se produce in situ en un reactor de electro-ionización. El consumo de energía eléctrica para la producción de ozono varía entre 10 a 30Wh/g ozono. La dosificación depende de la calidad del efluente y puede variar entre 5 a 35 g ozono/m<sup>3</sup>.



# **8.**

---

## **REVISIÓN DE LA SITUACIÓN DE LAS PROPUESTAS DEL DIAGNÓSTICO DEL 2008**

## 8. REVISIÓN DE LA SITUACIÓN DE LAS PROPUESTAS DEL DIAGNÓSTICO DEL 2008

### 8.1. PRIMER LINEAMIENTO

*“El tratamiento de las aguas residuales de la EPS contribuye a proteger la calidad de los cuerpos de agua y deberán ser parte de la gestión eficiente de los recursos hídricos del país, y sus costos asumidos por los usuarios”.*

#### **LAS EPS DEBEN TENER VISIÓN EMPRESARIAL DE LARGO PLAZO Y POLÍTICAS PARA NO DAÑAR EL AMBIENTE.**

- Las EPS elaboran sus planes maestros optimizados (PMO), con horizonte de 30 años (incluyen: la descripción del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, el análisis de la oferta-demanda y la proyección de la implementación de nuevas PTAR).
- La SUNASS elabora los estudios tarifarios con un plazo de 5 años, los cuales incorporan los costos de operación y mantenimiento del servicio de alcantarillado y proyectos de inversión prioritarios. Se han incorporado desde setiembre de 2013, en los estudios tarifarios de SEDACUSCO S.A. y EMAPA MOYOBAMBA S.R.L., mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos.
- Las EPS aún no establecen como visión empresarial políticas para no dañar el ambiente, esto se observa en la pobre o casi nula importancia que se le da a la operación y mantenimiento de las PTAR.
- El PAVER buscaba lograr la adecuación de los vertimientos de las PTAR a las normas ambientales (LMP y ECA-Agua); sin embargo, las EPS no cumplieron los compromisos asumidos, como registrar los vertimientos en el PAVER, y se encuentran sujetas a sanción por parte de las autoridades competentes.

#### **LAS ORGANIZACIONES DEL SECTOR SANEAMIENTO, DE SALUD Y LOS GOBIERNOS LOCALES DEBEN CONTAR CON COMPETENCIAS PARA EL TRATAMIENTO, REÚSO Y CONTROL DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS.**

- Desde 2008, hemos presenciado la creación del Ministerio del Ambiente y de la Autoridad Nacional del Agua, se han definido los ECA-Agua, los LMP del efluente de una PTAR para el vertimiento a un cuerpo natural de agua y se ha promulgado la Ley de Recursos Hídricos y su reglamento; además, quedaron definidas las competencias de las instituciones (MVCS, ANA, proveedores del servicio) en materia de tratamiento y control de las aguas residuales tratadas.
- Queda pendiente en la agenda la definición de los requisitos de calidad del agua residual tratada para el reuso.
- 25 de las 32 PTAR nuevas de las EPS (construidas después del 2010) se encuentran en operación sin contar con su instrumento ambiental aprobado por el MVCS; y de estas, hay 3 que no cuentan con punto de vertimiento. Esta situación evidencia que aún hay aspectos que no son fiscalizados ni sancionados por las autoridades competentes.

***LA DISPOSICIÓN DEL AGUA RESIDUAL TRATADA DEBE SER REGULADA EN FUNCIÓN DE LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL CUERPO RECEPTOR Y DEL TIPO DE USO.***

---

- ▣ Se cuenta con los ECA-Agua. Sin embargo, estos deben ser revisados a fin de eliminar las incongruencias de algunos valores de ECA-Agua con el tipo de uso.
- ▣ Queda pendiente que la ANA mantenga actualizada la información de la calidad de los cuerpos naturales de agua y, en función de este estudio, deberán establecer los diferentes tipos de uso del cuerpo natural y plantear las modificaciones de los ECA-Agua con valores más acordes con la realidad.

***EL SECTOR INDUSTRIAL DEBE COMPROMETERSE A TRATAR SUS EFLUENTES ANTES DE EFECTUAR SUS DESCARGAS A LOS COLECTORES PÚBLICOS.***

---

- ▣ El sector saneamiento ha desarrollado la normatividad sobre los valores máximos admisibles (VMA) del agua residual de usuarios no domésticos en el alcantarillado sanitario. Con el Decreto Supremo N.º 021-2009-VIVIENDA se busca incentivar al usuario no doméstico a tratar su efluente antes de descargarlo al alcantarillado; de lo contrario, tendrá que pagar fuertes sumas de dinero o, si exceden ciertos parámetros, se efectuará el cierre de su servicio de desagüe.
- ▣ Desde setiembre del 2013, la mayoría de las EPS se encuentran en el proceso de implementación de la aplicación de la normativa de los VMA.

***LAS EPS DEBEN CONTAR CON MECANISMOS LEGALES PARA SANCIONAR EL INCUMPLIMIENTO DE LOS LMP EN LAS DESCARGAS DE SUS CLIENTES.***

---

- ▣ En el Reglamento del Decreto Supremo N.º 021-2009-VIVIENDA se establece el marco legal para que las EPS puedan efectuar el cobro de los pagos adicionales y sancionar a los usuarios no domésticos que incumplan la normatividad de los VMA.

***EL COSTO DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEBERÍA ESTAR DIFERENCIADO DE LOS SERVICIOS QUE BRINDA UNA EPS, A FIN DE LOGRAR CONCIENCIA EN LA SOCIEDAD.***

---

- ▣ Existen tarifas separadas de agua y alcantarillado, con lo cual en los recibos las EPS indican los montos facturados por separado. No se tiene aún una tarifa separada del tratamiento de aguas residuales.

