



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

LA ECONOMÍA CIRCULAR APLICADA A LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – PUNO, 2020

Línea de investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el grado académico de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo
Sostenible

Autor:

Mamani Salinas, Alfredo

Asesor:

Sánchez Ortiz, Franklin Humberto
(ORCID: 0000-0003-1668-0517)

Jurado:

Coveñas Lalupú, José
Vegas Gallo, Edwin Agustín
Flores Sotelo, Willian Sebastián

Lima - Perú

2024



Reporte de Análisis de Similitud

Archivo:

[1A_MAMANI_SALINAS_ALFREDO_DOCTORADO_2022.docx](#)

Fecha del Análisis:

22/11/2022

Analizado por:

Astete Llerena, Johnny Tomas

Correo del analista:

jastete@unfv.edu.pe

Porcentaje:

03 %

Título:

“LA ECONOMIA CIRCULAR APLICADA A LA GESTION SOSTENIBLE DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – PUNO. 2020”

Enlace:

<https://secure.arkund.com/old/view/147386354-393612-991710#DcY7DslwEEDBu7h+Qvuzvc5VUAoUAXJBmpSlu2NpivmWz1W2u6DoYqijgVa0oR1NDBNMsZWKNWzguOIVb3gnCCGMWE1iUIXcKdd8n/M1j8d5PMsmN7FwHXWMMFMveMn9/>



DRA. MIRIAM LILIANA FLORES CORONADO
JEFA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

LA ECONOMIA CIRCULAR APLICADA A LA GESTION SOSTENIBLE DE
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – PUNO, 2020

Línea de Investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el grado académico de
Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Autor:

Mamani Salinas, Alfredo

Asesor:

Sánchez Ortiz, Franklin Humberto
ORCID: 0000-0003-1668-0517

Jurado:

Coveñas Lalupú, José
Vegas Gallo, Edwin Agustín
Flores Sotelo, Willian Sebastián

Lima - Perú

2024

DEDICATORIA

A mis hijos y familiares, esencia de la vida.

A Rafael, gran amigo y mentor en la eternidad.

AGRADECIMIENTO

Gratitud a las personas que me brindaron estímulo constante para lograr esta meta.

INDICE

RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Planteamiento del problema	12
1.2. Descripción del problema	13
1.3. Formulación del problema	22
<i>1.3.1. Problema general</i>	22
<i>1.3.2. Problemas específicos</i>	22
1.4. Antecedentes	22
1.5. Justificación de la investigación	28
1.6. Limitaciones de la investigación	30
1.7. Objetivos	31
<i>1.7.1. Objetivo general</i>	31
<i>1.7.2. Objetivos específicos</i>	31
1.8. Hipótesis	32
II. MARCO TEÓRICO	33
2.1. Bases Teóricas	33
2.2. Marco Conceptual	44
III. MÉTODO	72
3.1. Tipo de investigación	72
3.2. Población y Muestra	73
3.3. Operacionalización de Variables	74
3.4. Instrumento	75
3.5. Procedimiento	75

3.6. Análisis de Datos	78
IV. RESULTADOS	80
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	89
VI. CONCLUSIONES	90
VII. RECOMENDACIONES	91
VIII. REFERENCIAS	92
IX ANEXOS	100

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Precusores de la Economía Circular</i>	34
Tabla 2. <i>Marco de Gestión de aguas residuales desde una perspectiva de recursos.</i>	43
Tabla 3. <i>Objetivo de Desarrollo Sostenible ODS 6, Metas e Indicadores.</i>	44
Tabla 4. <i>Principales tecnologías de regeneración de aguas residuales tratadas.</i>	56
Tabla 5. <i>Composició n Química Típica de los lodos producidos y tratados.</i>	59
Tabla 6. <i>Instituciones relacionadas con el sector Agua y Saneamiento en el Perú.</i>	61
Tabla 7. <i>Localidades con población mayor a 10 mil habitantes - Región.Puno</i>	65
Tabla 8. <i>Cronología Instalación de PTAR en la Región Puno.</i>	66
Tabla 9. <i>Operacionalización de Variables.</i>	75
Tabla 10. <i>Niveles de Confiabilidad.</i>	78
Tabla 11. <i>Niveles percepción de influencia de la variable Economía Circular.</i>	80
Tabla 12. <i>Niveles de percepción de las dimensiones de la Economía Circular.</i>	81
Tabla 13. <i>Niveles de percepción de la variable gestión de las PTAR.</i>	82
Tabla 14. <i>Distribución de frecuencias de la gestión de las PTAR por dimensiones</i>	83
Tabla 15. <i>Prueba de normalidad.</i>	84
Tabla 16. <i>Prueba de variabilidad de la hipótesis general y específicas.</i>	85
Tabla 17. <i>Estimación de parámetros para la prueba de Economía Circular en la gestión de las PTAR.</i>	86
Tabla 18. <i>Estimación de parámetros para la prueba de Economía Circular en la dimensión Ambiental.</i>	87
Tabla 19. <i>Estimación de parámetros para la prueba de Economía Circular en la dimensión dimensión Económica.</i>	87
Tabla 20. <i>Estimación de parámetros para la prueba de Economía Circular en la dimensión Social.</i>	88

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Cronología del Tratamiento de Aguas Residuales.</i>	47
Figura 2. <i>Esquema de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.</i>	48
Figura 3. <i>Flujo de Aguas Residuales.</i>	53
Figura 4. <i>Calidad del agua durante sus diversas etapas.</i>	54
Figura 5. <i>Ambito de las Empresas Prestadores de Servicio de Saneamiento(EPS).</i>	63
Figura 6. <i>Niveles de percepción de la influencia de la Economía Circular</i>	80
Figura 7. <i>Niveles de percepción de la Economía Circular por dimensiones.</i>	81
Figura 8. <i>Niveles de percepción la variable gestión de las PTAR</i>	82
Figura 9. <i>Niveles de percepción de la gestión de las PTAR por dimensiones.</i>	83

RESUMEN

La presente investigación titulada “La Economía Circular aplicada a la Gestión sostenible de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales-Puno .2020” tuvo como objetivo principal determinar la influencia de la Economía Circular en la gestión de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, región Puno, en las dimensiones ambiental, económica y social. El método es básico; del nivel descriptivo, se utilizó el método analítico, sintético, el diseño no experimental. El universo de investigación comprende funcionarios y directivos encargados de la administración de 20 PTAR de la región Puno. La muestra corresponde al 80% del universo, se realizó encuesta y entrevistas a 16 funcionarios y directivos de 16 PTAR que administran dichas instalaciones mediante Empresas Prestadoras de Servicios de saneamiento (EPS) y Juntas Administrativas de Agua y Saneamiento (JASS). Las técnicas utilizadas para la recopilación de datos fueron las encuestas y entrevistas, el instrumento utilizado fue el cuestionario. Se aplicaron técnicas de análisis de información, análisis documental, indagación, conciliación de datos, tabulación. Se aplicó las siguientes técnicas de procesamiento de datos: ordenamiento se obtuvo que la Economía Circular presenta y clasificación, registro manual, proceso computarizado con SPSS. Los resultados de las evaluaciones, permiten concluir que la Economía Circular influye significativa y favorablemente en la gestión sostenible de las PTARs ubicadas en las riberas del Lago Titicaca en la región Puno, en las dimensiones ambiental, económica y social. Se recomienda realizar futuras investigaciones sobre Economía Circular y su aplicadas a la gestión de aguas residuales industriales.

Palabras claves: Economía Circular, Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Gestión Sostenible, Lago Titicaca.

ABSTRACT

The main objective of this research entitled “The Circular Economy applied to the sustainable management of Wastewater Treatment Plants-Puno .2020” was to determine the influence of the Circular Economy in the management of Wastewater Treatment Plants (WWTP). located on the shores of Lake Titicaca, Puno region, in the environmental, economic and social dimensions. The method is basic; at the descriptive level, the analytical, synthetic method, non-experimental design was used. The universe of research includes officials and managers in charge of the administration of 20 WWTPs in the Puno region. The sample represents 80% of the universe, a survey and interviews were carried out with 16 officials and directors of 16 WWTPs that manage these facilities through Sanitation Service Provider Companies (EPS) and Water and Sanitation Administrative Boards (JASS). The techniques used for data collection were surveys and interviews, the instrument used was the questionnaire. Techniques of information analysis, documentary analysis, inquiry, data reconciliation, and tabulation were applied. The following data processing techniques were applied: ordering and classification, manual registration, computerized process with SPSS. As results, it is observed that the Wald score is very large, greater than 4, which is the cut-off point for the analysis model, reinforced by $p=0.000 < 0.05$, which allows us to demonstrate that the Circular Economy significantly influences the sustainable management of the WWTPs located on the shores of Lake Titicaca in the Puno region, in the environmental, economic and social dimensions. It is recommended to carry out future research on the Circular Economy and its application to industrial wastewater management.

Keywords: Circular Economy, Wastewater Treatment Plant, Sustainable Management, Titicaca lake.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural, renovable y estratégico fundamental para toda forma de vida en nuestro planeta, los cauces por donde se desplaza promueve desarrollo, crecimiento y bienestar de los pueblos. Sin embargo, la satisfacción de nuestras necesidades cada vez más diversa altera su ciclo hidrológico natural. principalmente al utilizar el agua como medio para la higiene, limpieza, salubridad y para deshacernos de los residuos o desechos que causamos en nuestras actividades diarias, lo cual genera aguas residuales que, si no son sometidos a sistemas de tratamiento adecuados, se constituyen en vehículos de contaminación afectando los cuerpos receptores como ríos, lagos, lagunas y otros ecosistemas, haciéndolos más vulnerables al superar su capacidad de autodepuración, regeneración y resiliencia, la contaminación de las aguas puede hacer imposible su uso por falta de tratamientos muchas veces de alto costo.

En ese escenario la Organización de Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura (UNESCO, 2017) prevé que el deterioro de la calidad del agua aumente más en las próximas décadas, poniendo en peligro la salud humana y el medio ambiente, al tiempo que limitará el desarrollo económico sostenible, en ese sentido expresa que “es probable que más del 80% de las aguas residuales se vierte al medio ambiente sin tratamiento adecuado, lo cual degrada los ecosistemas y reduce la disponibilidad de agua dulce para el consumo humano y otros usos” (p.14). Se debe tomar en cuenta que el agua y los sistemas de saneamiento tienen estrecha relación, por lo que las aguas residuales deben ser tomadas en cuenta en la gestión integral de los recursos hídricos, como un componente crítico del ciclo del agua a nivel mundial,, coincidente con esa posición, la Organización Mundial de la Salud (OMS – ONU HABITAT,2018) indica que “la salud de millones de personas está en peligro a causa de la contaminación de las aguas superficiales y la gestión de aguas residuales puede contribuir al logro de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible”.(p.8)

En ese marco, la presente investigación busca demostrar que la Economía Circular influye favorablemente en la gestión sostenible de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca de la Región Puno, contribuyendo de ese modo al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, de la agenda 2030, de los compromisos sobre el cambio climático, la recuperación de nutrientes y biogás para la seguridad alimentaria y energética, respectivamente. .

Para la presente investigación se han considerado las siguientes variables de estudio: como variable independiente la Economía Circular y como variable dependiente la gestión sostenible de las PTAR.

La investigación está constituida por nueve capítulos:

Capítulo I, en este capítulo se expone el planteamiento del problema, la descripción del problema en que describen los hechos, las relaciones y las explicaciones para comprender el alcance de la problemática, también se expone la formulación del problema, los antecedentes, objetivos e hipótesis de la investigación.

Capítulo II, en este capítulo se desarrolla el marco teórico, el marco legal, el marco filosófico, y, el marco conceptual, tomando en cuenta los aspectos observados según las variables, considerando los aportes de otras investigaciones a nivel internacional y nacional, normas legales aplicables en nuestro territorio y la observación de la realidad, permitiendo identificar elementos relevantes relacionadas con las Hipótesis planteadas.

Capítulo III, en este capítulo se describe el Método utilizado en la Investigación como el tipo, población y muestra, operacionalización de variables, técnicas de investigación, instrumentos, procedimientos y análisis de datos.

Capítulo IV, en este capítulo se exponen los resultados que han sido sistematizados bajo la técnica estadística SPSS 25, tras la aplicación del instrumento, que es representado mediante tablas y gráficos que permiten alcanzar en forma clara los resultados.

Capítulo V, en este capítulo se realiza la discusión de resultados; en el Capítulo VI se describen las Conclusiones, en el Capítulo VII las Recomendaciones, en el Capítulo VIII las Referencias; y finalmente en el Capítulo IX los Anexos..

1.1. Planteamiento del problema

La salud de millones de personas está en peligro a causa de la contaminación de las aguas superficiales, debido principalmente a que los vertidos de aguas residuales no tratadas como consecuencia de servicios de agua y saneamiento inexistentes, insuficientes o gestionados de forma inapropiada, se constituyen en vectores para la transmisión de enfermedades como el cólera, diarreas, disentería, hepatitis A, fiebre tifoidea y la poliomielitis, además ocasiona la pérdida de la diversidad biológica y de servicios ecosistémicos lo que puede hacer imposible el reúso del agua por falta de tratamientos muchas veces de alto costo. En ese sentido la UNESCO (2017) señala que “se prevé que el deterioro de la calidad del agua aumente más en las próximas décadas, poniendo en peligro la salud humana y el medio ambiente” (p.13), coincidente con esa posición Cabezas (2018), afirma que en el mundo, anualmente, más de 340 mil niños menores de cinco años mueren por enfermedades diarreicas. Se calcula que 161 millones de niños sufren retraso del crecimiento o malnutrición crónica.y unas 842 mil personas mueren cada año de diarrea como consecuencia de la insalubridad del agua, de un saneamiento insuficiente o de una mala higiene de las manos (p.1). En América Latina y El Caribe, los servicios de agua potable y saneamiento son temas no resueltos, de acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2018) que afirma que “más de 13 millones de habitantes urbanos no tienen acceso a fuentes mejoradas de agua y casi 61 millones a instalaciones mejoradas de saneamiento, situación que en el sector rural se agrava”, asimismo indica que si se consideran los criterios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), estas brechas son más evidentes, solo 65% de la población de la región tiene acceso al agua potable y 22% al saneamiento, la población no atendida se concentra en sectores pobres de las grandes ciudades y en el área rural, las que presentan coberturas que son significativamente

inferiores a las del resto, constituyendo una manifestación de la inequidad social de la región. Por su parte, Reynolds (2002) expresa que en promedio, solo el 10% de las aguas de alcantarillado recolectadas reciben tratamiento, la mayoría de países no tiene personal capacitado para operar y mantener los sistemas de tratamiento (p.2). Asimismo, el BID (2018) resalta que un punto relevante es la baja prioridad de los gobiernos al asignar escasos recursos económicos y poca consideración de los problemas relativos al agua (p.16). Respecto al Lago Titicaca, durante las últimas décadas las riberas, principalmente las más cercanas a las ciudades del anillo circunlacustre han venido sufriendo continuo deterioro de la calidad del agua afectando sus ecosistemas porque las poblaciones de esas localidades generan aguas residuales, que vierten directa o indirectamente al lago sin ser sometidos a procesos operativos de tratamiento adecuado, no obstante que disponen de sistemas de alcantarillado, en ese contexto, según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2014) se evidencian factores negativos en la gestión de las PTAR, que derivan en incumplimiento de la normativa de calidad del agua de descarga al superar los LMP (Límites Máximos Permisibles) y los ECA (Estándares de Calidad Ambiental), (p.5), así como un desfase tecnológico para el tratamiento de aguas residuales, lagunas de estabilización en su mayor parte colapsadas con alto contenido de lodos, falta de personal técnico especializado en operación de PTAR, alta rotación de personal, escasa información sobre instrumentos de gestión, insuficiente presupuesto para limpieza y mantenimiento, lo que se manifiesta en débil gestión de las PTAR, que agrava la situación de los ecosistemas de las riberas del Lago Titicaca y afecta la salud humana..

1.2. Descripción del problema

En los últimos cien años el consumo mundial per cápita de materiales se ha duplicado y el de energía primaria se ha triplicado, mientras que la población se ha multiplicado casi por cinco entre 1900 y 2019. Estos factores han aumentado significativamente tanto la presión sobre los recursos naturales, como la magnitud de los impactos sobre el medio ambiente, en ese sentido IHOBE (2019), indica que la tendencia a futuro es clara: las

necesidades de recursos naturales se triplicarán en 2050 y la demanda de alimentos aumentará en un 70 %, por ello, se requiere un cambio de paradigma en la forma de producir y consumir: pasar de una economía lineal a una economía circular (p.9). En similar sentido, España Circular (2018), advierte que la insostenibilidad del actual modelo lineal que se ha impuesto como patrón de desarrollo económico hace necesario avanzar hacia un modelo de desarrollo y crecimiento que permita optimizar la utilización de los recursos, materias y productos disponibles durante el mayor tiempo posible y reducir al mínimo la generación de residuos (p.8), es decir, realizar un cambio radical hacia una nueva economía, circular -no lineal- basada en el principio de cerrar el ciclo de vida de los productos, servicios y materiales en el mismo sentido, Morato, et al.(2017) señala que:

La Economía Circular (EC) supone “un cambio radical de los sistemas de producción y consumo actuales, hacia sistemas que sean regenerativos desde el diseño, para mantener el valor de los recursos materiales, agua, suelo, energía y productos, limitando exponencialmente los insumos de materias primas y energía, lo que evita generar residuos e impactos negativos derivados, mitigando las externalidades negativas para el medio ambiente, el clima y la salud humana”.

En cuanto a la gestión de aguas residuales, el crecimiento poblacional es un importante propulsor del aumento de la demanda de agua y generación de aguas residuales, en ese contexto, según la UNESCO (2019):

.La población mundial alcanzó a 7.600 millones de personas en 2017, se estima llegar a 8.600 millones para 2030 y 9.800 millones para el 2050 (p.21), asimismo indica que el consumo de agua dulce, ha ido aumentando en todo el mundo “aproximadamente en 1% por año desde la década de 1980, principalmente por la creciente demanda de los países en desarrollo y economías emergentes” (p.1), estimando que la demanda global continuará aumentando a un ritmo similar hasta el año 2050, en que estará entre el 20 al 30% por encima del nivel actual de uso.

Respecto a la disponibilidad, en el planeta hay suficiente agua dulce, pero su distribución y disponibilidad no son adecuadas, la escasez y sequía afectan a algunos países más pobres, recrudece el hambre y la desnutrición, poniendo en peligro su salud por la contaminación de las aguas superficiales.

Por su parte, América Latina está experimentando alto crecimiento demográfico, en el año 1950 se registraron 167 millones de habitantes, en el 2007 se incrementó hasta 572 millones, según Florez (2014), “este crecimiento fue acompañado con movimiento migratorio hacia las zonas urbanas, que, con un nivel de urbanización de 78% ejerce enorme presión para cubrir las necesidades de provisión de servicios de agua y saneamiento” (p.6)..Al respecto, en la reunión (LATINOSAN PERÙ, 2016) se expuso que:

América Latina y El Caribe es, después de América del Norte, la segunda región más urbanizada del mundo. En 2015 alcanzó una población total de 621 millones de habitantes con una concentración urbana del 79%, con respecto al 2012, la población se incrementó en 30 millones, de continuar esa tendencia, para el 2030 la población de la región será de 724 millones, 82% urbana y 18% rural (p.12).

En tanto que en Perú, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI 2020)

La población a junio de 2020 fue de 32.6 millones de habitantes, 25.8 millones en área urbana y 6,7 millones en área rural, agrupados en 25 regiones y 2023 municipios (195 provinciales y 1828 distritales). Las estimaciones de coberturas de agua y saneamiento señalan que, en el ámbito urbano el 94.5 % de habitantes cuenta con servicios de agua potable y el 88.3 % con servicios de alcantarillado, en el ámbito rural se estima una cobertura de 71.2 % en agua potable y 24.6 % en alcantarillado, de acuerdo a ello, 3,4 y 8,3 millones de peruanos respectivamente, no tienen acceso a los servicios de agua potable y alcantarillado.