## 8.2. SEGUNDO LINEAMIENTO

*"Las tecnologías para tratar las aguas residuales deben asegurar su eficiencia y sostenibilidad para la protección de la salud y el ambiente, de acuerdo con sus objetivos de calidad".*

### ***EXPLORAR Y ADOPTAR NUEVAS TECNOLOGÍAS QUE CONTRIBUYAN A LOGRAR CON EFICIENCIA LA REMOCIÓN DE LOS CONTAMINANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES.***

- El sector no ha promovido el desarrollo de investigaciones o estudios piloto para lograr la implementación de nuevas tecnologías de tratamiento o para mejorar las ya existentes para el cumplimiento de los LMP.
- Falta una guía de tecnologías recomendadas por el ente rector, la cual se encuentra en elaboración.

### ***MANEJAR TÉCNICAMENTE LOS LODOS Y SUBPRODUCTOS DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES PARA REDUCIR EL IMPACTO NEGATIVO EN EL AMBIENTE.***

- Con algunas lagunas anaerobias de SEDAPAL y el digestor anaerobio para el tratamiento de lodos de SEDACUSCO S.A. se instalaron sistemas que captan y queman el biogás generado por la digestión de lodos. El Plan Nacional ante el Cambio Climático promueve la implementación de estas tecnologías.
- Respecto a la disposición final a nivel nacional, actualmente solo las PTAR de SEDAPAL depositan los residuos sólidos y lodos de sus sistemas de tratamiento en un relleno sanitario autorizado, el resto de PTAR realizan una disposición final informal. A esto contribuye la falta de rellenos sanitarios que cumplan la norma peruana.

### ***CREAR ESPACIOS DE INVESTIGACIÓN EN EL SECTOR QUE PERMITAN IDENTIFICAR PROBLEMAS Y BUSCAR SOLUCIONES LOCALES.***

- No se ha visto una política clara en este tema por parte del ente rector.

### ***CAPACITAR CONTINUAMENTE A LOS RECURSOS HUMANOS DEL SECTOR PARA GARANTIZAR LA ADECUADA TOMA DECISIONES SOBRE LA TECNOLOGÍA, LA GESTIÓN Y EL FINANCIAMIENTO.***

- El MVCS, a través del Sistema de Fortalecimiento de Capacidades (SFC), organiza cursos para mejorar las competencias del sector agua y saneamiento. Sin embargo, se observa que los talleres relacionados con el tratamiento de aguas residuales son poco frecuentes y solo se desarrollan en la ciudad de Lima.
- La SUNASS efectúa cursos de operación y mantenimiento de PTAR para el personal de las EPS.
- Existen iniciativas para implementar una carrera técnica de operadores de PTAR y PTAP a nivel del SENCICO y del SENATI para cubrir la demanda de capacitación. Se espera que se concrete en el 2015 o 2016.

***EL ENTE RECTOR Y LA SUNASS DEBEN TENER FACULTADES EFECTIVAS PARA ACTUAR PREVENTIVAMENTE EN LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS Y EN LOS COMPROMISOS FINANCIEROS QUE ASUMEN LAS EPS RESPECTO A LAS PTAR.***

---

- Actualmente no se requiere la opinión favorable de la SUNASS en la fase de selección de tecnologías de tratamiento de las PTAR que serán operadas por las EPS. Muchas veces, las EPS presentan en sus PMO los costos de operación y mantenimiento que requieren para las PTAR que les han sido transferidas por los gobiernos locales o regionales.

***8.3. TERCER LINEAMIENTO***

Contar con normas actualizadas en materia de tratamiento de aguas residuales y sus subproductos.

***ACTUALIZAR LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE LAS DESCARGAS INDUSTRIALES A LOS COLECTORES PÚBLICOS.***

---

- El Decreto Supremo N.º 021-2009-VIVIENDA establece los valores máximos admisibles (VMA).

***ACTUALIZAR LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE LAS DESCARGAS DE LAS PTAR DE EFLUENTES LÍQUIDOS DOMÉSTICOS A LOS CUERPOS DE AGUA.***

---

- El Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM define los límites máximos permisibles (LMP) para efluentes de la PTAR.

***ACTUALIZAR LA NORMATIVIDAD RELACIONADA CON EL MANEJO Y REÚSO DE LODOS DE LAS PTAR.***

---

- La ley N.º 27314, Ley de Residuos Sólidos y su reglamento, Decreto Supremo N.º 057-2004-PCM, señala que para no enviar los lodos de las PTAR a un relleno de seguridad se debe demostrar que no son peligrosos; sin embargo, no se han definido cuáles son esos criterios.
- Aun no existen norma específica para el manejo y reúso de lodos de las PTAR.

#### 8.4. CUARTO LINEAMIENTO

*“Promover el reúso productivo de las aguas residuales tratadas para la obtención de beneficios económicos, sociales y ambientales”.*

***INCORPORAR EL AGUA RESIDUAL TRATADA COMO PARTE DEL RECURSO HÍDRICO Y COMPROMETER SU REÚSO.***

***EJECUTAR SISTEMAS INTEGRADOS DE TRATAMIENTO Y REÚSO DE AGUAS RESIDUALES EN LUGARES CON CAPACIDAD PRODUCTIVA PARA QUE GENEREN BENEFICIOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES.***

---

- Estos temas se incorporan en el PLANAA del MINAM y en la Ley del Ambiente, Ley N.º 28611.
- En el Reglamento de la Ley N.º 30045, Ley de la Modernización de los Servicios de Saneamiento, se establece la posibilidad de comercialización de las aguas residuales tratadas y los residuos sólidos.
- En la actualidad, 2 PTAR de SEDAPAL y 1 PTAR de EPS GRAU S.A. cuentan con autorización de reúso. El efluente de muchas PTAR es reusado de manera informal.

#### 8.5. QUINTO LINEAMIENTO

*“Explorar nuevas oportunidades de financiamiento para ampliar el volumen tratado de las aguas residuales producidas por las EPS”.*

***BUSCAR CAPTAR FONDOS ADICIONALES PARA FINANCIAR LA AMPLIACIÓN DE COBERTURA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.***

---

- Nuevas PTAR, como la PTAR San Jerónimo de SEDACUSCO S.A., han sido financiadas con donaciones extranjeras, en este caso del Estado Japonés.
- Financiamiento privado de la PTAR Cerro Verde (Arequipa) con el fin de reúso del efluente.
- Concesión de la construcción y operación de las PTAR La Chira y Taboada de tratamiento preliminar avanzado y emisor submarino.

***SE DEBEN DAR MAYORES RECURSOS AL MEJORAMIENTO DE LAS ACTUALES PTAR  
A FIN DE QUE TRATEN LAS AGUAS RESIDUALES CON EFICIENCIA.***

---

- Las fórmulas tarifarias (con la experiencia de las EPS) incorporan costos cada vez más reales de tratamiento de aguas residuales.
- Sin embargo, falta una política del sector para rehabilitar y complementar las PTAR inoperativas e implementar procesos de tratamiento adicionales que se requieren para cumplir la normatividad.
- Los criterios de elegibilidad y priorización para la asignación de recursos a proyectos de inversión en el sector saneamiento no favorecen la rehabilitación de las PTAR.

***EL MERCADO DE BONOS DE CARBONO.***

---

- No existen proyectos que se hayan incorporado al mercado de bonos de carbono. Sin embargo, se conoce que es factible usar este camino como una fuente adicional de financiamiento, por lo menos en el caso de plantas grandes.



# **9.**

---

## **RESUMEN DE LAS OBSERVACIONES CLAVES**



PTAR San José: Efluente de la PTAR alimentando canales de regadio

## 9. RESUMEN DE LAS OBSERVACIONES CLAVES

Los principales desafíos encontrados en las PTAR son:

### ▣ RESPECTO AL MARCO LEGAL

- La operación de más del 90% de las PTAR sin autorización de vertimiento y/o reúso.
- Las exigencias del marco legal respecto a la calidad requerida de los efluentes, especialmente de los ECA-Agua y, a la vez, la dificultad en la evaluación de su cumplimiento, debido a la falta de un estudio de calidad de las fuentes hídricas a nivel nacional.
- El incumplimiento de la Ley de Residuos Sólidos por falta de lugares autorizados para la disposición final de los lodos y residuos sólidos de las PTAR.
- La falta de normativa para el manejo de lodos para el reúso agrícola.

## ■ RESPECTO A LA INFRAESTRUCTURA DE LAS PTAR

- Las PTAR con tecnología insuficiente, lo que se evidencia en:
  - Falta de tratamiento preliminar, especialmente de rejas y desarenadores
  - Falta de medidores de caudal del afluente y efluente
  - Falta de bypass en las unidades en casos de fallas o cuando se efectúe su mantenimiento.
  - La operación de PTAR con fallas en la construcción.
- Las PTAR con tecnología inadecuada, que se manifiesta en:
  - Falta de capacidad financiera de las EPS para cubrir los elevados costos de operación y mantenimiento de las PTAR con tecnologías avanzadas.
  - Falta de edificios de operación, de talleres, almacenes, laboratorios, cercos perimétricos y servicios higiénicos.
  - Falta del saneamiento legal y seguridad pública en las PTAR.

## ■ RESPECTO A LA OPERACIÓN DE LAS PTAR

- Ausencia del manejo de lodos en 50% de las PTAR, los que se deben remover frecuentemente e, idealmente, reutilizar en el sector agrícola.
- Sobrecarga orgánica o hidráulica en el 50% de las PTAR.
- Carencia de la documentación necesaria que permita conocer los parámetros de diseño y las necesidades de operación y mantenimiento de las PTAR. La mitad de PTAR no cuentan con manuales de operación y mantenimiento.
- Falta de personal bien capacitado, de equipamiento y de recursos financieros necesarios para la adecuada operación y mantenimiento de las PTAR.
- La mayoría de PTAR no cuenta con un programa completo de monitoreo del afluente, efluente y parámetros de operación.
- Falta de asistencia técnica interna o externa para que el personal operativo opere adecuadamente la PTAR.
- Insuficiente frecuencia de actividades de operación y mantenimiento de las PTAR.



# 10.

---

## PROPUESTAS PARA LA MEJORA DE LA SITUACIÓN ACTUAL

## 10. PROPUESTAS PARA LA MEJORA DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 10.1. MARCO LEGAL

A continuación se presentan propuestas de mejora del marco legal en aspectos relevantes para el diseño de nuevas PTAR y la operación de las PTAR existentes.

De otro lado, el estudio preliminar Política de mejoramiento del desempeño y de la sostenibilidad de las PTAR en el sector urbano del país, del consultor del Banco Mundial Menahem Libhaber (2015) y los resultados del servicio de consultoría para la elaboración de una estrategia para enfrentar la implementación de los programas de adecuación y manejo ambiental (PAMA), desde la perspectiva sectorial de Guillermo León (2014) presentan propuestas de mejora para la política y el marco legal del sector.

---

#### **1. ESTABLECER LA CONCORDANCIA DE LOS LMP DE VERTIMIENTO CON LA TECNOLOGÍA APROPIADA PARA LAS PTAR**

---

##### **Cambiar la relación DQO: DBO5.**

- ▣ En el efluente de una PTAR con tratamiento secundario la relación de DQO a DBO5 normalmente es de 3 – 4.
- ▣ El sector competente debe revisar los LMP de DQO y DBO5.

---

#### **2. ESTABLECER LA CONCORDANCIA DE LOS ECA-AGUA CON LA TECNOLOGÍA APROPIADA PARA LAS PTAR Y CON LAS CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS DE LOS CUERPOS DE AGUA.**

---

##### **Definir los ECA-Agua para el caso de quebradas secas.**

- ▣ Se propone que, en caso de vertimiento de agua residual tratada en una quebrada seca, se exija el cumplimiento de los LMP a la salida de la PTAR, dado que cumplir el ECA-Agua con un factor de dilución cero del vertimiento implicaría costos de tratamiento insostenibles e innecesarios.