Por otra parte, la Superintendencia Nacional de Agua y Saneamiento (SUNASS, 2022) indica que:

Hasta diciembre 2020, en el ámbito de de las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS), 18,8 millones de habitantes contaban con servicio de agua potable y 17,5 millones con servicio de alcantarillado. Las EPS produjeron en promedio 4,14 millones de m³ de agua potable al día; o, 221 L/(habitante/día), el agua residual vertida al alcantarillado, fue de 3,28 millones de m³, o, 162 L/(habitante/día) que requiere tratamiento antes de su disposición en el medio ambiente o su reúso. De las 260 localidades del ámbito de las EPS, 96 no cuentan con tratamiento de aguas residuales, por lo que el agua residual cruda de esas localidades vertieron en el 2020 un total de 267,3 millones m³ sin ningún tratamiento, directamente a los ríos, mares, pampas, drenes y otros ecosistemas lo cual representa el 22% del agua residual vertida al alcantarillado de las EPS. En las otras 164 localidades, todas o parte de las aguas residuales vertidas al alcantarillado son conducidas hacia una PTAR. Al año 2021 se identificaron 202 PTAR, de las cuales 171 en operación, 4 en construcción y 27 en situación de obras paralizadas. En relación a las tecnologías para el tratamiento del agua residual, de las 171 PTAR operativas 133 (78%) corresponden a lagunas facultativas, 8 (5%) a lagunas aireadas, 11 (6%) son lodos activados, 8 (5%) filtros percoladores, 6 (3%) son tanque Imhoff y 2 (1%) son tanques sépticos. De las 171 PTAR. 83 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), a pesar de la escasa existencia de manuales de operación y mantenimiento, 91 PTAR cuentan con plan de operación y mantenimiento.

Asimismo, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2017) señala que:

Sedapal, la EPS más grande del país, reportó un tratamiento del 75.9 % del agua residual recolectada; para las EPS grandes y medianas este indicador se reduce a 57.8 % y 36.2 % respectivamente; en las EPS pequeñas el tratamiento solo llega al

9.9 % del total de agua residual recolectada. El tratamiento de aguas residuales no es eficiente, la sobrecarga orgánica promedio es de 50 %, además de deficiencias en la operación y mantenimiento, la falta de personal especializado, tecnología insuficiente, afectan la gestión operativa, situación que se agrava en el tiempo, el 85% de las PTAR 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). El cumplimiento simultáneo de los LMP y ECA Agua no sería viable en todas las localidades por la envergadura de los costos de inversión.

Respecto a la región Puno, la SUNASS (2015):indica que en la región existen cinco EPS que operan 10 PTAR para 1.4 millones de habitantes (2013), al año 2012 la cobertura de agua potable fue de 63.2% y desagües de 41.0%, los efluentes de las PTAR descargan directa o indirectamente al lago Titicaca. por su parte MINAM (2013) describe que

El año 2011 según encuesta realizada en 34 localidades con más de 1000 habitantes, ubicadas en la cuenca del lago Titicaca (parte peruana), 26 localidades contaban con sistemas de tratamiento (lagunas de oxidación en su gran mayoría), las demás evacúan sus aguas residuales sin tratamiento, directamente a los cuerpos receptores. La operación y mantenimiento de las PTAR en su mayoría está a cargo del personal de las municipalidades que no tiene las calificaciones ni conocimiento técnico, siendo Puno, Juliaca, Yunguyo y JD.Choquehuanca las que cuentan con personal competente para esa función.

De acuerdo con la Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT, 2014), las condiciones ambientales en el entorno de los sistemas de tratamiento y disposición final solo 06 se encuentran en buenas condiciones, 18 regular, y 02 en malas condiciones. Las ciudades de Puno y Juliaca, descargan los mayores volúmenes de aguas residuales, en conjunto ambas ciudades superan los 400 mil habitantes con proyecciones de crecimiento acelerado y que como en el caso de la Bahía Interior de Puno, se evidencia la contaminación por la

presencia de la leña y malos olores.(ALT, 2014). Los servicios de agua y saneamiento están por debajo del promedio nacional, correspondiendo 48,2 (vs. 77.3 promedio país) y 38.9 (vs. 65.9 promedio país), respectivamente, los otros indicadores sociales tales como índice de desarrollo humano, índice de desarrollo social, tasa de analfabetismo, etc., muestran diferencias desfavorables respecto del promedio nacional, que reflejan la alta vulnerabilidad de los pobladores de la Región.

El agua no potable y el saneamiento deficiente son las causas principales de la mortalidad infantil, los organismos mundiales que evalúan esta problemática proporcionan información coincidente respecto de la relación directa de la escasa disponibilidad de agua, saneamientos inadecuados, falta de higiene y aguas contaminadas con agentes patógenos, que causan enfermedades como la diarrea infantil que ocasionan la muerte de millones de niños al año, la mayoría de ellos menores de cinco años en países en vías de desarrollo. Según la UNESCO (2017).

En el mundo más del 80% de las aguas residuales se vierte al medio ambiente sin tratamiento lo cual degrada los ecosistemas y reduce la disponibilidad de agua dulce para el consumo humano y otros usos”. Una de las formas más frecuentes de la contaminación del agua es la carga de nutrientes contenidos en las aguas residuales, se estima que las ciudades de rápido crecimiento de los países en desarrollo se convertirán en importantes generadores de nutrientes especialmente en aquellas que carecen de sistemas adecuados de tratamiento de aguas residuales (pp.2,14).

En el mismo sentido, el Banco Mundial (2022) manifiesta que:

En el mundo unos 2000 millones de personas no tienen acceso al servicio de agua gestionada de manera segura, 3600 millones no cuentan con servicios de saneamiento, como resultado anualmente 340 mil niños menores de 5 años mueren debido a enfermedades diarreicas relacionadas con servicios deficientes de agua, saneamiento e higiene. La falta de saneamiento también frena el crecimiento económico. Los servicios deficientes cuestan miles de millones en algunos países,

las pérdidas económicas son provocadas en su mayoría por muertes prematuras y costos de tratamiento de la salud.

Las instalaciones de saneamiento, y la higiene, deben tener un lugar más importante en la planificación para el desarrollo y deben ser tratadas de manera urgente y franca, en ese entender el BID (2018) resalta que un punto relevante es la baja prioridad de los gobiernos al asignar escasos recursos económicos y poca consideración de los problemas relativos al agua. La consecuencia del tratamiento inadecuado de las aguas residuales, implica contaminación del agua asociada con la transmisión de enfermedades, como el cólera, la disentería, la hepatitis A y la fiebre tifoidea, en ese sentido, la OMS (2016) señala que casi la mitad de la población del mundo en desarrollo será afectada por una enfermedad o dolencia directamente relacionadas con agua impura o demasiado escasa, por sistemas de saneamiento deficientes o inexistentes, o por la gestión deficiente de los recursos de agua, a su vez la UNESCO (2017) señala que:

El aumento de los vertidos de aguas residuales sin tratar o con tratamiento inadecuado es una práctica habitual, especialmente en países en desarrollo, porque no cuentan con infraestructura, capacidades técnicas e institucionales y financiamiento necesario, lo que promueve efectos nocivos para la salud humana, el medio ambiente y para las actividades económicas, sumado a ello, la escorrentía de tierras agrícolas y las aguas residuales industriales con tratamiento inadecuado, han llevado al deterioro de la calidad del agua en el mundo, si esas tendencias perduran, la calidad del agua continuará deteriorándose en las próximas décadas, especialmente en los países de bajos recursos poniendo en mayor riesgo la salud humana y los ecosistemas (p.2)

En Perú, la SUNASS (2015) estima que actualmente no se captan 238 mil m³ de agua residual en el sistema de alcantarillado, adicionales volúmenes de aguas residuales descargadas a la red y no derivadas a las PTAR fueron vertidas sin tratamiento a los cuerpos de agua natural, terrenos baldíos o empleadas en prácticas inadecuadas como

riego de cultivos, representando peligros para la salud y el ambiente, también refiere que la ausencia de manejo de lodos en 50% de las PTAR, provoca sobrecargas orgánica o hidráulica, lo que afecta la eficiencia operativa, problema que se agudiza por la falta de manuales y programas de operación, mantenimiento y monitoreo; y que existen PTARs con tecnologías avanzadas de tratamiento que elevan los costos de operación y mantenimiento reflejado en mayor pago por los servicios, en algunos casos no asequibles para buena parte de la población. Respecto al Lago Titicaca, el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2013) señala que el lado peruano de la cuenca del lago Titicaca está en el ámbito de la Región Puno e involucra a 11 del total de 13 provincias, la región muestra altos niveles de pobreza (56.0% vs. 31.3% promedio país) y extrema pobreza (23,9% vs. 9.8 % promedio país). Según la Autoridad Nacional del Lago Titicaca (ALT, 2014):

El Lago y sus poblaciones ribereñas están expuestos a los cambios globales que impactan negativamente en el ecosistema, siendo uno de ellos la contaminación inducida por la disposición inadecuada de las aguas residuales generadas por las localidades circunlacustres, por falta de sistemas de tratamiento de aguas residuales adecuadas a las condiciones climáticas y fisicoquímicas de la zona andina, así como por la carencia de un sistema de gestión integral de dichas aguas residuales.

El agua y los sistemas de saneamiento están estrechamente relacionados, una adecuada gestión puede favorecer el aumento de la recolección y mejorar el tratamiento; y de ese modo contribuir al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (ODS 6), en ese sentido, la OMS – ONU HABITAT (2018) indica que “la voluntad política es necesaria para aprobar medidas de control de la contaminación y velar por su cumplimiento; y los responsables de tomar decisiones deben estar mejor informados sobre las fuentes de contaminación, tratamiento de las aguas residuales y calidad del agua” (p.8), en el mismo sentido el Banco Mundial (2022) sostiene que:

Los beneficios de abordar los desafíos del saneamiento son múltiples como la mejora del saneamiento conduce a una menor carga de morbilidad, mejor calidad de vida,

mejor gestión ambiental, mayor competitividad, afirma además que las aguas residuales no deberían ser vistas como una carga para los gobiernos y la sociedad, sino como una oportunidad económica que puede convertirse en un recurso valioso. y brindar más oportunidades de trabajos colaterales y mejorar la situación económica.

Para avanzar en la solución se debe atender los requerimientos en la cobertura y calidad de los servicios de agua potable y saneamiento a la población, uso eficiente de agua, control de su contaminación, tratamiento de aguas residuales y gestión integrada de los recursos hídricos para mejorar la seguridad hídrica y cumplir con los compromisos nacionales de las metas del ODS 6.

Tomando en cuenta las diversas teorías y conceptos relacionados con el mejor uso de los recursos y procesos, la Economía Circular ha logrado posesionarse como una de las herramientas de gestión más versátiles, de fácil aplicación e implementación, y de creciente aceptación en diversos sectores productivos, concordantes con esas posiciones y opiniones, la presente investigación orienta su objetivo a demostrar la influencia positiva de la Economía Circular en la gestión sostenible de las PTAR del anillo circunlacustre de la región Puno, consistente con la UNESCO (2017) que señala que una adecuada gestión genera beneficios para la sociedad, estimándose que por cada dólar invertido en saneamiento, el retorno estimado es de 5.5 US\$ (p.2). La pobreza jamás se podrá erradicar, ni reducir en gran medida, mientras millones de personas no tengan acceso a agua limpia y vivan en ambientes contaminados. En el ciclo del agua, las PTAR juegan un rol muy importante, su adecuado diseño, instalación y operación pueden contribuir a la gestión sostenible, incorporando volúmenes importantes de agua tratada de buena calidad para cubrir parte de la demanda; y aprovechar los otros sub-productos como el lodo, que bajo los criterios actuales se considera como desecho sin valor económico, representando un problema por las dificultades normativas y operativas para su disposición final, pero que bajo criterios de la Economía Circular adquiere valor económico importante y puede ser considerado como insumo para la generación de energía y nutrientes,

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo influye la Economía Circular en la gestión sostenible de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo influye la Economía Circular en la dimensión ambiental para la gestión sostenible de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno?
- b) ¿Cómo influye la Economía Circular en la dimensión económica para la gestión sostenible de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno?
- c) ¿Cómo influye la Economía Circular en la dimensión social para la gestión sostenible de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno?

1.4. Antecedentes

1.4.1. Economía Circular

En los últimos años la Economía Circular (EC) viene siendo objeto de atención creciente pasando a ser una prioridad en las políticas de algunos países, principalmente de la Unión Europea por tratarse de una alternativa al actual modelo de producción y consumo, con el potencial de resolver retos ambientales. El origen de la EC no se remonta a una única fecha o único autor, la idea de un nuevo modelo de producción, surgió a finales de la década de los setentas y paulatinamente se ha ido condensando y expandiendo su concepto. Los principios de la EC han surgido como respuesta al actual modelo lineal insostenible de “tomar, fabricar, consumir y desperdiciar”, en ese sentido Ulloa (2020), describe que el modelo económico lineal ha alcanzado sus límites físicos debido

principalmente al aumento de la demanda de materias primas y a la alta generación de residuos que lleva asociada (p.1). Ante este escenario la Unión Europea promueve un modelo de EC donde el valor económico tanto de productos, como de materiales y recursos necesarios para su fabricación se mantiene durante todo el tiempo que sea posible minimizando la generación de residuos gracias al desarrollo de las estrategias de reducción y reciclaje. ese sentido, Gonzalez & Vargas-Hernández (2017) sostienen que:

Debido a que la Economía Circular es un modelo que protege al medio ambiente se considera un cuerpo emergente de la Economía Verde, formando parte de una de las formas específicas que tiene la Economía Verde que son: la economía circular, la economía del hidrógeno, y la economía baja en carbono, que según Yuan et al (2006) la Economía Circular fue un término acuñado por estudiosos en China, país que a finales de los 70's ha tenido un crecimiento económico rápido, pero que a su vez ha llegado a una grave escasez de recursos naturales, agotamiento, contaminación ambiental y degradación debido al rápido desarrollo. (p.117).

Por otra parte, España Circular (2018) advierte que:

Tomando en cuenta la insostenibilidad del actual modelo lineal, impuesto como el patrón de desarrollo económico dominante, se hizo necesario impulsar un modelo de desarrollo y crecimiento que permita optimizar el uso de los recursos, con ese objetivo se acuña el término Economía Circular (EC) concebido como un ciclo de desarrollo y transformación, para optimizar el uso de los recursos y fomentar la eficiencia de los sistemas productivos, eliminar las externalidades negativas de la actividad económica, y al mismo tiempo garantizar el crecimiento económico, mayor bienestar de nuestras sociedades, preservación y mejora del capital natural. (p.8).

Consistente con Prieto-Sandoval et al.(2017) que sostienen que:

La EC es un paradigma que tiene el objetivo de generar prosperidad económica, proteger el ambiente y prevenir la contaminación, facilitando el desarrollo sostenible y que es resultado de la evolución del concepto de sostenibilidad y su aplicación en

la economía, la sociedad y el ambiente, promueve cerrar los ciclos de energía y materiales para hacer uso intensivo y apropiado de los recursos. Se considera que la EC consiste en un flujo cíclico, que implica extraer, transformar, distribuir, usar y recuperar los materiales y la energía de los productos y servicios; y que los residuos pueden ser recuperados de dos maneras: como recurso biológico para ser devuelto a la biosfera o como un recurso técnico a ser reincorporado a un proceso industrial, siendo la EC restaurativa y regenerativa, se plantea el nuevo esquema de reducción – reciclaje – reutilización – recuperación, un modelo que se aplica a todos los factores de producción. (p.86)

Por su parte, el Banco Mundial (2021), expresa que hasta ahora, el sector del agua no ha sido incluido sistemáticamente en las discusiones de alto nivel sobre estrategias de Economía Circular, y que una de las mayores ventajas de adoptar los principios de la EC en el procesamiento del agua residual es que la recuperación y reciclaje podría transformar el saneamiento de ser un servicio costoso a un sistema autosostenible que añade valor, genera beneficios económicos y financieros para la sociedad y el medio ambiente. Coincidentemente, el Banco Mundial (2020) indica que avanzar hacia una EC podría generar 4,5 billones de dólares de crecimiento económico mundial para 2030 al evitar el desperdicio, hacer que las empresas sean más eficientes, crear nuevas oportunidades de empleo, ayudando a alcanzar los ODS, regenerar y proteger nuestros ecosistemas y permitir una recuperación sostenible post-COVID,

1.4.2. Gestión Sostenible de PTAR

La gestión es un conjunto de procedimientos y acciones que se llevan a cabo para lograr objetivos específicos optimizando el uso de los recursos y es aplicable a cualquier ámbito que implique utilizar recursos, la gestión sostenible consiste en asegurar la disponibilidad de recursos, incluyendo acciones y organizaciones dentro de un sistema de gestión que buscan asegurar el uso y abastecimiento continuo de recursos naturales a fin de cubrir las necesidades del presente, sin comprometer las necesidades de las futuras

generaciones, en ese sentido Carrillo (2021) manifiesta que durante los años 90 se entendía que la sostenibilidad se lograba combinando tres dimensiones: económica, social y ambiental, refiere que la sostenibilidad no se reduce a la combinación de estas tres 3 dimensiones, sino que la sostenibilidad económica depende de la sostenibilidad social, y estas dos dependen de la ambiental (pp. 2,3). Recientemente, una nueva visión ha formulado que el desarrollo sostenible tiene una cuarta dimensión: 'el tiempo', de modo que las acciones hacia la sostenibilidad tengan un impacto de corto, mediano y largo plazo. Si sólo se utilizan los recursos o también llamados los factores de producción: tierra, trabajo y capital; y si no hay una recuperación de ellos, simplemente ya no existirán, muchos son no renovables, comprometiendo decididamente el legado que se les deja a las generaciones futuras. En ese entender, Aquino (2017), considera que:

Perú no dispone de los recursos adecuados para gestionar los recursos hídricos y aguas residuales de forma responsable, eficiente y sostenible, por barreras de carácter institucional, financiero y normativo que impiden acelerar el ritmo en dicho ámbito y que el Plan Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), enmarcada en la Política Nacional del Ambiente y la Política y Estrategia Nacional de los Recursos Hídricos (PENRH) reiteran la grave situación de la calidad de los recursos hídricos e identifica como causas: la gestión deficiente de los sistemas de tratamientos de aguas residuales y el limitado control, supervisión y fiscalización de vertimientos de aguas residuales, sean estas formales, informales o ilegales. (pp. 23,.24), enfatiza que la gestión de las aguas residuales no forma parte de una gestión integrada de recursos hídricos; sino se limita su enfoque al ámbito administrativo; por ello, la diferencia significativa entre los volúmenes de reúso y vertimiento. (p.116), señalando que el reglamento de autorización de vertimiento de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) muestra la carencia de un enfoque integrado en la gestión del agua residual, distante de conceptos que promueven proyectos para la recuperación y reutilización óptimo del agua residual, de las necesidades de tratamiento del agua residual y los

problemas de abastecimiento de agua, destacando que la recuperación y reutilización óptima del agua residual se consigue de forma más efectiva en el ámbito de una planificación integrada y estratégica

En tanto, la UNESCO (2017) indica que:

El vasto potencial de las aguas residuales como energía y nutrientes, sigue siendo poco explotado, además, que hay numerosas oportunidades para generar sinergias entre los servicios de los ecosistemas y la gestión de aguas residuales bajo dos perspectivas: en primer lugar, los servicios de los ecosistemas pueden contribuir al tratamiento de las aguas residuales como alternativa o complemento de los sistemas de tratamiento de agua residuales convencionales, la purificación del agua en los ecosistemas acuáticos y terrestres puede suministrar agua limpia apta para beber, para la industria, la recreación y los hábitats silvestres; y, en segundo lugar, los recursos incluidos en las aguas residuales como agua, nutrientes y carbono orgánico en circunstancias adecuadas pueden usarse para rejuvenecer y rehabilitar ecosistemas, lo que mejora los servicios ecosistémicos y, en consecuencia, otorga importantes beneficios para la economía y la sociedad.