##### **Incorporar en la norma OS.090 las tecnologías de remoción de ciertos parámetros en el efluente de PTAR de lagunas.**

- ▣ La norma OS.090 debe regular las tecnologías de remoción del nitrógeno, fósforo y sólidos suspendidos (algas) de efluentes de PTAR de lagunas.

### **3. ESTABLECER LA CONCORDANCIA DE LOS REQUISITOS DEL DISEÑO DE LA PTAR CON LA LEY DE RECURSOS HÍDRICOS.**

---

**Normar la descarga del agua del rebose antes del ingreso a las PTAR, en caso de caudales extremos por lluvia, a cuerpos naturales de agua.**

- ▣ Para permitir la operación sostenible de una PTAR es necesario diseñarla para el caudal máximo, el cual no puede incluir todo el caudal combinado que se presenta en épocas de fuertes lluvias. La norma OS.090 propone la incorporación de un rebose de caudales extremos antes del ingreso a la PTAR.
- ▣ Actualmente, este tipo de reboses no están previstos en la Ley de Recursos Hídricos, que prohíbe la descarga de aguas residuales sin tratamiento a cuerpos naturales de agua.
- ▣ Se propone estudiar la alternativa de colocar el rebose junto con un sistema simple de retención con capacidad de almacenar los caudales generados durante los primeros minutos de un evento extremo de lluvia. Luego del evento, el caudal retenido sería bombeado a la PTAR para su tratamiento.

**Regular la infiltración de vertimientos de efluentes en el suelo, sin reúso agrícola.**

- ▣ Definición de requerimientos hidrogeológicos, LMP, características del terreno, tasas máximas aplicables, etc., teniendo en cuenta el problema de contaminación del suelo y de la napa freática.

### **4. OTORGAR PLAZOS Y ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS LMP DE VERTIMIENTO Y ECA-AGUA SEGÚN EL TAMAÑO DE LA PTAR.**

---

**Ampliación de plazos y etapas para localidades sin o con insuficientes PTAR para el tratamiento de aguas residuales domésticas.**

- ▣ El cumplimiento simultáneo de los LMP y ECA-Agua no sería viable en todas las localidades por la envergadura de los costos de inversión. Para que en un mediano y largo plazo se pueda cumplir la normatividad, se propone que el sector implemente una política que permita la construcción de PTAR por etapas, considerando en cada etapa que se implemente la disminución del impacto de las descargas sin tratamiento.
- ▣ Se sugiere que el MINAM evalúe la posibilidad de establecer plazos distintos para el cumplimiento de los LMP y de los ECA-Agua, dado que la tecnología de PTAR existente en el país permite el cumplimiento de los LMP, pero no de los ECA-Agua, cuyo cumplimiento podría efectuarse gradualmente, a medida que la tecnología se adapte al requerimiento técnico para cumplirlos (salvo para descargas a lagos o lagunas).

## DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁMBITO DE OPERACIÓN DE LAS ENTIDADES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO

- Etapas según el tamaño de la PTAR:
  - Tratamiento preliminar: mejora de la calidad del cuerpo receptor y evitar que los residuos sólidos y sedimentos se viertan a los cuerpos de agua.
  - Tratamiento primario: reduce entre 20 y 40% la carga orgánica que se vierte al cuerpo natural de agua, cuando no tiene tratamiento.

ETAPAS	PLAZO (AÑOS)		
	150 - 5000 HAB.-EQUIV.	5000 - 50.000 HAB.-EQUIV.	> 50.000 HAB.-EQUIV.
DISEÑO FINAL, COMPRA DEL TERRENO PARA EL DISEÑO FINAL Y EL TRATAMIENTO PRELIMINAR (INCLUYE LA REJA GRUESA Y FINA Y EL DESARENADOR)	POR DEFINIR	POR DEFINIR	POR DEFINIR
AMPLIACIÓN DE LA PTAR, POR LO MENOS CON TRATAMIENTO PRIMARIO	POR DEFINIR	POR DEFINIR	POR DEFINIR
AMPLIACIÓN DE LA PTAR SEGÚN SU DISEÑO FINAL PARA CUMPLIR POR LO MENOS LOS LMP (ECA)	POR DEFINIR	POR DEFINIR	POR DEFINIR

### Apoyar a las EPS en la elaboración de instrumentos ambientales.

- El sector debe apoyar financieramente a las EPS en la elaboración de sus instrumentos ambientales.

### Definir una estrategia para las EPS que incumplieron el PAVER o que no cuentan con autorización de vertimiento o reuso.

- Sancionar a las EPS con el pago de multas no soluciona el problema, sino que hace más grave la situación económica de las EPS.
- En caso de que se multe a la EPS por no contar con autorización de vertimiento o reuso, el monto de la multa debería servir para mejorar o remediar la situación; en este sentido, la ANA debería disponer, por ejemplo, devolver el monto de la multa cuando la EPS presente el instrumento ambiental aprobado o la autorización correspondiente, en un plazo establecido.
- Ampliación del plazo para la presentación del PAMA y del plazo para la implementación de las tecnologías de tratamiento, en concordancia con los plazos propuestos líneas arriba (10.1.4.a).

### 5. IMPLEMENTAR Y EJECUTAR UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y FISCALIZACIÓN DE LOS EFLuentes DE LAS PTAR.

#### Sistema de supervisión.

- El MVCS debe implementar la supervisión, fiscalización y sanción del cumplimiento de los LMP del efluente de las PTAR.
- El MVCS debe elaborar un sistema de pago de multas en el caso de incumplimiento de los LMP/ECA.
- Los pagos de las multas deberían financiar proyectos de mejora de las PTAR.

## **10.2. CREAR UNA POLÍTICA QUE APOYE EL REÚSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS Y DE LODOS GENERADOS EN EL PROCESO DEL TRATAMIENTO**

El PLANAA establece como meta el reúso del 50% de los efluentes de las PTAR, lo cual es una solución adecuada para poder cumplir los requerimientos del marco legal del país respecto a los efluentes de las PTAR.

### ***1. PROMOVER EL REÚSO SEGURO PARA LOS REGANTES, LOS CONSUMIDORES DE PRODUCTOS REGADOS Y EL MEDIOAMBIENTE.***

---

**Elaborar guías de buenas prácticas en la aplicación de aguas residuales tratadas, para los agricultores.**

- Informar a los agricultores sobre los potenciales beneficios y riesgos de la aplicación de aguas residuales para el riego.
- Informar a los agricultores sobre la calidad del agua para riego generada por las PTAR, a fin de que puedan evaluar los beneficios del reúso.
- Fortalecer los mecanismos de supervisión y asesoría de proyectos de riego con aguas residuales tratadas enfocados en la protección de la salud de los agricultores, consumidores y el cuidado del medioambiente.

### ***2. FACILITAR EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE AUTORIZACIONES PARA EL REÚSO.***

---

**Elaborar una guía del procedimiento y requerimientos técnicos de los proyectos de PTAR con reúso.**

- Definir la información requerida, por ejemplo, el balance de masas (carga orgánica, nutrientes, etc.) y caudales anuales (oferta del efluente y demanda del agua para riego).
- Establecer lineamientos que contribuyan a asegurar la vida útil del proyecto, por ejemplo, mediante la realización de acuerdos entre la EPS y los regantes para la recepción del efluente por un plazo largo.

**Fortalecer la cooperación entre los usuarios del efluente y la EPS.**

- A cambio del agua tratada de buena calidad, con un valor nutritivo, los agricultores apoyan a la EPS en la operación de la PTAR con equipamiento (por ejemplo: cortadora de pasto, maquinaria pesada para la limpieza de lagunas, etc.).
- Se recomienda que la EPS comunique a los agricultores el uso autorizado que puede darle al efluente de la PTAR para no afectar los cultivos ni la salud de la población.
- Se recomienda que se establezcan canales de comunicación entre la EPS y los agricultores respecto al reúso que estos últimos darán al efluente de las PTAR.

**Dar preferencia para el financiamiento con recursos públicos a los proyectos de nuevas PTAR con reúso del efluente.**

- ▣ Modificar la Resolución Ministerial 270-2014-VIVIENDA a fin de incluir en sus criterios de elegibilidad mayor puntuación para los proyectos con reúso de 100% del efluente de la PTAR.

**3. DEFINIR UN MARCO LEGAL PARA EL MANEJO DE LOS LODOS DE LAS PTAR.**

---

**Formular una estrategia nacional del manejo de lodos de PTAR de aguas residuales domésticas.**

- ▣ Se busca el reúso del valor nutritivo y energético de los lodos generados en la PTAR, sin afectar la salud pública. Los lodos no deben ocupar espacio en costosos rellenos de seguridad, tal como lo requiere actualmente la Ley de los Residuos Sólidos (véase el acápite 2.8).
- ▣ Para la estrategia de manejo de los residuos sólidos, se recomienda tomar como referencia la guía de la OMS (2006).

**4. DEFINIR LOS REQUISITOS TÉCNICOS PARA PTAR CON REÚSO DEL EFLUENTE Y DEL LODO GENERADO.**

---

**Ampliar la norma OS.090 respecto a las tecnologías del tratamiento de aguas residuales domésticas y de los lodos para reúso del efluente y del lodo tratado.**

- ▣ Incorporar estándares de diseño para:
  - Reservorios de estabilización (almacenamiento y pulimento)
  - Tecnologías de filtración de aguas residuales
  - Tecnologías de desinfección de aguas residuales que eviten la aplicación del cloro (lagunas de pulimento, oxígeno activado, luz UV, ozono, etc.)
  - La inactivación microbiológica y acopio de lodos

### **10.3. PROPUESTAS RESPECTO A LA MEJORA DE LA INFRAESTRUCTURA**

#### **1. SISTEMA DE APROBACIÓN Y FINANCIAMIENTO DE PROYECTOS DE PTAR**

##### **Aprobar un lineamiento de tecnologías elegibles para inversiones en PTAR nuevas.**

- ▣ Criterios que se deben considerar en los estudios de factibilidad:
  - Se deben preferir tecnologías con costos de operación y mantenimiento que sean sostenibles con el pago de las tarifas de agua.
  - Se deben preferir PTAR con reúso antes que con vertimiento del efluente.
  - Se deben preferir tecnologías naturales (lagunas, humedales), incluida la tecnología de reactores UASB, antes que sistemas de tratamiento de tecnologías avanzadas.
  - Se deben preferir tecnologías de tratamiento anaerobio antes que tecnologías de tratamiento aerobio con tecnología avanzada.
  - El tratamiento de una PTAR de tecnología aerobia avanzada con caudal > 100 L/s debe incluir tratamiento primario (con tratamiento anaerobio del lodo) o tratamiento biológico anaerobio del afluente (RAFA) seguido de tratamiento aerobio.
  - Entre las tecnologías avanzadas del tratamiento aerobio se deben preferir los discos rotativos y filtros percoladores, antes que el tratamiento por lodos activados.
  - Establecer propuestas de tecnologías de PTAR para las diferentes zonas geográficas (costa, selva y sierra).
- ▣ De acuerdo con la experiencia en las PTAR de las EPS, los siguientes tipos de PTAR con tecnologías sencillas (con bajo consumo de energía eléctrica y limitada demanda de operación y mantenimiento) tienen un buen funcionamiento:
  - Tratamiento preliminar + lagunas anaerobias + lagunas facultativas + > (=) 1 laguna de pulimento.
  - Tratamiento preliminar + tanque Imhoff (UASB) + (lagunas facultativas) + lagunas de pulimento.
  - Tratamiento preliminar + tanque Imhoff (UASB) + filtro percolador + lagunas de pulimento.