Por su parte, Rojas (2018), afirma que:

La construcción de PTAR bajo el enfoque de la EC posibilitará conservar un recurso cada vez más escaso, reutilizando las aguas tratadas en actividades agrícolas, industriales y consumo humano; y los subproductos para generar energía y mejorar los suelos, permitiendo reducir los crecientes conflictos por el agua y optimizar el uso de los recursos económicos, indica además que la EC requiere la interacción y coordinación entre los actores sectoriales que permita aprovechar los subproductos de manera sostenible y que este modelo técnicamente atractivo, enfrenta retos normativos, institucionales, financieros y ambientales (Blog CAF).

En tanto Rivadavia (2019), manifiesta que:

El agua residual de origen doméstico es considerado desecho con poco uso beneficioso, por desconocimiento de los recursos que lleva consigo que son susceptibles de ser recuperados, como el nitrógeno y fòsforo que tienen valor económico potencial, por ser nutrientes fundamentales en la agricultura. Por lo que varios países ya lo están valorando como fuente sostenible de estos recursos y vienen desarrollando tecnologías para la recuperación de dichos nutrientes, considerando que en el caso del nitrógeno, se puede recuperar entre 10 y 60 mg/l, y el fòsforo entre 6 y 15 mg/l (p.8)

Consistente con esa opción, Aguirre (2014), indica que:

El biogás, producido por bacterias durante el proceso de biodegradación del material orgánico en una PTAR puede ser utilizado en cualquier equipo comercial diseñado para uso con gas natural, con ventajas medioambientales al reducir los índices de contaminación, estimando que a nivel Perú al 2012 se generan 91,910 m³/día de biogás, equivalentes a 45,955 m³/día de metano, que utilizados para generar electricidad a un precio de 0.11 US\$/kWh, se obtendrían ingresos de 19.14 millones de soles anuales. (pp.40,83).

Para garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos, se asignó el ODS 6 con metas para ser logradas al año 2030, específicamente la meta específica 6.3, que compromete a mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y reutilización, cuyo indicador se refiere al porcentaje de aguas residuales tratadas de manera segura. En ese aspecto, Pastor et. al, (2017) manifiestan que no obstante la primera meta del ODS 6 establece lograr el acceso universal y equitativo al agua potable, a un precio asequible para todos. El Informe del Observatorio de la Sostenibilidad en España (2016) indica que esta meta ha sido satisfecha en su carácter de universalidad del acceso, sin embargo, el debate y la lucha se

centran en la equidad de la gestión y en que el precio sea asequible para todos y no esté sobrecargado en ningún caso debido a intereses ajenos a su cualidad de bien público

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación de la Investigación

La investigación se justifica porque permitirá demostrar las ventajas y beneficios de utilizar la Economía Circular, en la gestión de las PTAR para lograr eficiencia y sostenibilidad; y cumplir de esa manera con los compromisos ambientales, sociales y económicos.

Aplicar la Economía Circular implicaría reducir y/o eliminar los impactos negativos que ocasionan las aguas residuales, que en las condiciones actuales perjudican los ecosistemas y se constituyen en vectores que provocan enfermedades y afectan la salud y bienestar de las persona, al promover el reúso de las aguas residuales tratadas, recuperar sus subproductos como biogás y lodos, para generar energía, obtener nutrientes, e impulsar nuevas oportunidades comerciales y laborales, tomando en cuenta que los residuos generados, considerados como inservibles, sin uso posterior ya no se desechen, sino por el contrario se recuperen, aprovechen y utilicen, considerándose como materia prima o insumos en otras etapas o procesos en la cadena de valor. De los lodos se pueden recuperar Nitrògeno y Fòsforo para ser aprovechados como fertilizantes y contribuir de ese modo a sustituir una porción significativa de la importación de dichos nutrientes, y, a la vez aportar a la seguridad alimentaria. La recuperación energética también puede contribuir a reducir los costos operativos y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero lo cual permitiría ingresos adicionales mediante créditos de carbono, impulsando a la vez, el cumplimiento de los compromisos relacionados al cambio climático. De esa forma la EC, permitiría optimizar los procesos operativos, reducir los costos de producción, mejorar el aprovechamiento de los materiales, disminuir la cantidad de residuos finales, reducir los impactos negativos al medio ambiente, cumplir con los ODS.

Con esta propuesta, la investigación pretende demostrar la influencia favorable de la Economía Circular en la gestión sostenible de las PTAR domésticas de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca - Región Puno, por los beneficios que se pueden lograr, lo que contribuirá a mejorar las condiciones operativas, optimizar el uso de recursos, impulsar el desarrollo sostenible en sus componentes ambiental, económico y social, además de cumplir los compromisos en relación al cambio climático.

1.5.2. Importancia de la Investigación

Desde el punto de vista ambiental, la presente investigación es importante porque permitirá evaluar la influencia de la Economía Circular en la gestión sostenible de las PTAR, y demostrar que en las condiciones actuales la generación de residuos considerados como desechos inservibles se constituyen en focos o vectores de contaminación, en cambio con la nueva estrategia se promueve el uso sostenible de los recursos al considerarlos como insumos para otros procesos o productos, recuperándolos en otras formas, con los consiguiente beneficios de optimizar los procesos, cumplir con el ODS 6, y promover a la vez, la reducción de emisiones de gases efecto invernadero, en consistencia con el cumplimiento con los compromisos sobre el cambio climático.

Desde el punto de vista económico, la presente investigación es importante porque permitirá demostrar que al variar el modo típico de producción, con la nueva estrategia y conceptualización de la Economía Circular se favorece el aprovechamiento de los recursos, promoviendo que las materias primas e insumos se mantengan dentro de la cadena productiva el mayor tiempo posible hasta los límites de la eficiencia, impulsando la optimización de las actividades, con los consiguientes beneficios económicos al generar nuevas fuentes y formas de trabajo, reducción en uso de materias primas, reducción de gastos por generación de energía, ingreso adicional al producir fertilizantes o por reuso del agua regenerada, entre otros. El impacto económico positivo beneficiaría a los operadores de las PTAR, al Estado y a las poblaciones de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno que disponen o están próximas a disponer de PTAR.

Desde el punto de vista social, la presente investigación es importante porque permite conocer la realidad social y laboral de los operadores de las PTAR y el área de influencia en las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno; evidenciar la problemática de gestión que afecta a todos los actores sociales que podrían obstaculizar la aplicación de nuevos instrumentos de gestión.

En ese sentido el presente estudio pretende aportar soluciones prácticas e inmediatas al plantear la aplicación de la Economía Circular como herramienta eficiente para la gestión sostenible de las PTAR, proponiendo renovar los actuales procesos para hacerlos eficientes, incorporar nuevos actores para optimizar los aspectos operativos, mejorar las condiciones laborales, generar nuevos empleos, promover mayores beneficios económicos, reducir los impactos negativos a los ecosistemas y mejorar las condiciones de salubridad de las poblaciones.

Una buena gestión de las aguas residuales implica no solo la reducción de la contaminación en las fuentes, sino también la eliminación de contaminantes en los flujos de aguas residuales, reúso de las aguas regeneradas, recuperación de los subproductos, cumplimiento con los compromisos ambientales, optimización de las operaciones, contribuyendo de ese modo a mejorar el bienestar, la salud de las poblaciones y promover la seguridad hídrica y alimentaria, en línea con el desarrollo sostenible y cumplimiento de compromisos sobre el cambio climático.

1.6. Limitaciones de la investigación

Según Ávila (2001) “Una limitación consiste en que se deja de estudiar un aspecto del problema por alguna razón. Con esto se quiere decir que toda limitación debe estar justificada por una buena razón.” (p.87)

Una de las limitaciones relevantes en este tipo de trabajos de investigación es que los datos sobre recolección y tratamiento de aguas residuales son escasos, en particular (pero no únicamente) en los países en desarrollo. De acuerdo con Sato et al.(2013)

mencionado por UNESCO (2017) “solo 55 de los 181 países analizados contaban con información estadística fidedigna sobre generación, tratamiento y uso de aguas residuales, 69 países tenían datos sobre uno o dos aspectos y 57 países no tenían información, además, el 67% tenían data mayor a cinco años.(p.47)

Otra limitación es la poca información académica y conceptual sobre Economía Circular, al ser un tema nuevo, aún se encuentra en etapa de consistencia, hay que tomar en cuenta que la Unión Europea lo viene aplicando desde el año 2015 a temas de energías renovables, seguridad alimentaria y cambio climático, recién a partir del año 2018 incorpora el tema de agua y saneamiento, también se puede considerar como limitación que el personal directivo a cargo de las PTAR no tiene continuidad en la función, o no reúne las competencias técnicas requeridas, lo que constituye una barrera al solicitar información básica que permita establecer un plan de acción a mediano plazo.

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la Economía Circular en la gestión sostenible de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno.

1.7.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la influencia de la Economía Circular en la dimensión Ambiental para la gestión sostenible de las plantas de tratamientos de aguas residuales de las localidades ubicadas en las riberas del Lago, Región Puno.
- b) Determinar la influencia de la Economía Circular en la dimensión Económica para la gestión sostenible de las plantas de tratamientos de aguas residuales de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno.

- c) Determinar la influencia de la Economía Circular en la dimensión Social para la gestión sostenible de las plantas de tratamientos de aguas residuales de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno.

1.8. Hipótesis

1.8.1 Hipótesis general

La Economía Circular influye favorablemente en la gestión sostenible de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno.

1.8.2 Hipótesis específicas

- a) La Economía Circular influye favorablemente en la dimensión ambiental para la gestión sostenible de las plantas de tratamientos de aguas residuales de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno.
- b) La Economía Circular influye favorablemente en la dimensión económica para la gestión sostenible de plantas de tratamientos de aguas residuales de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno.
- c) La Economía Circular influye favorablemente en la dimensión social para la gestión sostenible de plantas de tratamientos de aguas residuales de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases Teóricas

Economía Circular

La economía global ha estado dominada por un modelo lineal de producción, desde la Revolución Industrial este modelo de desarrollo se ha basado en el uso de recursos naturales, transformados en productos e incorporados a la cadena de consumo para terminar en residuos con destino final a los vertederos, en ese sentido, Espaliat (2017) afirma que:

La aceleración de las economías extractivas y de consumo desde mediados del siglo XX, ha provocado el crecimiento exponencial de factores externos negativos, con alta probabilidad de que estas tendencias se agraven, tomando en cuenta el estimado de que la cantidad de consumidores se duplicará de aquí al año 2030. (Espaliat, 2017, p.11).

La idea de EC ya aparece en el libro *Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente* de Pearce y Turner (1989), donde el capítulo 2 titula “La Economía Circular” (p.29). Esta idea ha ido adquiriendo cada vez más importancia en ámbitos académico, político, económico, empresarial y social, De acuerdo con Cerdá & Khalilova (2016) “A Pearce y Turner se les reconoce académicamente como los pioneros de la EC al plantear cerrar el círculo en la cadena de producción, consumo y reciclaje de residuos utilizando de nuevo materiales de ese reciclaje” (p.11). En ese sentido, IHOBE (2019) señala que tomando en cuenta que las necesidades de recursos naturales se triplicarán en 2050 y la demanda de alimentos aumentará en un 70 %, se requiere un cambio de paradigma en la forma de producir y consumir: pasar de una economía lineal a una Economía Circular (p.9).

La evolución del concepto ha sido impulsado en los últimos años, por un pequeño número de académicos, líderes del pensamiento y empresas. El concepto genérico fue perfeccionado y desarrollado por las escuelas de pensamiento que se muestran en el siguiente Tabla 1: Precursores de la Economía Circular

Tabla 1:*Precursores de la Economía Circular*

Modelo o Filosofía	Autor (es) y año	Características
Permacultura	Mollison y Holmgren, Finales de los 70's	Diseño consciente, mantiene ecosistemas agrícolas productivos. Aplicó e integró ideas y conceptos de innovaciones modernas de la agricultura de conservación, de la agricultura orgánica y de la agricultura tradicional mejorando el rendimiento y la calidad del suelo, reduciendo el consumo de elementos externos y protegiendo la biodiversidad.
Ecología Industrial	Frosch, R. A. y Gallopoulos, N. E. 1989	Contribuyó a la consecución del desarrollo sostenible. Se conoce como la ciencia de la sostenibilidad, por su carácter interdisciplinario y porque sus principios se pueden aplicar también para los servicios.
De la cuna a la cuna (C2C) Cradle to Cradle	McDonough y Braungart, Finales de los 90's	Clasificó los materiales en técnicos y biológicos. Se inspiró en la transformación de la biosfera como modelo para el desarrollo de la transformación del flujo de los procesos industriales, en la tecnosfera. Plantea hacer uso de la energía renovable, gestionar el uso sostenible del agua, promover ecosistemas saludables y la responsabilidad social
Diseño Regenerativo	John T. Lyle 1994	Determinó que cualquier sistema, partiendo de la agricultura, se puede organizar de forma regenerativa, emulando el funcionamiento de los ecosistemas, donde los productos se crean e interaccionan sin producir residuos
Economía del Rendimiento	Walter Stahel 2010	Planteó la visión de una economía en espiral o en bucles, y el consecuente impacto en la creación de empleo, la competitividad, y a la vez reducir el uso de recursos y la generación de residuos, incluyendo principios relacionados con la durabilidad de los productos.
Economía Azul	Gunter Pauli 2011	Se inspiró en la tierra, con puntos en común con los modelos C2C y la Biomímesis. Rechazó la actitud elitista de la economía verde que ofreció productos ecológicos que presentaron el medioambiente pero sólo eran accesibles a una élite con alto poder adquisitivo y poco sostenible.

Nota.- Elaboración propia con base en información de Gonzales & Vargas-Hernandez (2017)

Estos modelos, conceptos y propuestas, tuvieron una corta duración en el tiempo y el ámbito de su aplicación, por estar orientados a sectores específicos relacionados principalmente a la industria, Sin embargo, fueron importantes para plantear la: Economía Circular, como un nuevo modelo para el crecimiento económico y generación de puestos de trabajo desacoplados del consumo de recursos no renovables y de externalidades negativas, sugiere reducir la extracción de materias primas y al mismo tiempo desaparecer o reducir al máximo los vertidos al suelo y la contaminación del aire y del agua, con impactos realmente positivos a nivel socioeconómico y ambiental.

Las iniciativas sobre Economía Circular son todavía incipientes, las acciones han estado centradas principalmente en las políticas ambientales de la fase final del ciclo económico, como es la gestión de residuos. Tomando en cuenta las diversas teorías y conceptos relacionados con el mejor uso de los recursos y procesos, la Economía Circular ha logrado posesionarse como uno de los instrumentos de gestión más versátiles, de fácil aplicación e implementación, y de creciente aceptación en diversos sectores productivos, concordantes con esas posiciones y opiniones, para la presente investigación se considera que este instrumento puede ser aplicado con éxito en la gestión de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Conceptos de Economía Circular.

Según el Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA, 2018):

La Economía Circular (EC) es considerada como un modelo económico que se interrelaciona con la sostenibilidad, y cuyo objetivo es que el valor de los productos, los materiales y los recursos (agua, metales, energía) se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, y que se reduzca al mínimo la generación de residuos; el concepto EC se ha extendido ampliamente en los últimos años, en los ámbitos científico, empresarial y en las políticas públicas, dando lugar a diversas aproximaciones al mismo. (p.8).

Para Mathews, et al. (2011) “la Economía Circular promueve políticas y estrategias que reducen las demandas materiales y energéticas del crecimiento, a un nivel (ideal) en el que

la economía crece, pero los flujos de materia y energía se mantienen constantes” (p.466), en tanto que Prieto-Sandoval et al.(2017) sostiene que la EC es un paradigma que tiene como objetivo generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación, facilitando así el desarrollo sostenible (p.86), representa la alternativa para responder a los desafíos del crecimiento económico y productivo actual, promoviendo flujos cíclicos para la extracción, transformación, distribución, uso y recuperación de los materiales y la energía para generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación: De manera similar, según CONAMA (2018), la Unión Europea considera que la EC es aquella en la cual el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, y en la que se reduzca al mínimo la generación de residuos (p.6).

El año 2010, se creó la Fundación Ellen MacArthur con el objetivo de acelerar la transición hacia la EC a nivel global y posicionarla en las agendas de los responsables de empresas, gobiernos y académicos. Según la Ellen MacArthur Foundation (2017):

La Economía Circular es restaurativa y regenerativa por diseño y tiene como objetivo mantener los productos, componentes y materias en su mayor utilidad y valor en todo momento, distinguiendo entre ciclos técnicos y biológicos. Este nuevo modelo económico busca en última instancia desvincular el desarrollo económico global del consumo finito de recursos. Impulsa objetivos estratégicos clave como la generación de crecimiento económico, creación de empleo y reducción de impactos ambientales negativos, incluidas las emisiones de carbono. (p.2). La Economía Circular distingue entre ciclos técnicos y ciclos biológicos: El ciclo técnico consiste en la gestión de reservas de materias finitas, el uso sustituye al consumo, las materias se recuperan y la mayor parte se restaura, el ciclo biológico comprende los flujos de materias renovables, el consumo únicamente se produce en el ciclo biológico, los nutrientes renovables (biológicos) se regeneran en su mayor parte en este ciclo biológico.(p.5)

Conforme lo previsto por sus creadores, la EC es un ciclo de desarrollo continuo positivo que preserva y aumenta el capital natural, optimiza el rendimiento de los recursos

y minimiza los riesgos del sistema, gestionando stocks finitos y flujos renovables, funciona de manera efectiva a cualquier escala. De acuerdo con Cerdá & Khalilova (2016), la EC aborda desafíos globales como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, los desechos y la contaminación.

Principios de la Economía Circular.

Según Ellen MacArthur Foundation (2017) la EC se apoya en los siguientes principios:

Principio 1: Eliminar los desechos y la contaminación, actualmente nuestra economía funciona en un sistema de tomar-hacer-desperdiciar. Gran parte de los desechos terminan en vertederos o incineradores y se pierden. El sistema no puede funcionar a largo plazo porque los recursos de nuestro planeta son finitos, se debe preservar y mejorar el capital natural controlando reservas finitas y equilibrando los flujos de recursos renovables..

Principio 2. Circulación de productos y materiales, significa optimizar el rendimiento de los recursos, circulando siempre productos, componentes y materiales en su nivel más alto de utilidad, en los ciclos técnico y biológico.

Principio 3: Regenerar la naturaleza, promover la eficacia de los sistemas detectando y eliminando desde el diseño los factores externos negativos. (p.7)

Características de la Economía Circular

La estrategia de la EC, se refleja inicialmente en el ámbito de los residuos a los que se les reconoce como una fuente potencial de contaminación y pueden llegar a ser, materias primas secundarias, según (Ellen MacArthr Foundation, 2017), la EC se define en función de las siguientes características fundamentales:

Diseñar sin residuos. Los residuos no existen cuando los componentes biológicos y técnicos de un producto se diseñan con el fin de adaptarse dentro de un ciclo de materiales con características para el desmontaje y la readaptación. Los materiales biológicos no son tóxicos y pueden destinarse al compostaje fácilmente.

Aumentar la resiliencia por medio de la diversidad. La modularidad, la versatilidad y la adaptabilidad son características prioritarias en situaciones inciertas y en rápida evolución.

Trabajar hacia el uso de energía de fuente renovable. Los sistemas deberían tratar de funcionar fundamentalmente a partir de energía renovable, lo que sería posible por los valores reducidos de energía que precisa una economía circular restaurativa.

Pensamiento en sistemas. Es fundamental comprender cómo influyen entre sí las partes dentro de un todo y la relación del todo con las partes. Los elementos se consideran en relación con sus contextos ambientales y sociales.

Pensamiento en cascadas. Se basa en la posibilidad de incrementar el valor de una materia prima o secundaria, promoviendo reintroducirla en el ciclo de vida de su mismo uso o en la de otros usos.

Enfoque en el rendimiento. El rendimiento tiene que ser sinérgico y que genere beneficios múltiples, incluyendo la creación de valores añadidos, puestos de trabajo y reducción del consumo de recursos, lo cual supondrá la reducción de los impactos negativos (p.8).

Mediante este nuevo modelo económico se pretende transformar los patrones de producción y consumo de la sociedad para lograr un sistema productivo sostenible.