##### **Capacitar al personal que evalúa los proyectos de inversión de PTAR.**

- ▣ Esta medida es necesaria para evitar que los proyectos no estén de acuerdo con la normativa de PTAR, por ejemplo:
  - No contar con instrumento ambiental aprobado.
  - No contar con punto de vertimiento o reúso.
  - Seleccionar tecnología inadecuada para cumplir las normas ambientales.
  - Que los diseños y tecnologías de las PTAR no cumplan las normas de edificación.
  - No contar con una estrategia para el manejo de residuos sólidos y lodos producidos.

**Capacitar al personal que evalúa los proyectos de inversión de PTAR.**

- Evaluar y proponer mejoras para el sistema de financiamiento, supervisión y ejecución de obras públicas.

**Considerar los costos de reinversión de las PTAR en las tarifas.**

- Si las tarifas de alcantarillado incluyen los costos de reinversión de la infraestructura y equipos, se garantiza la operación ininterrumpida de la PTAR en óptimas condiciones, por el reemplazo oportuno de equipos y rehabilitación de infraestructura (véanse también el acápite 6.1.1).

**Crear un sistema de beneficios por realizar actividades destinadas al mejoramiento de la calidad de los efluentes de las PTAR.**

- Se recomienda introducir un sistema de pago de retribución económica por el derecho de vertimiento sobre la base del caudal (como actualmente se lleva a cabo) y carga de contaminantes vertidas.
- Los pagos deben ser utilizados únicamente para el financiamiento de mejoras en la eficiencia de cada PTAR.

**2. FORTALECER LA PARTICIPACIÓN DE LAS EPS Y DE LA SUNASS EN EL PROCESO DE DISEÑO,  
CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE NUEVAS PTAR.**

**Las PTAR entregadas a la EPS deben contar con un plazo mínimo de garantía.**

- A fin de evitar cuantiosas inversiones para corregir las fallas de construcción de las obras de las PTAR nuevas o rehabilitadas, se recomienda implementar un mecanismo que garantice que la entidad que las transfiera a las EPS se responsabilice de cualquier problema vinculado a la calidad de la construcción durante un plazo determinado.

**Definir las condiciones para la no aceptación de la recepción de obras por la EPS.**

- La EPS debe tener el derecho de no aceptar una obra si no se le involucra en el proceso de diseño y construcción de la PTAR.

**La SUNASS debe participar y dar su opinión técnica en la selección de alternativas de PTAR de las EPS, para verificar su efecto en la fórmula tarifaria.**

- Esta verificación debe ser la base para la aprobación del proyecto.

### **3. AMPLIAR LOS ESTÁNDARES TÉCNICOS PARA PTAR**

---

**Establecer la concordancia de la norma OS.090 con los requerimientos del marco legal.**

- Incorporar en la norma OS.090 lineamientos de diseño de la infraestructura apropiada para:
  - La toma de muestras representativas del afluente y efluente de cada proceso de la PTAR (puntos de muestreo accesibles).
  - La medición de caudales del afluente y efluente de una PTAR (considerar también el caso de uso de equipos de medición móviles y de elementos de medición automática).

**Establecer en la norma OS.090 la obligatoriedad del tratamiento preliminar en todas las PTAR (mínimo con rejillas medianas y desarenadores).**

- Normar los criterios de diseño para los pozos de gruesos para PTAR con sistemas de alcantarillado por gravedad (por ejemplo con diámetros > DN300).
- Definir caudales máximos para el uso de tecnologías manuales (por ejemplo: 25 L/s). Las PTAR con caudales mayores requieren obligatoriamente tecnologías automatizadas.

**Definir la infraestructura adicional necesaria para las PTAR en la norma OS.090.**

- La infraestructura adicional incluye edificios de operación con servicios sanitarios, ducha, armarios separados (para ropa limpia y ropa sucia), laboratorios, taller de mecánica, almacén de herramientas y equipos y grupo electrógeno en el caso de PTAR de tecnología avanzada y con estaciones de bombeo, entre otras.
- Las PTAR con personal operativo permanente deben contar obligatoriamente con un edificio de operación.

**Requerimientos particulares para diferentes tecnologías.**

- El tratamiento anaerobio debe incorporar siempre la captación y el uso de biogás, por lo menos para suministrar energía eléctrica, calor y cocinar.
- Las PTAR con producción de biogás deben poder medir la cantidad del gas producido.
- El tratamiento de lodos activados con aireación extendida debe considerar siempre la posibilidad de aireación intermitente.

**Definición de estándares de manejo de residuos sólidos del tratamiento preliminar para localidades sin acceso a rellenos de seguridad.**

- Incorporar en la Ley de Residuos Sólidos el manejo de residuos sólidos en localidades que no cuentan con relleno de seguridad.

#### 4. PROGRAMA NACIONAL PARA LA ADECUACIÓN DE LAS PTAR EXISTENTES

---

##### **Medición de caudales (afluente y efluente).**

- Las EPS deben invertir en la instalación de sistemas fijos o móviles de medición de caudales de aguas residuales.

##### **Tratamiento preliminar.**

- Crear un fondo nacional para equipar a las PTAR o últimas estaciones de bombeo hacia las PTAR con todos los componentes e infraestructura de tratamiento preliminar, como rejas medianas y rejas finas y desarenadores.<sup>19</sup>
- Las EPS deben considerar una adecuada dotación de personal para la operación de esta infraestructura.

#### 5. REALIZAR INVESTIGACIONES SOBRE LA MEJORA Y APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS APROPIADAS

---

##### **Implementar proyectos pilotos de PTAR con tecnología adecuada.**

- Seleccionar algunas PTAR de varios departamentos del Perú como modelo de tecnologías preferidas y, si es posible, de bajo costo de inversión y de operación y mantenimiento.
- Considerar en el proyecto piloto un programa de capacitación para todos los interesados a nivel nacional.