Gestión Sostenible de las PTAR

La gestión es un conjunto de procedimientos y acciones que se realizan para lograr objetivos específicos optimizando el uso de los recursos y es aplicable a cualquier ámbito que implique utilizar recursos. El paradigma organizacional tradicional se centra exclusivamente en medir el impacto, la eficacia y la eficiencia a través de lo que se conoce como gestión por objetivos, modelo que privilegia obtener lo que se quiere, aunque generalmente se logra desatendiendo el modo en que estos objetivos se alcanzan, en cambio, la gestión por subjetivos se concentra en la forma en la que se alcanzan los objetivos y de qué modo se establecen los vínculos entre las personas y se conforma el pacto cultural dentro de la organización y de la sociedad. Es por eso importante que las

organizaciones en su proceso de toma de decisiones, sumen a la ya tradicional y conocida gestión por objetivos, la gestión por subjetivos, teniendo en cuenta tanto la calidad del producto, del servicio como la calidad de los vínculos con el medio ambiente y la sociedad.

La sostenibilidad es una forma de desarrollo que permite suplir la demanda y los requerimientos actuales, sin que esto implique que generaciones futuras corran el peligro de no poder satisfacer su propia demanda. En este contexto, la gestión sostenible implica el comportamiento de una organización para obtener, en la medida de lo posible, a medio y largo plazo, un balance general positivo de sus acciones en los ámbitos económico, ambiental y social, por lo tanto, la gestión sostenible consiste en asegurar la disponibilidad de recursos, incluyendo acciones y organizaciones dentro de un sistema de gestión a fin de cubrir las necesidades del presente, sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones, en esencia, se trata de administrar recursos y procesos de manera que se minimice el impacto negativo al ecosistema y se promueva la equidad social y económica.

Sistema de Gestión Sostenible es un sistema de gestión que cumple los principios del desarrollo sostenible. La adopción de un sistema de gestión sostenible debe nacer del compromiso de la organización por contribuir al desarrollo sostenible y poner a disposición de sus clientes productos y servicios que a lo largo de su ciclo de vida sean lo más sostenibles posible.

Desarrollo Sostenible

El origen del concepto de desarrollo sostenible se relaciona con la preocupación creciente de la comunidad internacional en las últimas décadas del siglo XX al considerar el vínculo entre el desarrollo económico y social, y sus efectos sobre el medio ambiente, en magnitud, extensión y consecuencias futuras, que ponen en peligro la capacidad de supervivencia de la humanidad.

En 1983, la Organización de Naciones Unidas crea la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo, integrada por personalidades del ámbito científico, político y social. Designa a la señora Gró Harlem Brundtland, entonces primera ministra de Noruega, para dirigir esta Institución. En abril de 1987 la Comisión publicó el informe, titulado

“Nuestro futuro común” (“Our common future”, en inglés) conocido también como “Informe Brundtland” (Brundtland, 1987) en el cual se introduce el concepto de desarrollo sostenible que se define como “la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”.(p.15). El desarrollo sostenible se constituye de esa forma como el principio rector para el desarrollo mundial en base a tres pilares: desarrollo económico, desarrollo social y la protección del medio ambiente, que interactúan de manera equilibrada.

De acuerdo con Brundtland (1987), entre las conclusiones del “Informe Brundtland” se mencionan que:

Los modelos de crecimiento económico imperantes a nivel mundial, conducen inevitablemente al agotamiento paulatino de los recursos naturales del planeta, a la degradación ambiental y al aumento de la pobreza, reforzando la idea de falta de solidaridad intergeneracional. Sin embargo, considera que .con una distribución más equitativa y racional de los bienes se podría crecer económicamente y reducir la pobreza, para lo cual es imprescindible lograr una acción consecuente de los líderes políticos y una participación efectiva de los ciudadanos en integrar los objetivos del desarrollo económico y social con la conservación ambiental.

Desde el punto de vista social, considero importante analizar el crecimiento demográfico en su vínculo con la disponibilidad de recursos naturales y con los requerimientos de alimentación, recursos energéticos, agua, infraestructura técnica, vivienda y espacio físico. Para enfrentar los retos del presente, y en especial los del futuro, es necesario disponer de una población instruida y sana, aspectos deficitarios a nivel mundial..

Respecto del componente natural o ecológico, el informe alertó sobre la pérdida de biodiversidad y el riesgo de extinción de numerosas especies, así como la intensa degradación o fragmentación de muchos ecosistemas, lo cual compromete los servicios que estos brindan a los seres humanos.

Los recursos naturales marcaban algunas limitaciones al crecimiento económico, particularmente el agotamiento de los recursos no renovables y la capacidad de la biosfera de absorber los efectos de la actividad humana, pero los avances tecnológicos podían permitir su utilización más eficiente, a partir de emplearlos en menor medida, reducir la emisión de desechos y aumentar los niveles de reúso.

Un hito importante sobre la preocupación de la problemática ambiental es la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), celebrado en 1992 en la “Primera Cumbre de la Tierra” en Río de Janeiro, Brasil, donde se adoptó como objetivo político el concepto de Desarrollo Sostenible (Rojas, 2014). Varios países lo incluyeron en su constitución o cuerpos legales, y crearon ministerios, agencias o institutos para promover planes de acción para lograr el desarrollo sostenible en los planos nacional, regional e internacional.

En 2002, en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, se aprobó el Plan de Aplicación de Johannesburgo, se revisaron los progresos y las lecciones aprendidas desde la Cumbre de la Tierra, y se propuso un enfoque más específico, con medidas concretas y metas cuantificables con plazos y metas.

En junio 2012, coincidiendo con el 20º aniversario de la Cumbre de la Tierra de 1992, representantes de 193 países se reunieron en Río de Janeiro, en la vigésima reunión de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo, conocido como Río+20, renovaron su compromiso por el desarrollo sostenible y promoción de un futuro económico, social y ambientalmente sostenible para el planeta (ONU, 2012), se comprometieron a:

Reconocer que erradicar la pobreza, modificar las modalidades insostenibles y promover modalidades sostenibles de producción y consumo, proteger y ordenar el uso de recursos naturales para el desarrollo económico y social son objetivos generales y requisitos indispensables del desarrollo sostenible, que para lograrlo se debe promover un crecimiento sostenido, inclusivo y equitativo, creando mayores oportunidades para todos, reduciendo las desigualdades, mejorando los niveles de

vida básicos, fomentando el desarrollo social equitativo y la inclusión, y promoviendo una ordenación integrada y sostenible de los recursos naturales y los ecosistemas que preste apoyo, al desarrollo económico, social y humano, y facilite al mismo tiempo la conservación, la regeneración, el restablecimiento y la resiliencia de los ecosistemas frente a los problemas nuevos y emergentes.

En septiembre 2015, en Nueva York en la Cumbre Mundial para el Desarrollo Sostenible, los Estados Miembros de la ONU, como parte de la 70ª Asamblea General de la ONU, aprobaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, agenda internacional para el periodo 2016-2030, conocido como Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), con el fin de erradicar la pobreza, disminuir las desigualdades y vulnerabilidades, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todas las personas bajo el paradigma del desarrollo humano sostenible. Los ODS son 17, cada objetivo con metas específicas, haciendo un total de 169 metas. (ONU, 2015).

Gestión Sostenible de las Aguas Residuales

La gestión de aguas residuales ha sido practicada por varios milenios, y ha evolucionado y mejorado a lo largo de la historia. Los etruscos, por ejemplo, desarrollaron sistemas de canales para recolectar diferentes flujos de agua, y los romanos posteriormente asimilaron estas técnicas, mejorándolas y adaptándolas a sus necesidades (UNESCO, 2017, p.18). Las aguas residuales y las excretas se consideran comúnmente productos de desecho inútiles y potencialmente peligrosos. Sin embargo, son recursos valiosos que, si se gestionan correctamente, pueden servir para mejorar la salud de los ecosistemas y el bienestar humano. La rica materia orgánica contenida en nuestras excretas y aguas residuales se puede usar para mejorar los suelos o producir biogás limpio y bajo en carbono. Además, si se tratan adecuadamente, las aguas residuales se pueden usar para riego agrícola o incluso agua potable limpia. Actualmente, la mayoría de la infraestructura de sistemas de tratamiento de aguas residuales en varias ciudades de más rápido crecimiento es deficiente, escasa u obsoleta, a menudo desbordada, mal conservada, no responde a las necesidades locales y no puede seguir el ritmo de

crecimiento de la población urbana. Si no se mejoran la infraestructura y la gestión, millones de personas seguirán muriendo anualmente por falta de acceso al agua potable.

Desde la perspectiva de recursos, la UNESCO (2017) indica que la gestión sostenible de las aguas residuales requiere políticas que reduzcan la carga de contaminación por adelantado; tecnologías personalizadas que permitan tratamiento adecuado para el fin específico que permita optimizar el uso de los recursos; y, tener en cuenta los beneficios de la recuperación de recursos, conforme se ilustra en la Tabla 2 “Marco de gestión de aguas residuales desde una perspectiva de recursos” que toma en cuenta los recursos contenidos en las aguas residuales como el agua, nutrientes, materia orgánica y contenido energético, que mediante diversas formas de gestión y aplicación de sistemas técnicos pueden ser aprovechados para la protección de la salud, del medio ambiente, la seguridad alimentaria, seguridad energética e hídrica.

Tabla 2

Marco de Gestión de aguas residuales desde una perspectiva de recursos

Recurso en excrementos y aguas residuales	Opciones de gestión de recursos	Opciones del sistema técnico	Múltiples beneficios potenciales
Agua	Reuso y reciclaje del agua	Gestión de excrementos a través del agua frente a no a través del agua	Protección de la salud
Nutrientes	Reuso combinado de agua y nutrientes		Protección del medio ambiente.
Materia Orgánica	Reuso de nutrientes o reuso combinado de materia orgánica y nutrientes	Gestión separada de aguas grises	Seguridad del agua
Contenido Energético	Generación de Energía	Gestión de lodos	Seguridad alimentaria
		Tratamiento in situ vs. Ex situ	Seguridad energética
Otros	Servicios ecosistémicos		Mitigación del clima y adaptación a él.

Nota.- Adaptado del Informe Mundial (UNESCO, 2017).

Gestión Sostenible y ODS 6.

Para garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos, se asignó el ODS 6, con metas para ser logradas en el año 2030, aplicándose al caso de nuestra investigación, las siguientes metas que se muestran en la Tabla 3,

Tabla 3*Objetivo de Desarrollo Sostenible 6, Metas e Indicadores*

META	INDICADOR
6.1 De aquí al 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos.	6.1.1. Porcentaje de la población que dispone de suministros de agua potable gestionados de manera segura
6.2 De aquí al 2030, lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones de vulnerabilidad	6.2.1. Porcentaje de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de forma segura, incluyendo instalación para lavarse las manos con agua y jabón.
6.3 De aquí al 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.	6.3.1. Porcentaje de aguas residuales tratadas de manera segura

Nota. Adaptado de UNESCO (2017)

2.2. Marco Conceptual

2.2.1 Tratamiento de Aguas Residuales

Las aguas residuales, también conocidas como “aguas servidas” o “efluentes”, han sido definidas de varias maneras, según la UNESCO (2017):

No existe una única definición universalmente aceptada para el término, algunos la definen como “agua que ha sido utilizada y contiene materiales de desecho disueltos o suspendidos” otros como “agua cuya calidad ha sido negativamente afectada por actividad antropogénica”. Una definición amplia e inclusiva adaptada de (Raschid-Sally & Jayakody, 2008), indica que las aguas residuales se consideran como una combinación de uno o más de los siguientes: aguas negras (excremento, orina y lodos fecales) y aguas grises (aguas servidas de lavado y baño); agua de establecimientos comerciales e instituciones, efluentes industriales, aguas pluviales y otras escorrentías urbanas; y escorrentías agrícola, hortícola y acuícola.(p.17)

Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2014) aguas residuales son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por

actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (p.2). Otros términos relacionados son “reutilizado”, “reciclado” y “regenerado” utilizados por algunos como sinónimos, mientras que otros los definen específicamente, aunque de formas diferentes. En relación a la evolución de los sistemas de saneamiento, de acuerdo con WE ARE WATER (2017):

La primera instalación de saneamiento fue el pozo ciego o pozo negro en Babilonia hacia 4000 a.C. Una simple excavación en el suelo donde concentrar los excrementos que se generalizó a otras ciudades y zonas rurales. Los babilonios ya habían desarrollado una hidráulica incipiente para el transporte del agua y aplicaron sus conocimientos a la conducción de las heces a los pozos negros mediante el baldeo y las primeras tuberías de arcilla.

El año 3000 a.C. en la ciudad de Mohenjo-Daro, Pakistán, aparecieron los primeros edificios con letrinas conectadas a alcantarillas en las calles. Los ciudadanos baldeaban con agua sus letrinas que las recogían en las alcantarillas y, la llevaban al pozo ciego o al río Indo. El problema había crecido en complejidad y magnitud, y empezaron a contaminar sistemáticamente los cursos de agua.

Por su parte UNESCO (2017) refiere que::

Los griegos fueron los primeros en conocer y entender la relación entre la calidad del agua y la salud pública, desde la antigüedad (300 a.C. a 500 d.C.) utilizaban letrinas públicas que drenaban hacia alcantarillas para transportar las aguas residuales y pluviales hacia un colector en las afueras de la ciudad. De ahí, era conducida a campos agrícolas por canaletas de ladrillo para ser utilizada en el riego y fertilización de cultivos y huertas. Los romanos alrededor de 800 años a.C., construyeron la “Cloaca Maxima” el colector más grande de aguas residuales. Inicialmente este sistema central de alcantarillado fue utilizado para drenar el pantano sobre el cual se construyó Roma. El agua era transportada por un acueducto desde los baños públicos y letrinas hasta el alcantarillado colocado debajo de la ciudad y finalmente

hacia el Tiber. Las calles eran lavadas con agua del acueducto y esa agua generada se conducía hacia las alcantarillas. Este sistema funcionó muy bien porque contó con un gobierno efectivo y la protección del poder militar, aún para el mantenimiento de los acueductos más lejanos, cuando el Imperio Romano colapsó, su sistema sanitario también colapsó. (p.18)

El periodo comprendido entre los años 450 y 1750 d.C. fue conocido como la “era de la obscuridad sanitaria”, según Henze (2017) “en ese periodo los residuos los disponían en las calles, vaciando los recipientes desde las ventanas del segundo nivel” (p.2). Esta pérdida de la práctica higiénica derivó en problemas sanitarios, la disentería, el tifus, la fiebre tifoidea y otras enfermedades provocaron la muerte de miles de personas y el éxodo hacia el campo. Posteriormente las ciudades volvieron a poblarse, la densidad poblacional aumentó considerablemente, el hacinamiento y las condiciones insalubres en toda Europa y Asia provocaba que periódicamente surgieran pandemias catastróficas; como la Peste de Justiniano (541 - 542) y la Muerte Negra (1347 – 1351), que mató a millones de personas y alteró radicalmente la sociedad. Hacia finales de la edad media empezaron a construir en Europa los denominados pozos negros; consistentes en un simple hoyo en la tierra que permitía que los sólidos sedimenten y el líquido se filtre a través de ella. El contenido era periódicamente retirado y empleado como fertilizante, o era vertido en los cursos de agua y tierras no explotadas.

Según Lofrano & Brown (2010):

Las principales novedades en el tratamiento de las aguas residuales surgieron en el siglo XIX, la revolución industrial impulsó la concentración incontrolada de la población en torno a los centros de producción, que provocó condiciones sanitarias penosas, ocasionando epidemias que pusieron en evidencia la conexión entre el estado sanitario del agua de consumo y las enfermedades. En 1847, se estableció en Gran Bretaña la obligación de conectar los edificios a redes de alcantarillado, iniciativa que sentó las bases del saneamiento, específicamente en la recogida y transporte de las aguas residuales hacia los ríos que agravó la calidad de estos ríos,

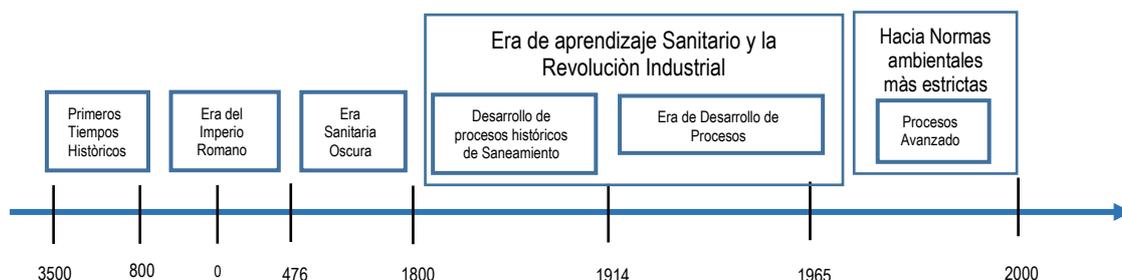
creando condiciones higiénicas y ambientales inaceptables, lo que motivó la necesidad de instalar sistemas de depuración, inicialmente para eliminar materia sólida, posteriormente complementada con la eliminación de la materia orgánica soluble mediante tratamientos biológicos, como filtros percoladores (1897) y lodos activados (1914). En 1860 Jean Baptiste Mouras inventó la fosa séptica, un depósito de cuatro metros cúbicos, con el propósito principal de eliminar los sólidos gruesos antes de su descarga al río más cercano. Durante el siglo XX se impulsó la gestión de aguas residuales en base a la ciencia ambiental, la contaminación y los avances científicos que puso en debate las prioridades sociales y ambientales. (p.5259)

De acuerdo con Henze (2017):

Durante la primera mitad del siglo XX, las aguas residuales eran descargadas a los ríos, considerados como parte del proceso de tratamiento. Posteriormente se reconoció que el vertido directo en los ríos provocaba problemas sanitarios, lo cual llevó a construir instalaciones de depuración, en la segunda mitad del siglo XX se presentó el problema de eutrofización, ocasionada por el rápido crecimiento de algas y otras plantas acuáticas por el efecto fertilizante del nitrógeno y fósforo, que en la década del 60 ya era evidente que debían ser eliminados de las aguas residuales para prevenir la eutrofización, lo cual motivó importantes investigaciones.(p.3).

La figura 1, representa un esquema cronológico de la evolución de las técnicas de tratamiento de aguas residuales desde la antigüedad hasta la actualidad.

Figura 1.
Cronología del Tratamiento de Aguas Residuales



Nota. Adaptado de (Lofrano & Brown, 2010)

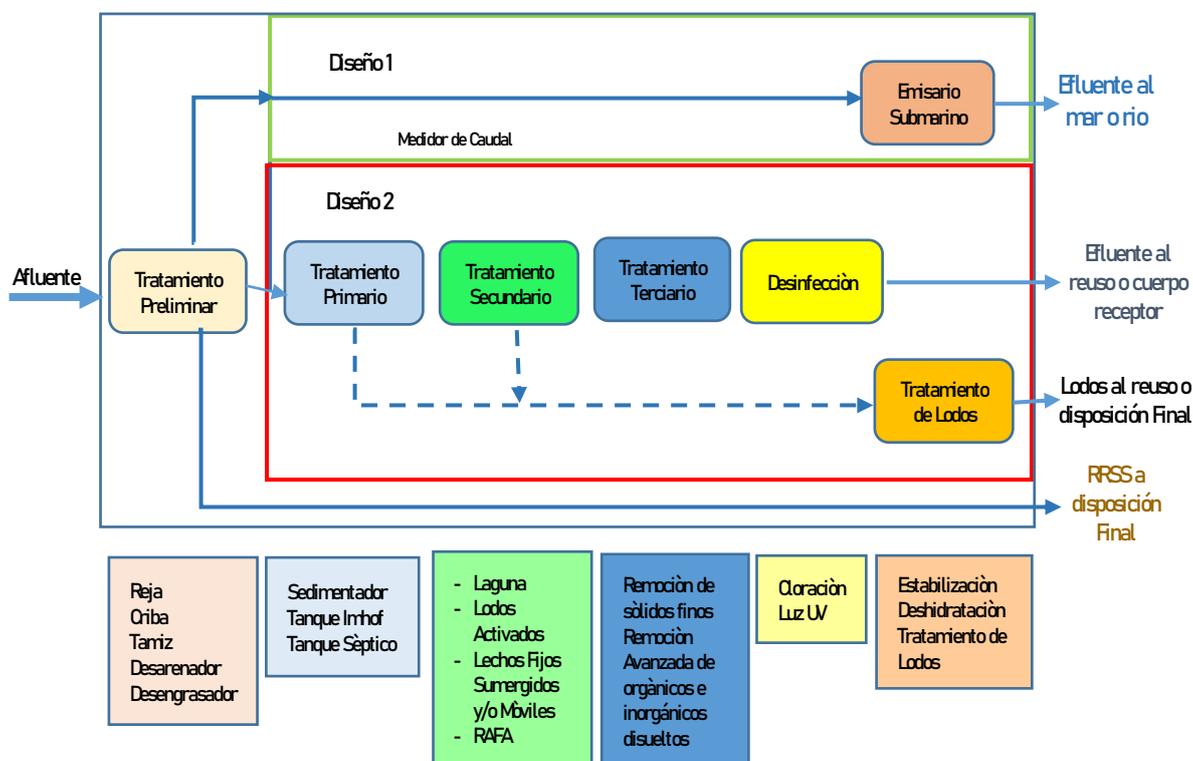
Fundamentos básicos del tratamiento de aguas residuales urbanas.

El tratamiento de las aguas residuales consiste en una combinación de procesos físicos, químicos y biológicos para eliminar los componentes indeseables de las aguas residuales (UNESCO, 2017, p.45). En general, el tratamiento de las aguas residuales urbanas consta de tres procesos principales (i) Recogida y conducción de las aguas residuales hasta la estación de tratamiento, (ii) Tratamiento de las aguas residuales; (iii) Evacuación de los productos resultantes del tratamiento, efluentes depurados y lodos. (CENTA, 2006). La demanda de sistemas de tratamiento de aguas residuales aumenta continuamente, la complejidad y variedad depende de los objetivos establecidos para el efluente. Sin embargo, todos los procesos y tecnologías cuentan con los mismos procesos básicos (Henze et al., 2017),

La figura 2 representa el esquema de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Figura 2

Esquema de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales



Nota. Adaptado de (SUNASS, 2015).

Cada etapa o proceso puede incluir una variedad de tecnologías, que dependerá de la calidad del efluente requerido. Los niveles de tratamiento de aguas residuales, se clasifican en: preliminar o pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado (MINAM, 2009).

Pretratamiento.

Las aguas residuales antes de su tratamiento, propiamente dicho, se someten a un pretratamiento que comprende operaciones físicas y mecánicas, para separar del agua residual la mayor cantidad posible de materias, que, por su naturaleza o tamaño, pueden ocasionar problemas en las etapas posteriores del tratamiento como obstrucciones de tuberías, válvulas y bombas, desgaste de equipos, formación de costras, etc. El pretratamiento comprende operaciones de separación de grandes sólidos, desbaste, tamizado, desarenado, y desengrasado.

Separación de grandes sólidos: se ubica en cabecera de la instalación un pozo de gruesos, para separar sólidos de gran tamaño y excesiva cantidad de arenas. *Desbaste,* consiste en eliminar los sólidos de tamaño grande y mediano (trozos de madera, trapos, raíces, etc.), y de finos, el procedimiento es hacer pasar las aguas a través de rejillas, de acuerdo con la separación entre los barrotes, pueden configurarse como Desbaste de gruesos si el paso libre entre los barrotes es de 50 a 100 mm, y Desbaste de finos si el paso libre es de 10 a 25 mm; *Tamizado:* tiene por objeto reducir el contenido de sólidos en suspensión en las aguas residuales, mediante filtración a través de un soporte delgado dotado de ranuras de paso. Para aguas residuales urbanas se emplean tamices con luces de paso comprendidas entre 0,2 y 6 mm. *Desarenado,* su objetivo es extraer las arenas de las aguas residuales. para proteger los equipos mecánicos contra la abrasión, el desgaste y evitar la acumulación, *Desengrasado,* proceso para eliminar las grasas, aceites y materias flotantes de menor densidad que el agua. Normalmente, las operaciones de desarenado y desengrasado se llevan a cabo de forma conjunta.

Tratamiento Primario.

Consiste en el tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico o fisicoquímico que incluye la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO_5 de las aguas residuales que ingresen, se reduzca, por lo menos, en un 20%, y el total de sólidos en suspensión se reduzca, por lo menos, en un 50%, incluye dos principales procesos: (i) Decantación primaria, cuyo objetivo es eliminar la mayor parte de los sólidos sedimentables, por acción de la gravedad. El retiro de estos sólidos es muy importante, para evitar fuertes demandas de oxígeno en el resto de las etapas de tratamiento; (ii) Tratamientos fisicoquímicos, que consiste en agregar reactivos químicos para reducir los sólidos en suspensión y eliminar, los sólidos coloidales al incrementar su tamaño y densidad con procesos de coagulación-floculación, este tratamiento se aplica principalmente cuando las aguas residuales incluyen vertidos industriales que pueden afectar al tratamiento biológico.

Tratamiento Secundario.

Se define como “el tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso que incluya un tratamiento biológico con sedimentación secundaria u otro proceso, en el que se respeten los requisitos reglamentarios establecidos”. En esta etapa se reduce la contaminación orgánica, mediante la coagulación se eliminan los sólidos coloidales no decantables. Los procesos biológicos se realizan en Reactores Biológico o Cubas de Aireación, con ayuda de microorganismos (fundamentalmente bacterias), que en condiciones aerobias actúan sobre la materia orgánica presente en las aguas residuales. El aporte de oxígeno para las reacciones biológicas (oxidación, síntesis y respiración endógena), generalmente se realiza mediante aireadores mecánicos o difusores. Las nuevas bacterias que van apareciendo en los reactores tienden a unirse (floculación), formando agregados de mayor densidad que el líquido circundante, y en cuya superficie se va adsorbiendo la materia en forma coloidal. Para separar estos agregados, conocidos como lodos o fangos, el contenido de los Reactores Biológicos (licor de mezcla) se conduce a la etapa de Decantación o Clarificación Secundaria, donde se consigue separar los lodos de los efluentes depurados por la acción de la gravedad. Una fracción de los lodos

decantados se purga como lodos en exceso, mientras que otra porción se recircula al Reactor Biológico para mantener en él una concentración determinada de microorganismos. Este proceso se conoce como Lodos Activos (o Activados).

La eliminación de nutrientes se realiza mediante procesos biológicos. La eliminación biológica del nitrógeno se hace de forma secuencial bajo condiciones óxicas y anóxicas. El nitrógeno es liberado a la atmósfera, en forma de nitrógeno gaseoso. La eliminación biológica del fósforo, se realiza operando los reactores bajo condiciones anaerobias, óxicas y anóxicas, el fósforo queda almacenado en los microorganismos que posteriormente se extraen como lodos en exceso. También es posible combinar los procesos anteriores para la eliminación conjunta de ambos nutrientes.

Tratamiento Terciario.

También conocido como tratamiento avanzado, permite obtener mejores rendimientos de eliminación de DBO y materia en suspensión, así como reducir otros contaminantes, lo que puede facilitar la reutilización de los efluentes depurados, comprende actividades de coagulación-floculación, decantación, filtración y/o desinfección. Puede eliminar una fracción elevada de virus y bacterias, además, reduce la turbiedad del agua residual, lo que asegura la eficacia del proceso de desinfección que se efectúa posteriormente (Pérez et al., 2014). Para la desinfección de los efluentes depurados, se puede utilizar cloro, radiación UV, empleo de ozono, uso de membranas de filtración o sistemas naturales como las lagunas de maduración y los humedales artificiales.

Tratamiento de Lodos.

El tratamiento de las aguas residuales genera subproductos conocidos como lodos o fangos, o más recientemente, biosólidos, que se distinguen como: Lodos primarios, que son los sólidos decantados en el Tratamiento Primario; y lodos secundarios o biológicos, sólidos retenidos en el Decantador tras el paso de las aguas por el Reactor Biológico. La tecnología de Lodos Activados para el tratamiento de aguas residuales se ha impuesto durante los últimos cien años. Actualmente, más del 70% de las PTAR urbanas a nivel mundial se realiza con este sistema en sus distintas modalidades: Convencional, Contacto-

Estabilización, Aireación Prolongada, etc., uno de los problemas son los altos niveles de nitrógeno y fósforo liberados durante la digestión anaerobia de los lodos activados. (Salas et al., 2014).

Evacuación.

En los procesos de tratamiento la corriente entrante (aguas residuales) se transforma en dos corrientes salientes: efluentes depurados y lodos.

2.2.2. Recuperación de Nutrientes y biogás de las Aguas Residuales

La débil gestión de las aguas residuales implica grandes oportunidades para el reúso del agua regenerada y la recuperación de subproductos útiles. Si el tratamiento se realiza de manera adecuada y se utilizan de forma segura los efluentes finales, se tiene como resultado una valiosa fuente de agua y nutrientes.

Los efluentes depurados, si han alcanzado el grado de tratamiento requerido, pueden ser vertidos a los medios receptores próximos a la estación depuradora, u otros destinos alternativos para su reutilización. El biogás que se obtiene puede ser útil para generar energía, en el Perú el año 2012 se tenía el potencial de obtener 91910 m³ diarios de biogás equivalentes a 19.14 millones de soles anuales (Aguirre, 2014, p.83). En el caso de los lodos, como alternativas a su descarga en vertedero debe contemplarse la recuperación de nitrógeno y fósforo, nutrientes fundamentales para el agro cuya escasez se ha vuelto un problema mundial en los últimos años y podría afectar la seguridad alimentaria; o podría efectuarse la incineración para reducir el volumen, destruir los patógenos y compuestos tóxicos y generar energía; por lo que su recuperación de las aguas residuales es una opción cada vez mas necesaria, y podría agregar nuevas fuentes de ingresos, aliviar gastos y reducir los problemas sociales.

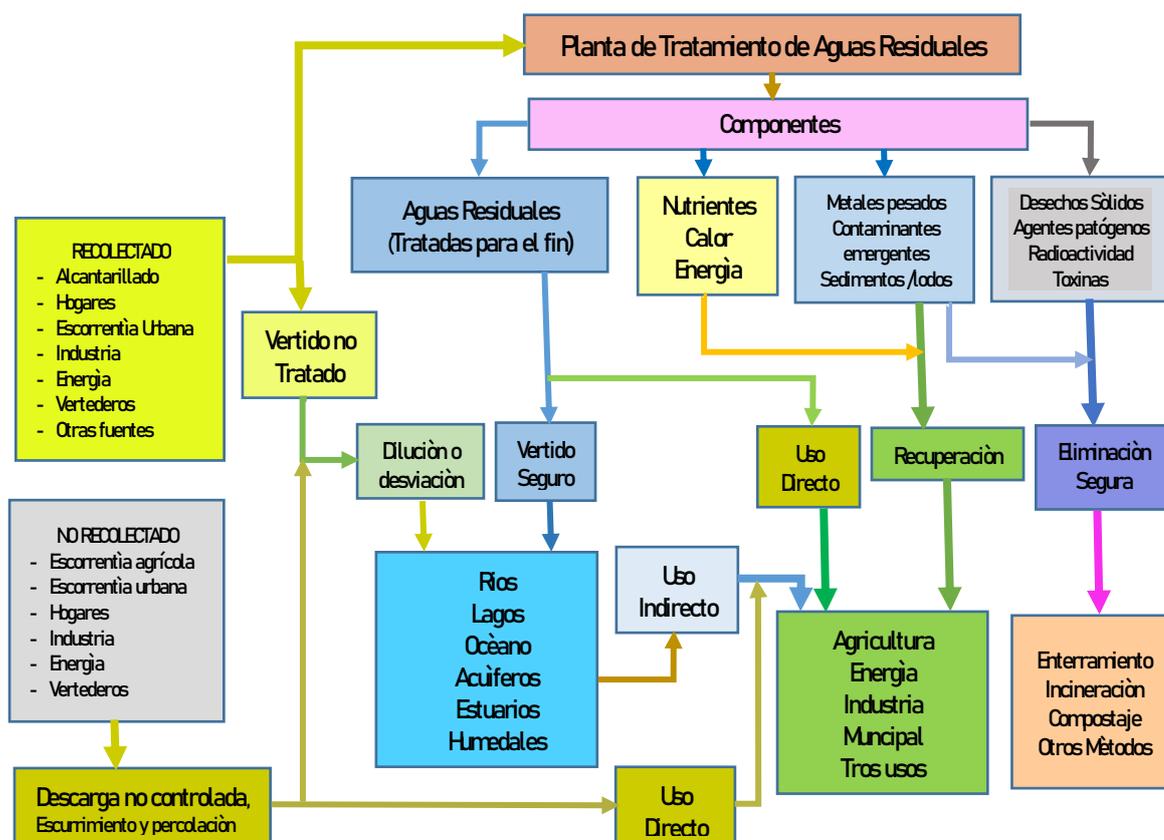
Se estima que un 22% de la demanda mundial de fósforo puede cubrirse con el reciclaje de heces y orina humana según Mihelecic et al. (2011), citado por UNESCO (2017), tomando en cuenta, además, que se prevé que en las próximas décadas los recursos minerales de fósforo sean escasos o, incluso, se agoten. Por otra parte, Rivadavia (2019) sostiene que:

Producir nitrógeno para fertilizante es de alto costo por el alto consumo energético. (2019, se calcula que el 8.27% del total del consumo de energía mundial se utiliza en la reacción química de obtener amoníaco a partir del nitrógeno, por lo que es relevante examinar vías sostenibles como la recuperación directa de las aguas residuales para lo cual se necesitan tecnologías de última generación, que, si bien siguen en la etapa de desarrollo, han tenido un gran avance en los últimos años. (p.12). Estima que el lodo contiene de 10 a 60 mg/l de nitrógeno y de 6 a 15 mg/l de fósforo posibles de ser recuperados. (p. 40)

Para la gestión eficiente de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, es fundamental conocer, controlar, regular los flujos y realizar monitoreo continuo de la calidad. La figura 3, muestra las fases de la gestión integral de las aguas residuales,

Figura 3

Flujo de Aguas Residuales



Nota: Adaptada del Informe Mundial de (UNESCO, 2017).

2.2.3 Reutilización de las Aguas Residuales

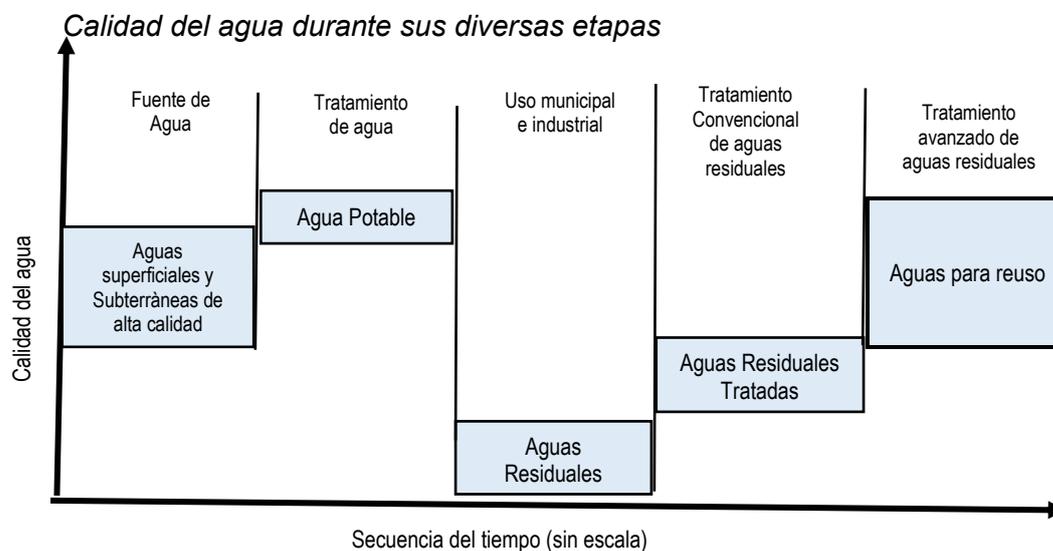
La reutilización de las aguas residuales urbanas es una práctica habitual en la mayoría de países desarrollados, donde el 70 % de las aguas residuales es tratada mientras que en los países con ingresos medios el tratamiento es de 38 a 28 % y en los países más pobres llega tan sólo al 8 %. (Sato et al., 2013).

Incrementar el reuso de agua es de gran necesidad especialmente en regiones de elevada escasez de agua. La integración del agua regenerada y reuso permite disponer agua de buena calidad para aplicaciones directas no potables (CONAGUA, 2017).

El diseño de los sistemas de tratamiento para obtener agua regenerada tiene los mismos criterios que para los sistemas convencionales. Sin embargo, hay que tomar en cuenta aspectos relacionados con la calidad del agua, la variación del abastecimiento, la demanda y confiabilidad de los sistemas. No obstante, el costo será menor que los costos de represamiento, cosecha o desalinización de agua para regar cultivos. (UNESCO, 2017).

La figura 4 representa un esquema de la variación de la calidad del agua.

Figura 4.



Nota: Adaptada de (CONAGUA, 2017).

Los usos de las aguas residuales ya transformadas son diversos, aunque predominan para el riego y aprovechamiento en recargas artificiales. De forma genérica, las actividades más comunes de reuso serían el medio urbano, industrial, uso agrícola,

usos recreativos y medioambientales, recarga de acuíferos, conservación y gestión de espacios naturales.

Tecnologías de Tratamientos Terciarios para Reúso.

El agua residual urbana es medio transmisor de microorganismos patógenos y sustancias químicas tóxicas que le confieren riesgos sanitarios y ambientales durante el manejo, que puede implicar infección de patógenos como los nematodos y bacterias intestinales, para controlar esos riesgos inherentes a la reutilización, la (OMS, 2016) propone la siguiente metodología: Evaluación del riesgo, definición del riesgo admisible, fijación de criterios de calidad, gestión del riesgo y evaluación de la eficacia de la gestión del riesgo.

Para reutilizar el agua recuperada se deben tener en cuenta los riesgos sanitarios y ambientales, lo que aumenta el número de requisitos y controles, y por tanto, el agua debe someterse a procesos de tratamiento adicionales para adecuar su calidad al uso previsto. Estos procesos adicionales se denominan tratamientos de regeneración o tratamientos terciarios, que en general constan de dos etapas: un tratamiento previo (o pretratamiento), que prepara el flujo para una correcta desinfección y donde se eliminan principalmente sólidos y materia orgánica, la segunda etapa denominada desinfección tiene como objetivo reducir los niveles de patógenos, teniendo especial cuidado en la posible generación de subproductos que puedan poner en riesgo el uso deseado.

Las tecnologías de tratamientos terciarios, al igual que las de depuración, pueden clasificarse en dos grandes categorías: tecnologías intensivas (o convencionales) y tecnologías extensivas (o no convencionales). Las tecnologías intensivas se caracterizan por necesitar muy poco espacio y requerir gran aporte de energía, mientras que las tecnologías extensivas utilizan grandes superficies de terreno, pero requiere mucho menos energía. (Salas et al., 2014). En determinados casos existen tratamientos secundarios capaces de generar efluentes con calidad suficiente para su reutilización en ciertos usos.

Las tecnologías de desinfección para la regeneración poseen ciertos condicionantes que deben ser evaluados, tales como calidad y volumen de agua a regenerar, la calidad

final exigida, eficiencia del sistema, costes de implantación, explotación y mantenimiento, impacto ambiental o aceptación social (Gómez-López et al., 2009).

La tabla 4 ilustra las principales tecnologías de regeneración de aguas residuales, considerando las etapas de pre tratamiento y desinfección en base a procesos físicos, químicos y biológicos

Tabla 4

Principales tecnologías de regeneración de aguas residuales tratadas.

Etapas	Tipos	Características
Pretratamiento	Físicos	Filtros de arena, ultrafiltración
	Físicos y químicos	Coagulación, floculación y sedimentación / Filtración
	Físicos y biológicos	Infiltración, percolación, humedales artificiales
Desinfección	Físicos	Radiación UV, Osmosis Inversa
	Químicos	Cloración, Ozonización
	Biológicos	Sistemas naturales (Lagunas de Maduración, Humedales Artificiales)

Rayos UV

Sistema de desinfección con luz ultravioleta (UV), transfiere energía electromagnética desde una lámpara de vapor de mercurio al material genético del organismo (ADN o ARN). La radiación UV, generada penetra en el material genético de los microorganismos y retarda su habilidad de reproducción. (Guo et al., 2013).