##### **Investigar tecnologías apropiadas para la desinfección de efluentes de lagunas sin aplicación de cloro**

- Investigar diseños óptimos para lagunas de pulimento de acuerdo con el clima de la costa, sierra y selva.
- Investigar la eficiencia de la luz UV para tratar efluentes de lagunas.
- Investigar otras tecnologías con aplicación de insumos químicos.

##### **Evaluar el beneficio económico del reuso de aguas residuales tratadas y lodos de las PTAR para cultivos típicos en las diferentes zonas climáticas del país.**

- Buscar opciones de cultivos en función de su producción y demanda específica de calidad del agua tratada reutilizada, entre otros aspectos.
- Fomentar la investigación en las universidades para el desarrollo y aplicación de tecnologías sencillas y eficientes del tratamiento de aguas residuales en zonas de la costa, sierra y selva, en ámbitos urbanos y rurales, con el fin de promover su implementación en las PTAR nuevas y extenderlas en el país.

---

19 Respecto a la evaluación de la demanda del desarenador en caso de lagunas facultativas y anaerobias es conveniente verificar el diseño de las lagunas/PTAR, la frecuencia obligatoria de la limpieza de las lagunas primarias y su zona de entrada y la presencia real de arena en el sistema de alcantarillado.

### **Incorporar el uso de energías renovables en las PTAR.**

- ▣ Investigar el aprovechamiento de energía solar para el secado de lodos  
Remover las algas de los efluentes de lagunas y utilizarlas como fuente de carbono adicional en reactores anaerobios o como abono
- ▣ Investigar sistemas de energías renovables como fuente de energía eléctrica para la operación de sistemas aislados de bajo consumo energético (rejas mecánicas, desarenador mecánico, sistemas de desinfección).

## **10.4. PROPUESTAS PARA MEJORAR LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS PTAR**

### **1. FINANCIAMIENTO DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS PTAR**

---

**La SUNASS debe contar con un catálogo de costos de operación y mantenimiento de PTAR, según el tipo de tecnología.**

- ▣ Se deben considerar acciones de mantenimiento dentro del quinquenio regulatorio, por ejemplo:
  - La limpieza de lagunas cada 5 años (en caso que no haya draga) o desarmado de las centrífugas y sopladores cada 3 a 5 años.

**La fórmula tarifaria debe incluir los costos de renovación o reinversión de equipos e infraestructura.**

- ▣ Se recomienda considerar la vida útil para los principales componentes de la PTAR, por ejemplo:
  - Infraestructura constructiva = 20 hasta 40 años (hormigón, diques, etc.)
  - Infraestructura mecánica (bombas, sopladores, etc.) = 8 años
  - Infraestructura eléctrica (tableros) = 8 a 12 años.

**Implementación de cuentas separadas para el agua potable, redes/alcantarillado y la PTAR.**

- ▣ Esto permite la transparencia de los costos del tratamiento de las aguas residuales.

## 2. ORGANIZACIÓN DE LA OPERACIÓN Y DEL MANTENIMIENTO DE LAS PTAR

---

### Fomentar la creación de empresas de mantenimiento de PTAR para varias EPS.

- Estas empresas se especializan en trabajos que requieren maquinaria especializada, por ejemplo:
  - Equipamiento móvil para la remoción de lodos de lagunas
  - Equipamiento móvil para la deshidratación de lodos
  - Grupos electrógenos y equipos de aireación para PTAR temporalmente sobrecargadas).

### Encargar los trabajos de operación y supervisión de la PTAR de localidades aisladas a los pobladores de cada localidad.

- Esto facilita la operación fiable de sistemas de tratamiento preliminar y de lagunas en localidades aisladas.

### Capacitar frecuentemente al personal operativo en la teoría del tratamiento de aguas residuales (parámetros, procesos, tecnologías) y seguridad del trabajo.

- Esto aumenta la eficiencia y calidad del trabajo en las PTAR y la identificación del personal con el trabajo en las PTAR (elimina prejuicios del trabajo en la PTAR).

### Remunerar al personal operativo de las PTAR dignamente.

- Esto se justifica por la responsabilidad que tiene el operador con el medio ambiente, la salud pública y el riesgo para su propia salud.

## 3. EJECUCIÓN DEL TRABAJO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

---

### Las EPS deben contar con documentación completa de sus PTAR y deben reportar una copia electrónica a la SUNASS.

- La documentación debe incluir la descripción de la PTAR, el manual de operación y mantenimiento, el plan de operación del mantenimiento (actualizado anualmente y detallado hasta trabajos diarios), el plan de contingencias y el diagrama de flujo de la PTAR.
- La documentación debe estar al alcance del personal operativo de las PTAR.
- Una copia de la documentación debe guardarse en la SUNASS.

**La SUNASS debe establecer las actividades mínimas de operación y mantenimiento de los procesos de las PTAR, así como el monitoreo de indicadores del funcionamiento de la PTAR.**

- ▣ Es importante definir la obligación del manejo adecuado de lodos en las PTAR de lagunas y sus plazos.
- ▣ Las actividades de monitoreo pueden considerar lo mencionado en el acápite 5.5.3.
  - Es necesario que los operadores de las PTAR conozcan los resultados de los parámetros analizados y que tengan la capacidad de corregir las deficiencias en los procesos.