Sistemas naturales

Las reacciones fotoquímicas inducidas por la luz natural se conocen y se aplican desde hace tiempo. Las lagunas de maduración, y los humedales artificiales, son sistemas naturales a tener en cuenta en la desinfección de aguas residuales tratadas para su reutilización en casos especiales. Estos sistemas han demostrado ser eficientes en la eliminación de contaminantes convencionales y de numerosos contaminantes orgánicos emergentes (Avila, 2001)

Lagunas de maduración

Son estanques poco profundos, normalmente de 0,8 a 1,0 m de profundidad total, ocurren tres reacciones características: fuerte acción fotosintética, oxidación y desinfección por las radiaciones UV solares, con lo que se consigue la reducción de bacterias, virus y otros elementos patógenos (Hijosa-Valsero et al. 2010). Para una buena gestión, es imprescindible retirar excesos de formaciones de algas que puedan impedir la penetración de radiaciones solares. Su principal problema es la amplia superficie que ocupan, en la actualidad se las como tratamiento terciario disponiendo únicamente estanques de maduración después de un tratamiento intensivo convencional.

Humedales artificiales (Wetlands)

Se basan en la utilización de plantas emergentes para la depuración de las aguas residuales, reproduciendo artificialmente las condiciones propias de las zonas húmedas naturales. Las plantas acuáticas emergentes (carrizos, juncos, aneas, etc.), son plantas anfibas que se desarrollan en aguas poco profundas, arraigadas al subsuelo, presentan elevada productividad y toleran bien las condiciones de falta de oxígeno, usual en suelos encharcados, al poseer canales o zonas de aireación (aerénquima), que facilitan el paso del oxígeno (producido por fotosíntesis) hasta las raíces.

Según Salas et al. (2014), los mecanismos por los que las plantas emergentes contribuyen a la depuración de las aguas residuales se basan en los principios siguientes:

- *Eliminación de sólidos en suspensión*: tiene lugar, principalmente, por fenómenos de filtración a través del conjunto que forman el sustrato (sobre el que crecen las plantas) y las raíces.
- *Eliminación de materia orgánica*: se basa en la acción de microorganismos (principalmente bacterias), que en estos sistemas presentan actividades y desarrollos muy elevados. Las plantas actúan como sistema de aireación, suministrando, a través de sus raíces, el oxígeno necesario para las bacterias que viven en el sustrato, responsables de la degradación aerobia de la materia orgánica.

En zonas profundas pueden darse condiciones de ausencia de oxígeno produciéndose degradaciones anaerobias.

- *Eliminación de nitrógeno*: mediante por absorción directa por las plantas y por procesos de nitrificación-desnitrificación, favorecidos por la existencia de zonas aerobias y anaerobias.
- *Eliminación de fósforo*: mediante: absorción directa por las plantas y adsorción sobre los componentes del suelo, donde los fenómenos físico-químicos juegan el papel principal en su reducción.
- *Eliminación de patógenos*: mediante la adsorción sobre las partículas del sustrato, los antibióticos producidos por las raíces de las plantas ejercen la acción depredadora de bacteriófagos y protozoos sobre los organismos patógenos.

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 las exigencias ambientales vigentes. Elegir el sistema de tratamiento adecuado también depende del lugar donde estará ubicado y de la calidad del afluente a tratar, por lo que es imperativo evaluar y seleccionar las tecnologías de tratamiento más convenientes tomando en cuenta además el costo operativo y de mantenimiento.

2.2.4 Tratamiento de Lodos para recuperar nutrientes

Los lodos de las aguas residuales domésticas tratadas y depuradas son ricos en nutrientes y materia orgánica, lo que le confiere un potencial considerable como acondicionador del suelo y fertilizante. Las características de los lodos dependen principalmente de su origen, tiempo de retención en las etapas de las PTAR y el tipo de tratamiento que han recibido en la depuradora.

Las cantidades de nutrientes recuperados son diferentes según el tipo de tecnología y método de recuperación. Para el caso de nitrógeno varía entre 10 y 60 mg/l, el 15% en la línea de líquidos y hasta el 75% de los lodos mediante proceso de filtración por membrana al vacío o por membrana hidrofóbica. Respecto al fósforo la recuperación oscila entre 6 y 15 mg/l. (Rivadavia, 2019. p.40).

La Tabla 5, Composición química típica de los lodos producidos y tratados muestra el contenido de Nitrógeno y Fósforo como porcentaje de Sólidos Totales, en cada proceso.

Tabla 5

Composición Química Típica de los lodos producidos y tratados

Unidad: % ST (Sólidos Totales)

Concepto	Lodos Primarios	Lodos Primarios digeridos	Lodos Secundarios
Nitrógeno (N)	1.5 – 4	1.6 – 3	2.4 – 5
Fósforo (P ₂ O ₅)	0.8 – 2.8	1.5 – 4	2.8 – 11

Nota.- Adaptado de Metcalf y Eddy (2003)

El tratamiento de los lodos se realiza en las siguientes etapas:

Espesamiento, para incrementar la concentración del lodo y eliminar gran parte del agua que contiene, por métodos de gravedad o flotación.

Estabilización, para reducir la fracción biodegradable presente en los lodos, para evitar su putrefacción y la consecuente generación de olores desagradables, la estabilización puede hacerse mediante:

- Digestión aerobia o anaerobia, elimina el 40-50% de la materia orgánica del lodo.
- Estabilización química, por elevación del pH con adición de cal.
- Tratamiento térmico.

Acondicionamiento, para mejor deshidratación de los lodos con adición de reactivos químicos, los reactivos minerales se adaptan mejor a deshidratación por filtros de vacío y filtros prensa; y los reactivos orgánicos a la centrifuga y filtro banda.

Deshidratación, para eliminar parte del agua contenida en los lodos y transformarlos en sólidos de fácil manejo y transporte. Los métodos más habituales son: Centrifugación, Filtración (bandas, vacío, presión, etc.) y Secado térmico.

Para facilitar el manejo de los lodos es necesario su estabilización y disminuir las cantidades producidas. La estabilización de lodos más utilizada en las PTAR es la digestión anaerobia principalmente en las lagunas de estabilización, el lodo se deshidrata por la

evapotranspiración natural, pocas EPS han implementado unidades de estabilización y equipos de deshidratación, tecnologías que permiten reducir el tiempo para el tratamiento de lodos y disminuir el espacio de almacenamiento de lodos dentro de la planta, además de cumplir con los estándares de calidad. En relación a la línea de gas, la descomposición anaeróbica de la materia biodegradable en la línea de agua (RAFA, lagunas anaerobias, etc.) o en la línea de lodo (digestores de lodo) se realiza en ausencia de oxígeno generando biogás, compuesto principalmente por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), que puede ser utilizado como biocombustible aprovechable en la propia instalación, en forma de energía térmica o electricidad, con empleo de un caldero y motor de cogeneración. Sin embargo, la mayoría de las PTAR estabilizan los lodos dentro de las lagunas de tratamiento, provocando que el gas metano producido se pierda en el medio ambiente sin tratamiento. (SUNASS, 2022).

2.2.5 Situación de las PTAR en Perú y la Región Puno

Cobertura de Tratamiento de Aguas Residuales.

En el ámbito urbano, la prestación de los servicios de saneamiento se realiza a través de EPS que pueden ser públicas (accionariado municipal o estatal), privadas o mixtas, constituidas con el exclusivo propósito de brindar servicios de saneamiento. Para pequeñas ciudades esos servicios están a cargo de las municipalidades, para lo cual pueden constituir la Unidad de Gestión Municipal (UGM) como órgano desconcentrado al interior de la estructura orgánica, con el exclusivo fin de administrar, operar y mantener los servicios de saneamiento. Las municipalidades también brindan esos servicios a través de contratos con operadores especializados, que se encargan de administrar, operar, y mantener los servicios de saneamiento, para lo cual crean un Área Técnica Municipal (ATM) para brindar asistencia técnica, seguimiento y monitoreo. En el ámbito rural esos servicios la realizan las Organizaciones Comunales, siendo las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS), las más comunes, encargadas de administrar, operar y mantener los servicios de saneamiento de uno o más centros poblados.

En Perú, las instituciones que tienen relación con el sector saneamiento son:

Tabla 6

Instituciones relacionadas con el Sector Saneamiento en Perú

Institución	Función
Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)	Ente Rector, responsable de formular, coordinar, ejecutar, supervisar y evaluar la política nacional y sectorial en materia de saneamiento, de cumplimiento obligatorio por todas las entidades del Estado de los tres niveles de Gobierno
Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, (SUNASS), organismo regulador adscrito a la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM)	Responsable de regular, supervisar y fiscalizar la prestación de los servicios de saneamiento, debe garantizar la prestación de esos servicios en el ámbito urbano y rural, contribuyendo a la buena salud de la población y a la preservación del medio ambiente.
Organismo Técnico de la Administración de Servicios de Saneamiento (OTASS), adscrito al MVCS,	Cautelar la ejecución de la política del MVCS en administrar la prestación de los servicios de saneamiento. Creado el año 2013 como respuesta a las deficiencias en la gestión y administración de las EPS, muchas de ellas llevadas a la insolvencia, también está facultado para intervenir a las EPS de accionariado municipal en condición de insolvencia financiera y operativa a fin de mejorar su desempeño.
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Agrario (MIDAGRI), a través de la Autoridad Nacional del Agua (ANA),	Ente rector y la máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de la Gestión de los Recursos Hídricos (GIRH).
Ministerio del Ambiente (MINAM)	Diseñar, aprobar y supervisar la aplicación de los instrumentos de prevención, control y rehabilitación ambiental relacionados con los residuos sólidos peligrosos, control y reúso de los efluentes líquidos, calidad del aire, sustancias tóxicas y peligrosas para garantizar la óptima calidad ambiental.
Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (MIDIS),	Responsable en el ámbito rural de inversiones en saneamiento, mantenimiento y rehabilitación de los sistemas.
Ministerio de Economía y Finanzas (MEF).	Encargado de las decisiones sobre el financiamiento público, a través de la asignación del presupuesto fiscal, de la promoción de la participación privada en el sector saneamiento, a través de PROINVERSIÓN,
Ministerio de Salud (MINSA), a través de la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA),	Normar y vigilar el cumplimiento de los parámetros de calidad del agua de consumo humano.
Gobiernos regionales y locales	prestan los servicios de saneamiento, y como accionistas de las EPS a través de la formulación y financiamiento de inversiones, apoyados técnicamente por los gobiernos regionales.

Nota. Elaboración propia en base a información del MVCS (2022)

A través de los años se han generado normas y procedimientos, generalmente enfocados al cumplimiento formal de los objetivos de cada institución, con sus respectivas prioridades y tiempos burocráticos, creando entidades, trámites y procedimientos poco efectivos frente a la realidad de las EPS, que sumada a su situación ambigua, les impide funcionar adecuadamente, y mantiene al sector con desempeño poco satisfactorio frente a las necesidades y expectativas de la población; por tanto, requiere mejorar la gestión para lograr la meta de cobertura universal sostenible (SUNASS, 2015).

Rol de los Prestadores de Servicio.

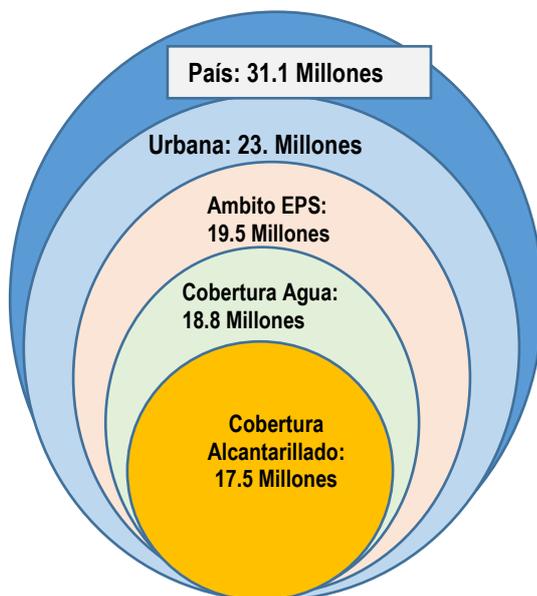
Las EPS tienen el encargo técnico – empresarial para operar los servicios de saneamiento; con la responsabilidad de expandir el servicio, operarlo y mantenerlo en forma adecuada y eficiente. Sin embargo, según el MVCS (2017):

Operan como unidades de tipo administrativo con injerencia política; las causas del débil desempeño son diversas, el tamaño de mercado es una limitante, razones por las que operan por debajo de la escala mínima eficiente. El alto grado de atomización en la prestación de servicios perjudica la gestión empresarial, complica y encarece las labores de regulación y fiscalización; aspectos que no han contribuido al objetivo de contar con operadores eficientes, viables y sostenibles.

Los servicios de saneamiento en el ámbito urbano se realiza mediante 50 EPS, 48 de ellas organizadas como sociedades por acciones de propiedad municipal, una en concesión y una de propiedad del estado (SEDAPAL), 490 localidades son administradas directamente por los municipios, en claro desacato de la legislación vigente, estos servicios no son regulados ni supervisados, solo el MINSA sería competente para vigilar la calidad del agua de consumo humano. (MVCS, 2017). Las 50 EPS atienden al 62 % de la población del país. Lima Metropolitana es atendida por SEDAPAL y 49 EPS lo hacen a las otras ciudades. Las municipalidades menores administran los servicios en pequeñas ciudades, que cubre cerca de 14 % de la población. La figura 5 muestra el ámbito de cobertura por parte de las EPS en el Perú.

Figura 5

Ámbito de las Empresas Prestadores de Servicio de Saneamiento(EPS)



Nota. Adaptado de MVCS (2022).

En provincias solo el 30% de las PTAR son operadas por EPS, la mayoría es administrada por los municipios que no disponen personal especializado y asignan esa labor a personal sin experiencia ni preparación técnica. Una de las causas de que existan EPS por debajo de la escala mínima eficiente, es que se formaron por criterios políticos, pues prácticamente se forzó el funcionamiento para administrar a un número de conexiones muy reducido y que no se han incrementado en el tiempo. La falta de autonomía limita sus posibilidades de alcanzar la gestión eficiente, en la práctica las EPS responden a varias instituciones las cuales no necesariamente buscan un objetivo común. (Oblitas de Ruiz, 2010)

Por otra parte, según el MVCS (2017), la SUNASS reportó que durante el año 2015 se trató el 65.4 % del total de las aguas residuales producidas por 28 EPS, las 22 restantes no reportaron tratamiento de aguas residuales. La situación es más crítica en la gestión de las municipalidades y las JASS, cifras que reflejan la inequidad en nuestro país respecto al acceso a los servicios de saneamiento. Asimismo, indica que los servicios de saneamiento se brindan sin atender condiciones adecuadas de equidad, calidad, oportunidad y

continuidad. Por su parte el OEFA (2014) informa que el año 2012, de los 2.2 millones m³ diarios de aguas residuales que se descargaron a las redes de alcantarillado solo el 32 % recibió tratamiento en las PTAR (p.16), evidenciando baja eficiencia del tratamiento de aguas residuales. Asimismo, indica que de las 50 EPS de Saneamiento que realizan el servicio de alcantarillado, solo brindan cobertura al 69,65% de la población urbana (p.20), la población no cubierta vierte directamente sus aguas residuales sin tratamiento, o, las emplean para el riego de cultivos, os servicios en agua y saneamiento son insostenibles por insuficiente inversión, graves problemas económicos de los operadores, falta de apoyo estatal y normas legales inadecuadas.

En Puno

El Lago Titicaca ubicado en la zona altiplánica que comparten Perú y Bolivia, a 3810 msnm, es el eje central del Sistema Hídrico TDPS (Lago Titicaca, río Desaguadero, Lago Poopó y Salar de Coipasa), reconocido como uno de los grandes lagos del planeta, que ocupa una superficie de 8400 km² y contiene 980 km³ de agua dulce. Según la Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT, 2014):

Es uno de los veinte lagos más antiguos de la tierra y desde 1997 figura en la lista Ramsar de humedales de importancia mundial para la conservación de la naturaleza; el lago es la fuente de recursos hídricos e hidrobiológicos que aseguran la vida productiva de las poblaciones que habitan las riberas, además tiene influencia en las condiciones climáticas lo que ha favorecido el desarrollo de civilizaciones de gran riqueza cultural, que en su época de florecimiento se extendió por todo el continente. Sin embargo, las condiciones climáticas adversas han ocasionado inundaciones severas y sequías prolongadas evidenciando alta vulnerabilidad y poca capacidad de resiliencia para afrontar los efectos del cambio climático.

La Tabla 7 muestra las localidades de la región Puno con poblaciones mayor a 10 mil habitantes, ubicadas en el anillo circunlacustre y que descargan al lago Titicaca las

aguas residuales que generan, en la mayoría de casos aguas residuales domésticas crudas que no han recibido tratamiento por falta de PTAR o con tratamiento ineficiente.

Tabla 7

Localidades con población mayor a 10 mil habitantes - Región Puno

Localidad	Población
Juliaca	225,146
Puno	125,663
Ilave	54,138
Acora	28,679
Yunguyo	28,367
Juli	23,741
Huancané	21,089
Desaguadero	20,009
Zepita	19,796
Pomata	17,787
Moho	17,042
Taraco	14,657
Samán	14,314
Capachica	11,386

Nota.-Tomado de (ALT, 2014).

La mayoría de PTAR fueron instaladas antes del año 2000, siendo Pomata, Laraqueri, Zepita, J.D.Choquehuanca, Yunguyo y Lampa las de más reciente construcción y las que se encuentran en mejor estado de funcionamiento. De las 25 PTAR, 20 son Lagunas de Estabilización, 4 filtros biológicos y una ImOff, tres lagunas fuera de servicio. En cuanto a los tipos de tratamiento, 24 tienen pretratamiento y realizan el tratamiento primario, 17 de ellos en lagunas de estabilización; sobre el tratamiento secundario, 17 mediante lagunas, 4 usan filtro biológico, 3 en humedales y uno por Aireación extendida por ciclos intermitentes; Respecto a tratamiento terciarios solo en 7 PTAR, El tratamiento de lodos, solamente se realiza en Zepita, J.D.Choquehuanca, Yunguyo, Lampa y Laraqueri que disponen infraestructura para el secado.

La tabla 8 ilustra la cronología de instalación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la región Puno.

Tabla 8*Cronología Instalación de PTAR en la Región Puno*

Año	Localidad	Sistema de Tratamiento
1972	Puno	Lagunas de Estabilización
1980	Juliaca	Lagunas de Estabilización
1988	Desaguadero	Lagunas de Estabilización
1993	Chucuito	Lagunas de Estabilización
1988	Ilave	Lagunas de Estabilización
2003	Desaguadero	Lagunas de Estabilización
	Azángaro	Lagunas de Estabilización
2005	Moho	Lagunas de Estabilización
2006	Pomata	PTAR
	Josè D.Choquehuanca	PTAR
2007	Zepita	PTAR
	Juli	Lagunas de Estabilización
2012	Acora	Lagunas de Estabilización
	Laraqueri	PTAR
2013	Yunguyo	PTAR
2017	Capachica	PTAR
2018	Vilquechico	PTAR
	Lampa	PTAR

Nota.- Tomado de (ALT, 2014)

En cuanto al uso de tecnologías para el cumplimiento de los requerimientos y reùso, solo 13 son adecuadas los demás tienen dificultades por no haberse diseñado acorde a las características requeridas. Solo 6 PTAR cumplen con las regulaciones y procedimientos operacionales básicos y disposición final de las aguas residuales, que incluyen la limpieza de los componentes y mantenimiento del sistema, las otras 20 no realizan esta actividad. La caracterización y monitoreo de aguas residuales solo se desarrollan en las PTAR de Puno y Juliaca. En la región existen más de 20 lagunas de estabilización la mayoría colapsadas por alto contenido de lodos, que en muchos casos con varios años de no haber recibido limpieza por deficiencias operativas, y recibir cargas por encima de los caudales de diseño y falta o deficiente mantenimiento.

2.3 Marco Legal

Decreto Legislativo 1280, Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento.

Es el marco normativo que regula la gestión y la prestación de los servicios de saneamiento a nivel nacional. A través de esta norma, se declara de necesidad pública y de interés nacional la gestión y prestación de los servicios de saneamiento, con el propósito de promover el acceso universal de la población a servicios sostenibles y de calidad, proteger la salud y el ambiente. (SUNASS, 2022).

Respecto al tratamiento del agua residual, el reglamento de la Ley Marco, estableció que las entidades de los tres niveles de gobierno e instituciones públicas y privadas utilicen de manera preferente aguas residuales tratadas para regar áreas verdes. Adicionalmente, faculta a los prestadores a comercializar las aguas residuales tratadas, residuos sólidos y los subproductos generados (lodos y gas metano) en el proceso de tratamiento, con fines de reúso, pudiendo comercializar aguas residuales sin tratamiento, a condición de que los terceros asuman los costos de operación y mantenimiento para su tratamiento y reúso.

Política Nacional de Saneamiento

Es el marco de orientación para integrar las acciones dirigidas a mejorar la gestión y desempeño del sector Saneamiento, busca brindar acceso a los servicios de saneamiento a todos los habitantes y lograr la universalización de estos servicios en forma sostenible antes del año 2030, de acuerdo con los ODS. (SUNASS, 2022).

Plan Nacional de Saneamiento (PNS)

Es el principal instrumento de implementación de la Política Nacional de Saneamiento y del marco normativo del sector (DL 1280). Contiene los objetivos, lineamientos e instrucciones para el uso eficiente de los recursos en la provisión de servicios de saneamiento, establece la programación de inversiones, fuentes de financiamiento y acciones, además de las entidades responsables de la implementación del Plan para lograr el acceso universal de saneamiento de calidad y de manera sostenible.

El PNS 2022-2026, considera seis ejes e incluye los siguientes aspectos transversales: Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I), Gestión del Riesgo de Desastres (GRD), Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH), Gestión Integral del

Cambio Climático, Economía Circular y pertinencia cultural, para lograr la seguridad del abastecimiento y la sostenibilidad del servicio de saneamiento.

Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, Título preliminar

Artículo I “ toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la biodiversidad, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país”.

Ley 29338, 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, define las condiciones y procedimientos para la autorización del vertimiento y reúso, prohíbe el vertimiento o reúso del agua residual sin tratamiento y para obtener la autorización de vertimiento del efluente de la PTAR a un cuerpo natural, se deben cumplir los LMP y los ECA (Estándares de Calidad Ambiental) en el cuerpo de agua. Asimismo, 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, las guías de la OMS, también define a la ANA 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.

Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos

Artículo 6 establece que “...la gestión y el manejo de los residuos sólidos de origen industrial, agropecuario, agroindustrial, de actividades de la construcción, de servicios de saneamiento o de instalaciones especiales, son normados, evaluados, fiscalizados y sancionados por los ministerios u organismos reguladores o de fiscalización correspondientes, sin perjuicio de las funciones técnico normativa y de vigilancia que ejercen otras instituciones”.

Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Define los derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad hacia la maximización constante de la eficiencia en el uso de los materiales y asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos económica, sanitaria y ambientalmente adecuadas.

En relación al tratamiento y disposición de lodos, indica que los lodos generados por las PTAR y otros sistemas vinculados a la prestación de los servicios de saneamiento, son manejados como residuos sólidos no peligrosos.

Establece que los lodos generados en las PTAR deben ser sometidos a tratamiento, mediante procesos de estabilización y deshidratación para su transporte, disposición final o reaprovechamiento. Se considera al lodo estabilizado cuando la relación de sólidos volátiles a sólidos totales es menor o igual que 60%.

Precisa que en ningún caso los lodos provenientes de los mencionados sistemas son utilizados sin considerar condiciones sanitarias y ambientales mínimas apropiadas, conforme lo dispone el MVCS.

Decreto Supremo N° 015-2017-VIVIENDA, que aprueba el Reglamento para el Reaprovechamiento de los Lodos generados en las PTAR.

Establece que para el reaprovechamiento y comercialización, los lodos de las PTAR deben cumplir de forma conjunta con los parámetros de estabilización, toxicidad química e higienización. de acuerdo con las condiciones establecidas. Clasifica a los Biosólidos en dos categorías:

Clase A: Son aquellos aplicables al suelo sin restricciones sanitarias.

Clase B: Son aquellos aplicables al suelo con restricciones sanitarias según localización de los suelos o tipo de cultivo .

Señala que el transporte de los lodos para disposición final debe ser realizado por una empresa operadora de residuos sólidos debidamente registrada por el Ministerio del Ambiente. Los lodos estabilizados y deshidratados no utilizados como biosólidos deberán ser conducidos a rellenos sanitarios para su disposición final. En caso no exista un relleno

sanitario dentro del ámbito de responsabilidad del prestador, pueden instalar un monorelleno para la disposición final exclusivamente de lodos tratados de PTAR.

Decreto Supremo N° 003-2020-PRODUCE, que aprueba la Hoja de Ruta hacia una Economía Circular en el Sector Industria

Enfoque 1, acción a.2) contar con un estudio base para identificar sectores representativos con uso intensivo de recursos / materiales y con alto potencial de valorización de residuos para aplicar la Economía Circular a mediano plazo (3 años), a cargo de del Ministerio de la Producción - PRODUCE.

Enfoque 2, acción c.3) Fomentar la incorporación de criterios y compromisos de sostenibilidad ambiental, con enfoque de Economía Circular en compras públicas, a largo plazo (5 años), a cargo de PRODUCE.

Enfoque 3, acción d.5) Elaborar la Norma Técnica Peruana sobre fertilizantes orgánicos que defina la clasificación y requisitos de calidad para estandarización de compost, a cargo del MINAM en el corto plazo (1 año).

2.4. Marco Filosófico

La filosofía es una gama de reflexiones sobre lo esencial de las cosas, específicamente sobre el hombre y el universo; nos brinda herramientas de pensamiento crítico, para preguntarnos y cuestionarnos sobre lo tradicional, sus causas, efectos, su continuidad, sus cambios. Mediante este conjunto de conocimientos se busca encontrar respuestas racionales sobre los lineamientos generales que orientan el saber sobre la realidad, mediante enfoque epistemológico donde la naturaleza tiene cambios por su misma evolución o por la intervención del hombre, es necesario conocer esas realidades, en tal sentido:

La presente investigación denominada “La Economía Circular aplicada a la Gestión Sostenible de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales – Puno” buscó mediante sus variables, unidad de análisis, determinar la relación entre ambas y analizar las causas entre la brecha social, y la realidad problema por la que atraviesa el sistema de gestión de las

Plantas de tratamiento de Aguas Residuales, a fin de proporcionar recomendación que minimice la dificultad que afronta dicho sector.

Sobre el particular, Salazar lo explica en los siguientes términos: “Los seres humanos crean interpretaciones significativas de los objetos físicos y de las conductas que los rodean en su medio y actúan de acuerdo a la significación de nuestras interpretaciones. No se trata sólo de descubrir leyes, sino principalmente de producir conocimiento; no se trata tan sólo de buscar explicaciones de las acciones sociales, entendidas como eventos naturales, sino de buscar los significados y la comprensión de las acciones, así como detectar la existencia de limitaciones, haciendo que los mecanismos causales subyacentes sean visibles para las personas a quienes les afectan en su práctica diaria”. (Salazar Velásquez, 2009, pág. 17).

Los métodos científicos utilizados en la presente investigación son la observación, el instrumento, el cuestionario, el análisis estadístico, la discusión de resultados, con lo cual se sustentan los aspectos importantes que se consideran en las recomendaciones que pretende solucionar el problema identificado. Los procedimientos de determinados proyectos no deben ser estáticos, sino por el contrario obedecen a los cambios de la sociedad; y sobre los recursos naturales, el trabajo y el hombre mismo, Quintero (2012) indica que: “La actividad de los hombres ha sido un factor importante en el estado actual de la naturaleza. En la dialéctica hombre-naturaleza-sociedad la existencia del hombre está cimentada necesariamente en la naturaleza, ella es la proveedora de la energía y de los materiales que garantizan su desarrollo”. (Quintero Díaz & Fonticiella Izquierdo, 2012).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es básica con la finalidad de verificar y sustentar las hipótesis causales o explicativas para aportar en la necesidad de mejorar, la gestión y mejora de procesos en concordancia con las necesidades de nuestra sociedad.

Método

Descriptivo - Analítico – Sintético

Descriptivo.

De acuerdo con Chumbes (2014), el estudio descriptivo se utiliza para describir y caracterizar un problema, sus causas, evolución, así como los acontecimientos que dieron origen a la actual situación organizacional, en el mismo sentido, Naupay (2017) manifiesta que consiste en describir hechos o fenómenos presentados en la realidad jurídica social y que se van a estudiar para posibilitar los cambios necesarios.

Analítico.

Radica en la separación de un todo, descomponiéndolo en sus fragmentos para observar los orígenes, el entorno y sus efectos. Es preciso saber el hábitat del fenómeno que se estudia para vislumbrar sus particularidades.

Sintético.

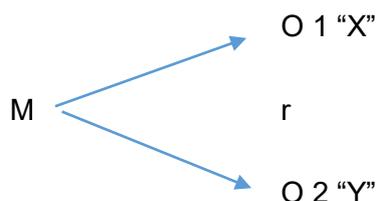
Involucra la síntesis, alianza de elementos para constituir un todo. Es el utilizado en todas las ciencias experimentales para crear leyes, y lo analítico es la causa procedente del saber a partir de las leyes.

Diseño: No Experimental

El diseño del presente proyecto de investigación es comparativa no experimental, la cual se realiza sin manipular deliberadamente variables, sólo se concreta a observar los fenómenos sociales y jurídicos, tal como se dan en su contexto natural, para después

analizarlos, consistente con Naupay (2017) que indica que en un estudio no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente por el investigador.(p.30).

El Diseño de la presente investigación es No experimental porque no requiere la manipulación de ninguna de las variables. Es transeccional porque vamos a aplicar nuestro instrumento en un solo momento, cuya simbología es la siguiente:



En donde:

M: Muestra de estudio

O: Observación de las Variables

r: Relación entre las Variables

3.2. Población y Muestra

Monje (2011) precisa que: la población o universo es el conjunto de elementos que presentan una característica o condición común, que es el objeto de estudio (p.124) a la que se pueden generalizar los hallazgos encontrados en la muestra (aquellos elementos del universo seleccionados) para ser sometidos a la observación. La definición de la población para un proyecto de investigación responde a la necesidad de especificar el grupo al cual son aplicables los resultados del estudio. Cuando el universo está compuesto por un número relativamente alto de unidades resulta imposible o innecesario examinar cada una de las unidades que lo componen. En tal caso se procede a extraer una muestra, o sea, un conjunto de unidades, una porción del total que represente la conducta del universo total. (fig. 13).

En la presente Investigación el universo del estudio está constituido por funcionarios y ejecutivos de la alta dirección, encargados de la gestión de 20 PTAR de la región Puno,

administradas por 5 Empresas Prestadoras de Servicio (EPA) y por las Juntas de Administración de Servicios de Saneamiento (JASS).

De acuerdo con Monje (2011), “La muestra se define como un conjunto de objetos y sujetos procedentes de una población; es decir un subgrupo de la población, cuando esta es definida como un conjunto de elementos que cumplen con unas determinadas especificaciones. De una población se pueden seleccionar diferentes muestras”.(p.124)

Para el caso de las PTARs de la región Puno, la muestra es representativa, abarca el 80% (16 de 20 PTAR) de la población materia de esta investigación..

3.3. Operacionalización de Variables

3.3.1 Identificación de Variables

a).Variable Independiente:

Nº	VARIABLE
01	Economía Circular.

b) Variable Dependiente:

Nº	VARIABLE
02	Gestión Sostenible de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

3.3.2. Operacionalización de Variables

Tabla 9

Operacionalización de Variables

Variable 1	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
Economía Circular	Economía Circular es aquella en la cual el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, y en la que se reduzca al mínimo la generación de residuos	Optimizar uso de Recursos	1.- Calidad del agua tratada LMP-ECA
			2.- Eficiencia Operativa
		Normativa sobre Gestión de Residuos	1. Cumplimientos legales
			2., Metas de las ODS
Variable 2	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
Gestión Sostenible de las PTARs	El Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (ODS 6) se constituye en la propuesta mundial para garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos	Ambiental	1.- Instrumento de gestión
			2.- Afectación al Ecosistema
		Económica	1.- Gestión Sostenible
			2.- Ingresos por Energía y Nutrientes
		Social	1.- Acceso al Agua y Saneamiento
			2. Desarrollo Sostenible

3.4. Instrumento

Cuestionario a los funcionarios principales de las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) y la Junta de Administración de Agua y Saneamiento (JASS) de la región Puno, encargados de la gestión y operación de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, aplicable al 80 % del Universo.

3.5. Procedimiento

En el desarrollo de la presente tesis, se empleó el método científico en sus diversas variantes, la recolección y análisis de datos considera el acopio de información relevante y objetiva que incluye recopilación física y electrónica, que contribuya al tema de investigación y permita construir el marco teórico, se emplearon las siguientes técnicas:

Investigación bibliográfica: consiste en la recopilación de datos relevantes para la investigación, esta información se registra en fichas bibliográficas, como primera información o información base, para luego procesar la información.

Fichaje: Se utilizará para armar el marco teórico de las variables

Encuesta: Se utilizará para indagar la opinión acerca de las variables Economía Circular y Gestión de plantas de tratamiento de aguas residuales, orientada a los funcionarios principales de las EPS y JASS, encargados de la gestión y operación de las PTAR. involucra al 80% del universo.

Entrevista: Se utilizará para indagar la opinión de funcionarios de las instituciones relacionadas con el sector y expertos sobre las variables Economía Circular y Gestión de plantas de tratamiento de aguas residuales.

3.4.3. Técnicas de procesamiento de datos

- a. Se realizará el acopio de la información relacionada a las variables materia de investigación donde las variables son identificadas en base a la problemática actual del sector agua y saneamiento.
- b. La información recogida de la realidad mundial y de la región Puno, se procederá a analizarla y a registrar conceptos básicos y teóricos que sustente la viabilidad de las variables.
- c. Se registrará en fichas bibliográficas la información base, para luego procesarla direccionándola a la verificación de la hipótesis. Con el marco teórico en fichas bibliográficas se validarán las variables y a partir de allí se procederá a la investigación del marco conceptual.
- d. Mediante la técnica de la encuesta se indagará la situación operativa de las plantas de tratamiento de aguas residuales aplicada a la variable Gestión de plantas de tratamiento de aguas residuales
- e. Mediante la técnica de la entrevista se indagará la opinión acerca de las variables Economía Circular y Gestión de las PTAR.
- f. El esquema de la Entrevista se definirá con la opinión de expertos, y se pondrá en consideración de doctores en medio ambiente para validar la encuesta/cuestionario y, en base a ello, recoger criterios de la población relacionada con la problemática materia de investigación.

- g. Con la técnica de procesamiento de datos se procesarán y discutirán los resultados de las entrevistas sobre las variables: la Economía Circular y la Gestión Sostenible de la PTAR.
- h. Mediante métodos empíricos como la observación, se recogerán otros datos importantes para la investigación, tanto del ámbito de la región Puno, como de los principales actores que intervienen en la gestión de PTARs.
- i. Utilizando el método teórico e inductivo – deductivo se describirá la problemática partiendo de principios generales para llegar al caso específico, a partir del análisis de un problema se identificará la problemática en el ámbito mundial sobre agua y saneamiento y sus repercusiones en la salud, el medio ambiente y la economía.
- j. Con uso del método hipotético-deductivo, se verificará y contrastará los objetivos específicos en base a la manipulación de datos y utilizando el método analítico-sintético podremos realizar el análisis de resultados, elaboración de conclusiones y recomendaciones.

3.4.4. Evaluación Progresiva de Resultados

Durante la investigación se pondrán en práctica métodos descriptivos, para narrar, analizar e interpretar sistemáticamente los hechos relacionados con el fenómeno materia de investigación y dimensionar sus alcances para verificar la hipótesis planteada en una realidad determinada. Se utilizarán tablas de procesamiento de datos y gráficos para procesar y analizar los resultados de las entrevistas y encuestas. La evaluación progresiva de los resultados se realizará en base a las siguientes actividades:

- Procesamiento de datos
- Análisis de la información recopilada
- Reunión con Asesor, para revisión de la información recolectada.
- Procesamiento de resultados de las acciones descritas en ítems anteriores.
- Elaboración de Informe preliminar
- Reunión con el Asesor
- Reajuste del informe preliminar

- Elaboración de Propuestas para la consolidación
- Reunión con Asesor
- Elaboración de Informe Final.
- Elaboración de Sustentación y Presentación

3.6. Análisis de Datos

Acabado el trabajo de campo, se procedió a edificar una base de datos para luego realizar los concernientes exámenes estadísticos.

El procedimiento manejado para examinar los datos fue el estadístico en los niveles descriptivo e inferencial.

Frecuencias y porcentajes

Prueba de correlación: Prueba regresión ordinal

Técnica del Software: Se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS 25.0, Para encontrar la confiabilidad de la base de datos, análisis estadístico y la contrastación de Hipótesis.

Validez y confiabilidad del instrumento

La validación de la confiabilidad de la consistencia interna del instrumento se determina por el estadístico de fiabilidad para la presente investigación por el alfa de Cronbach desarrollado por J.L. Cronbach. “El Alfa de Cronbach determina la confiabilidad en escalas cuyos ítems tienen como respuesta más de dos alternativas. Agrega que determina el grado de consistencia y precisión. La escala de valores que determina la confiabilidad está dada por los valores siguientes”:

Tabla 10

Niveles de Confiabilidad

Valores	Nivel
De -1 a 0	No es confiable
De 0.01 a 0.49	Baja confiabilidad
De 0.50 a 0.75	Moderada confiabilidad
De 0.76 a 0.89	Fuerte confiabilidad
De 0.90 a 1.00	Alta confiabilidad

Nota. : Ruiz Bolívar,

(Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014) “Para determinar la confiabilidad del instrumento se calculará el coeficiente de confiabilidad Alfa de Cronbach, pues se requiere una sola administración del instrumento de medición”.