#### **4. PROGRAMA NACIONAL DE REHABILITACIÓN DE PTAR TIPO LAGUNAS**

---

**El MVCS debe iniciar un programa nacional de remoción de lodos de lagunas colmatadas.**

- ▣ Se ha evidenciado que el mayor problema operativo de las PTAR de lagunas es la colmatación con sedimentos, por lo que se recomienda la implementación por única vez de un programa nacional de remoción de lodos, dado que la mayor parte de EPS no cuentan con financiamiento para esta actividad. De ahí en adelante, los costos de remoción de lodos deberán ser considerados en las tarifas de agua y alcantarillado.
- ▣ Todas las EPS deben presentar, dentro de un tiempo definido (por ejemplo, 1 año), los resultados de la batimetría de sus lagunas que no han tenido mantenimiento hace más de 5 años o presentar un programa de limpieza de todas sus lagunas que se encuentran en operación desde hace más de 5 años.
- ▣ Las EPS deben contar con un plan de remoción frecuente de lodos de las lagunas.
- ▣ Se debe fortalecer el intercambio de experiencias en la remoción de lodos y contar con un manual actualizado anualmente sobre cómo efectuar los trabajos de forma eficiente y a bajo costo.
- ▣ La DIGESA y el MVCS deben aprobar dentro de 1 año una guía de disposición final segura de los lodos removidos en caso de que no existan rellenos de seguridad/sanitarios y de reúso de los lodos removidos (véase la 10.2).
- ▣ El MVCS debe crear un fondo para la adquisición de infraestructura necesaria (canoas, lanchas, balsas, bombas, dragas, lechos de secado) para la remoción de los lodos. El fondo debe funcionar como un préstamo con condiciones favorables para las EPS.



**11.**

---

## **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

- Alves, C. V., Chernicharo, C. A., & von Sperling, M. (2012). UV disinfection of stabilization pond effluent: a feasible alternative for areas with land restriction. *Water Science & Technology* 65 (2) pp 247-253.
- Bayerische Staatsregierung. (1995). Verordnung zur Eigenüberwachung von Wasserversorungs - und Abwasseranlagen (Eigenüberwachungsverordnung - EÜV). Munich.
- Bundesland Hessen. (2010). Abwassereigenkontrollverordnung.
- CEPIS. (2005). Guía para la operación y mantenimiento de tanque sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización. Lima: UNATSABAR. OPS/CEPIS/05.168.
- Chernicharo, C. (2006). Post-treatment options for the anaerobic treatment of domestic wastewater. Springer.
- Falcón, E., & Miglio, R. (2004). Producción de compost a partir de lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales Covicorti - SEDALIB S.A. *Revista Anales Científicos de la UNALM*.
- Fuhrmann, T. (2014). Anwendung und Potentiale von Abwasserteichsystemen im internationalen Kontext. Nuernberg: IEEM.
- Gutierrez Díaz, J., Atencio Ardiles, J., & Guerra Díaz, N. C. (2011). Caracterización de la aguas residuales del sistema de lagunas de oxidación de Juliaca. PNUMA - Titicaca.
- Kloss, R. (2012). Abwassertechnik global. Schriftenreihe des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität Braunschweig. 2. Auflage. 2002, Braunschweig. <http://opus.tu-bs.de/opus/volltexte/2002/292>
- León Suematsu, G. I. (2014). Servicio de consultoría para la elaboración de una estrategia para enfrentar la implementación de los programas de adecuación y manejo ambiental (PAMA), desde la perspectiva sectorial. Lima.
- Libhaber, M. (2015). Propuesta de la política de mejoramiento del desempeño y de la sostenibilidad de las plantas de tratamiento de las aguas residuales en el sector urbano del país (versión preliminar). Lima.
- Libhaber, M., & Orozco-Jaramillo, Á. (2012). Sustainable treatment and reuse of municipal wastewater, for decision makers and practicing engineers. London: IWA Publishing.
- Méndez Vega, J. P., & Marchan Peña, J. (2008). Diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución. Lima: SUNASS.

- ▣ Middlebrooks, E. J., Flakenborg, D. H., & Lewis, R. F. (1979). Performance and upgrading of wastewater stabilization ponds. Cincinnati: US EPA.
- ▣ Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz (2011). Landesverordnung über die Selbstüberwachung von Abwasseranlagen und Abwassereinleitungen (Selbstüberwachungsverordnung - SÜVO). Kiel.
- ▣ Moscoso Cavallini, J. C. (2011). Estudio de opciones de tratamiento y reuso de aguas residuales en Lima Metropolitana. Lima. [www.lima-water.de](http://www.lima-water.de).
- ▣ MVCS. (2006). Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015.
- ▣ MVCS. (2014). Plan Nacional de Inversiones del Sector de Saneamiento 2014-2021. Lima.
- ▣ Nelson, K. L. (2000). Ultraviolet light disinfection of wastewater stabilization pond effluents. London: Water Science and Technology, IWA Publishing.
- ▣ Oakley, S., & Salguero, L. (2010). Tratamiento de aguas residuales domésticas en Centroamérica. OEFA. (2014). La fiscalización ambiental en residuos sólidos. Lima.
- ▣ OMS. (1989). Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. Geneve.
- ▣ OMS. (2006). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume II: Wastewater use in agriculture. Geneva: WHO Publications.
- ▣ OMS. (2006). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume IV: Excreta and greywater use in agriculture. Geneva: WHO Publications.
- ▣ Pescod, M. B. (1992). Wastewater treatment and use in agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 47. Rome: FAO.
- ▣ Rossi Luna, M. G. (2010). Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales en el Perú. FONAMA.
- ▣ Villar Lambruschini, E., & Jara Díaz, R. (2007). Estudio hidrobiológico y evaluación ambiental Plantas de tratamiento de aguas residuales - PTAR Aguas de Tumbes S.A. Lima.
- ▣ Sperling, M. von (2007). Waste stabilisation ponds. London.
- ▣ Wagner, W. (2010). Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de aguas residuales aptas para Bolivia. La Paz.
- ▣ Yáñez Cossío, F. (1993). Lagunas de estabilización; teoría, diseño, evaluación y mantenimiento. Cuenca.





SE TERMINÓ DE IMPRIMIR EN LOS TALLERES GRÁFICOS DE  
**TAREA ASOCIACIÓN GRÁFICA EDUCATIVA**  
PASAJE MARÍA AUXILIADORA 156 - BREÑA  
CORREO E.: tareagrafica@tareagrafica.com  
PÁGINA WEB: [www.tareagrafica.com](http://www.tareagrafica.com)  
TELÉF. 332-3229 FAX: 424-1582  
NOVIEMBRE 2015 LIMA - PERÚ



# Sunass

¡El regulador del agua potable!