Se validó la confiabilidad del instrumento utilizándose la prueba de fiabilidad por el coeficiente de Alpha de Cronbach, obteniendo la puntuación siguiente:

Resumen de procesamiento de casos			
		N	%
Casos	Válido	16	100.0
	Excluido ^a	0	0
	Total	16	100.0

a. La eliminación por lista se basa en todas
Las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

KR-20	Nº de Elementos
.758	12

Resumen de procesamiento de casos			
		N	%
Casos	Válido	16	100.0
	Excluido ^a	0	0
	Total	16	100.0

a. La eliminación por lista se basa en todas
Las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

KR-20	Nº de Elementos
.749	10

IV. RESULTADOS

Resultados descriptivos

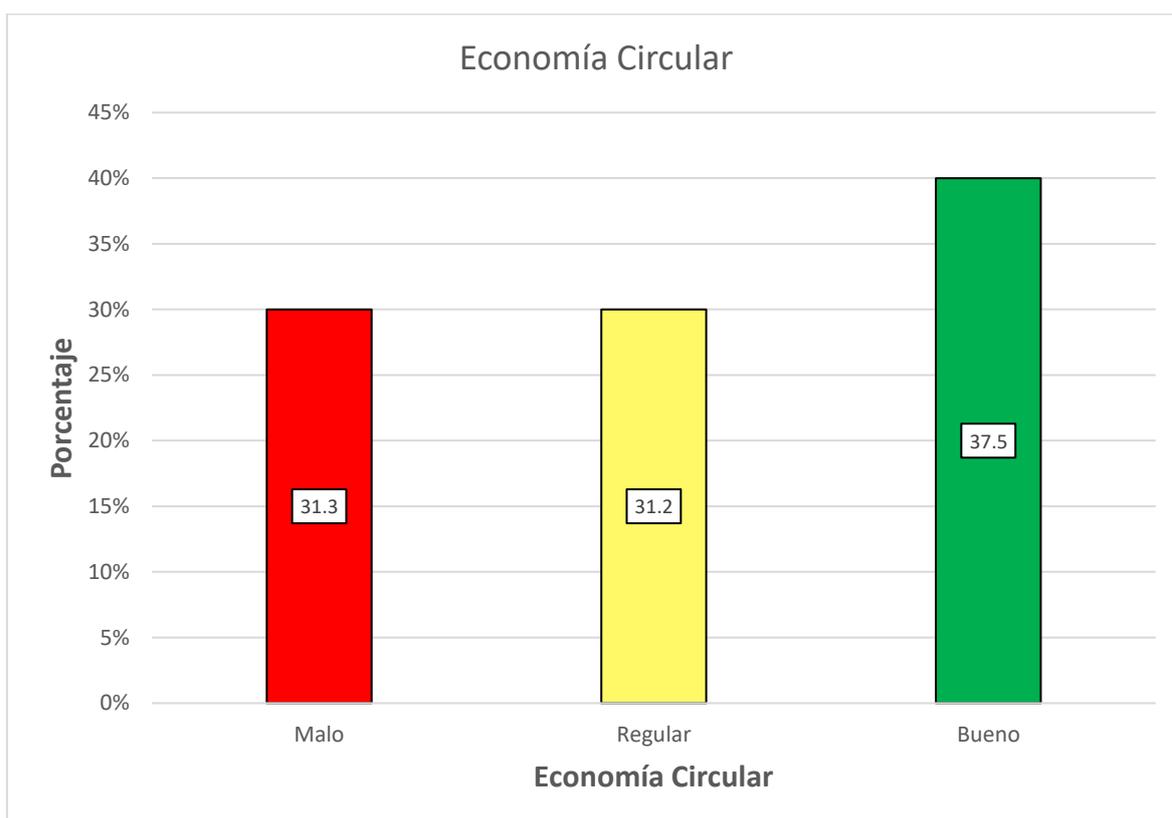
Tabla 11

Niveles de percepción de influencia de la Economía Circular

Niveles	Frecuencia	Porcentaje
Malo	5	31,2
Regular	5	31,2
Bueno	6	37,5
Total	16	100,0

Figura 6.

Niveles de percepción de influencia de la Economía Circular.



De los resultados que se aprecia en cuanto a los niveles de percepción de la influencia de la economía circular a la gestión de las plantas de tratamiento de aguas residuales, se tiene el nivel regular con un 31,2% igual porcentaje al nivel malo, en tanto que el nivel bueno es de 37,5% del total.

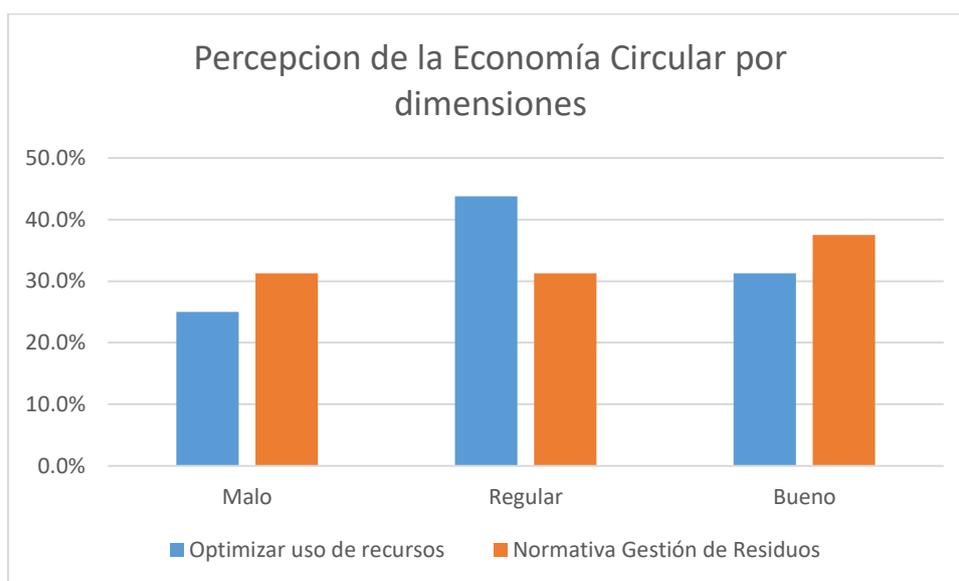
Tabla 12

Niveles de percepción de las dimensiones de la Economía Circular.

Dimensiones	Niveles	Frecuencia (fi)	Porcentaje válido (%)
Optimizar uso de recursos	Malo	4	25.0%
	Regular	7	43.8%
	Bueno	5	31.2%
Normativa sobre gestión de residuos	Malo	5	31.2%
	Regular	5	31.2%
	Bueno	6	37,6%

Figura 7.

Niveles de Percepción de la Economía Circular por dimensiones.



Interpretación:

Con respecto a la tabla 10 y la figura 7, se tiene el nivel representativo para todas las dimensiones: al nivel regular el 43,8% le corresponde a la dimensión optimizar uso de recursos y el 31,3% a la dimensión normativa sobre gestión de residuos, con el mismo criterio de análisis encontramos que el nivel con mayor porcentaje de malo corresponde a la dimensión normativa sobre gestión de residuos con el 31,2% y el 25% a la dimensión

optimizar uso de recursos; finalmente encontramos en el nivel bueno que el mayor porcentaje de 37,5% corresponde a la dimensión normativa sobre la gestión de residuos y 31,2% a la dimensión optimizar uso de recursos.

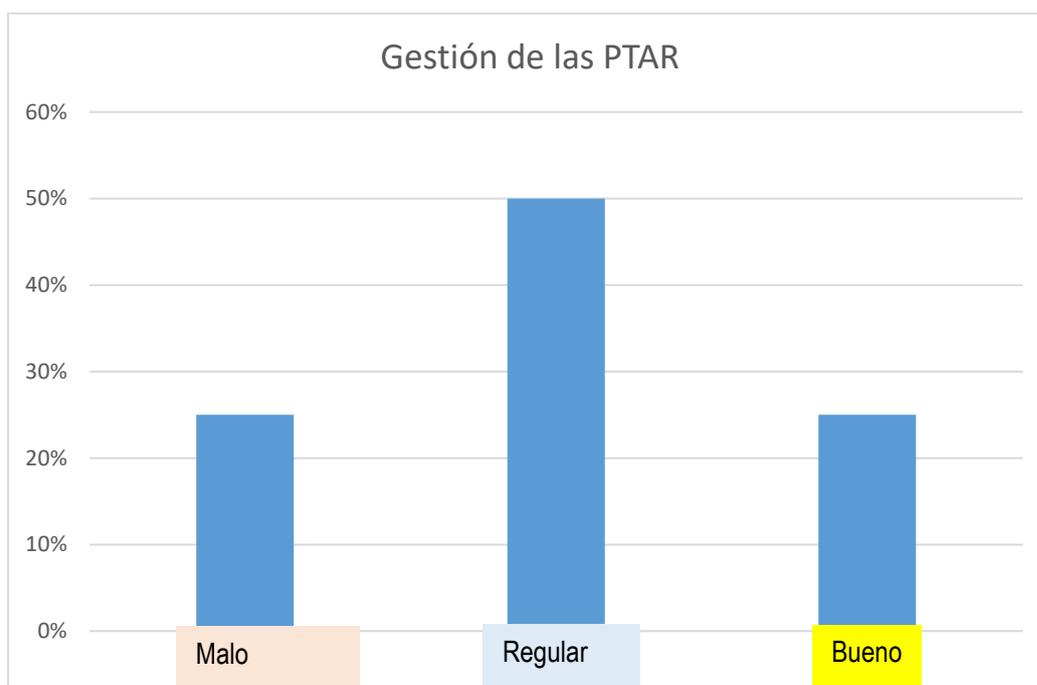
Tabla 13

Niveles de percepción de la variable gestión de las PTAR

Niveles	Frecuencia	Porcentaje
Malo	4	25,0
Regular	8	50,0
Bueno	4	25,0
Total	16	100,0

Figura 8.

Niveles de la percepción de la variable gestión de las PTAR



De los resultados que se aprecia en cuanto a los niveles percepción de la gestión de las plantas de tratamiento de aguas residuales, se tiene que el nivel de regular con un 50,0% tiene el mayor porcentaje en comparación al nivel de eficiente que presenta el 25,0%, y nivel deficiente de 25,0%.

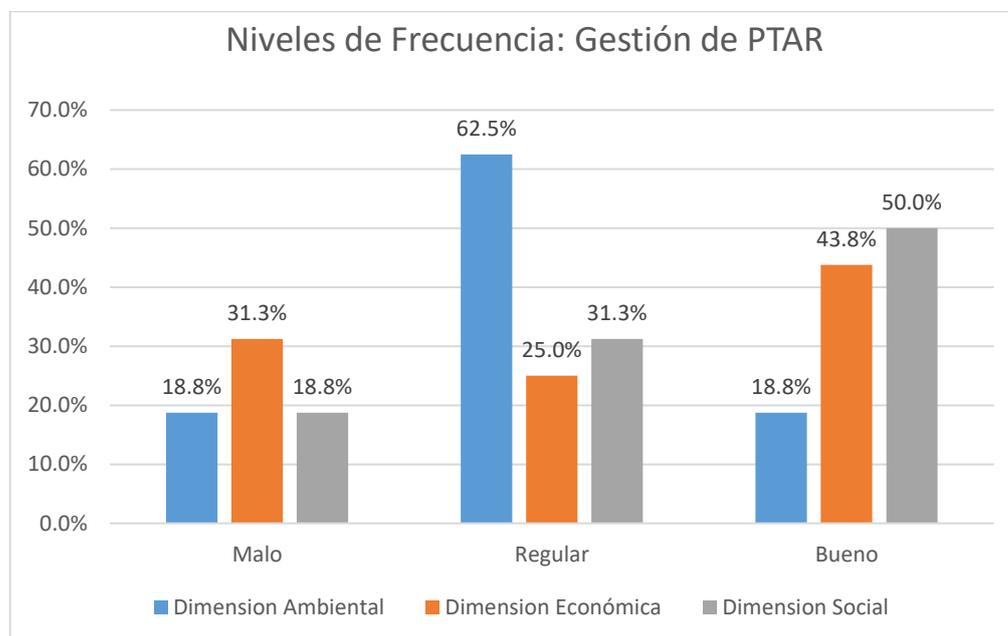
Tabla 14

Niveles de frecuencias de la gestión de las PTAR por dimensiones

Dimensiones	Niveles	Frecuencia (fi)	Porcentaje válido (%)
Dimensión ambiental	Malo	3	18,8%
	Regular	10	62,5%
	Bueno	3	18,7%
Dimensión económica	Malo	5	31,2%
	Regular	4	25,0%
	Bueno	7	43,8%
Dimensión social	Malo	3	18,8%
	Regular	5	31,2%
	Bueno	8	50,0%

Figura 9.

Niveles de frecuencia de la gestión de las PTAR por dimensiones



Interpretación:

Con respecto a la tabla 12 y a la figura 9, analizando las dimensiones más representativas por nivel, el nivel malo corresponde a la dimensión económica con el

31,3%, siguiendo con el mismo esquema, la dimensión ambiental es la más representativa del nivel regular con el 62,5%, finalmente, la dimensión social con el 50,0% representa al nivel bueno, en tanto, la dimensión económica tiene un nivel de percepción buena del 43,8% y la dimensión social de solo 18.8%.

Tabla 15

Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Economía circular	,255	20	,001	,787	20	,001
Plantas de tratamiento de aguas residuales	,255	20	,001	,812	20	,001
Dimensión ambiental	,350	20	,000	,736	20	,000
Dimensión económica	,341	20	,000	,723	20	,000
Dimensión social	,337	20	,000	,740	20	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Con respecto a la tabla 13, analizando la distribución de los datos de cada variable y dimensión que participan en la prueba de hipótesis, se encuentra que para una muestra menor a 30 se utiliza el método Shapiro-Wilk de la tabla 13, encontrando que tanto las variables como dimensiones tienen un nivel de significancia menor a 0,05 lo cual acepta la hipótesis alterna que nos indica que los datos tienen una distribución no normal, debiendo utilizar una prueba estadística no paramétrica y que para la presente investigación se empleó la prueba no paramétrica de regresión ordinal.

Tabla 16*Prueba de variabilidad de la hipótesis general y específicas*

Hipótesis	VARIABLES	Logaritmo de verosimilitud	Chi-cuadrado	Sig. Bilateral	Pseudo Cuadrado de Nagelkerke	% de influencia x 100%
Hipótesis general	Economía circular	,000	29,106	,000	,879	87,9%
	Gestión de la PTAR					
Hipótesis específica-1	Economía circular	8,191	7,511	,006	,389	38,9%
	Dimensión ambiental					
Hipótesis específica-2	Economía circular	10,339	10,402	,001	,469	46,9%
	Dimensión económica					
Hipótesis específica-3	Economía circular	10,831	11,775	,001	,519	51,9%
	Dimensión social					

Realizando el análisis en la hipótesis general se ha demostrado que la variable Economía Circular presenta alta variabilidad sobre la gestión sostenible de las PTAR con un 87,9% de acuerdo con el índice del pseudo cuadrado de Nagelkerke 0,879 y al p valor de 0,000. En la hipótesis-específica-1 se ha demostrado que la Economía Circular presenta una moderada variabilidad sobre la dimensión ambiental de 38,9% de acuerdo al índice del pseudo cuadrado de Nagelkerke 0,389 y al p valor de 0,006. En la hipótesis-específica-2 se ha demostrado que la Economía Circular presenta una moderada variabilidad sobre la dimensión económica de 46,9% de acuerdo al índice del pseudo cuadrado de Nagelkerke 0,469 y al p valor de 0,001. En la hipótesis-específica-3 se ha demostrado que la Economía Circular presenta una alta variabilidad sobre la dimensión social del 51,9% de acuerdo al índice del pseudo cuadrado de Nagelkerke 0,519 y al p valor de 0,001.

Hipótesis general

Ho: La Economía Circular no influye en la gestión sostenible de las de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno..

H1: La Economía Circular influye en la gestión sostenible de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno..

Tabla 17

Estimación de parámetros para la prueba de Economía Circular en la gestión de las PTAR.

Estimaciones de parámetro		Estimación	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
							Límite inferior	Límite superior
Umbral	[V2=1]	20,651	,866	568,635	1	,000	18,954	22,349
	[V2=2]	58,776	,816	5181,896	1	,000	57,176	60,376
Ubicación	V1	19,958	,000	.	1	.	19,958	19,958

Función de enlace: Logit.a. Este parámetro está establecido en cero porque es redundante.

Permite conocer que la economía circular influye significativamente en la gestión sostenible de la planta de tratamiento de aguas residuales circunlacustre al Lago Titicaca, Región Puno, por cuanto el puntaje Wald es muy grande que no se visualiza en la tabla 15 y es mayor de 4 que viene a ser el punto de corte para el modelo de análisis y es reforzado por $p = 0,000 < \alpha 0.05$ que permite el rechazo de la hipótesis nula e inferir que la economía circular influye en la gestión sostenible de la planta de tratamiento de aguas residuales circunlacustre al Lago Titicaca.

Hipótesis Específica 1

Ho: La Economía Circular no influye en la dimensión Ambiental para la gestión sostenible de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno..

H1: La Economía Circular influye en la dimensión Ambiental para la gestión sostenible de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno..

Tabla 18

Estimación de parámetros para la prueba de Economía Circular en la dimensión Ambiental.

Estimaciones de parámetro		Estimación	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
							Límite inferior	Límite superior
Umbral	[D2=1]	1,762	1,530	1,326	1	,250	-1,237	4,760
	[D2=2]	7,131	2,952	5,835	1	,016	1,345	12,916
Ubicación	V1	2,140	1,029	4,325	1	,038	,123	4,156

Función de enlace: Logit.a. Este parámetro está establecido en cero porque es redundante.

Se permite conocer que la economía circular influye significativamente en la dimensión ambiental para la gestión sostenible de las PTAR, por cuanto el puntaje Wald de 4,325 que es mayor de 4 que viene a ser el punto de corte para el modelo de análisis y es reforzado por $p = 0,038 < 0.05$ que permite el rechazo de la hipótesis nula e inferir que la economía circular influye en la dimensión ambiental.

Hipótesis Específica 2

Ho: La Economía Circular no influye en la dimensión Económica para la gestión sostenible de las PTAR ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno.

H1: La Economía Circular influye en la dimensión Económica para la gestión sostenible de las PTAR ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno.

Tabla 19

Estimación de parámetros para la prueba de Economía Circular en la dimensión Económica.

Estimaciones de parámetro		Estimación	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
							Límite inferior	Límite superior
Umbral	[D3=1]	2,599	1,356	3,678	1	,055	-,057	5,256
	[D3=2]	4,061	1,582	6,586	1	,010	,959	7,162
Ubicación	V1	2,028	,737	7,563	1	,006	,583	3,473

Función de enlace: Logit.a. Este parámetro está establecido en cero porque es redundante.

Se permite conocer que la economía circular influye significativamente en la dimensión económica para la gestión sostenible de las PTAR, por cuanto el puntaje Wald de 7,563 que es mayor de 4 que viene a ser el punto de corte para el modelo de análisis y es reforzado por $p = 0,006 < a 0.05$ que permite el rechazo de la hipótesis nula e inferir que la economía circular influye en la dimensión económica.

Hipótesis Específica 3

Ho: La Economía Circular no influye en la dimensión Social para la gestión sostenible de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno.

H1: La Economía Circular influye en la dimensión Social para la gestión sostenible de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno.

Tabla 20

Estimación de parámetros para la prueba de Economía Circular en la dimensión Social

Estimaciones de parámetro		Estimación	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
							Límite inferior	Límite superior
Umbral	[D1=1]	1,930	1,340	2,076	1	,150	-,695	4,556
	[D1=2]	4,344	1,729	6,311	1	,012	,955	7,734
Ubicación	V1	2,237	,825	7,352	1	,007	,620	3,854

Función de enlace: Logit.a. Este parámetro está establecido en cero porque es redundante.

Se permite conocer que la economía circular influye significativamente en la dimensión social para la gestión sostenible de las PTAR, por cuanto el puntaje Wald de 7,352 que es mayor de 4 que viene a ser el punto de corte para el modelo de análisis y es reforzado por $p = 0,007 < a 0.05$ que permite el rechazo de la hipótesis nula e inferir que la economía circular influye en la dimensión social.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La investigación ha demostrado que la Economía Circular influye significativamente en la gestión sostenible de las plantas de tratamiento de aguas residuales de las localidades ubicadas en las riberas del lago Titicaca en la región Puno, por cuanto el puntaje Wald es muy grande, mayor de 4 que viene a ser el punto de corte para el modelo de análisis y es reforzado por $p = 0,000 < a 0.05$ que permite el rechazo de la hipótesis nula e inferir que la economía circular influye en la gestión sostenible de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Resultados coincidentes con los del Banco Mundial (2020) que sostiene que una de las mayores ventajas de adoptar los principios de una Economía Circular en el procesamiento de agua residual es que la recuperación y reciclaje del recurso podría transformar el saneamiento de ser un servicio costoso a ser un sistema autosostenible que añade valor; y, Rojas (2018) quien manifiesta que la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales bajo el enfoque de la Economía Circular posibilitará conservar un recurso cada vez mas escaso, permitiendo reducir los conflictos crecientes por el agua y permitirá aprovechar los subproductos de manera sostenible reutilizando las aguas tratadas en actividades agrícolas, industriales y consumo humano; y los subproductos para generar energía y mejorar los suelos.

Estos resultados, son coherentes con los expuestos por: Saravia (2022) quien manifiesta que: las prácticas de la Economía Circular, además de tender a sistemas sostenibles, se pueden aplicar para lograr un número considerable de metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En tal sentido, este enfoque se plantea como una solución y una herramienta de apoyo para los gobiernos que pretenden alcanzar las metas de desarrollo comprometidas; y, Prieto-Sandoval (2017) quien afirma que la Economía Circular presenta la alternativa para responder a los desafíos del crecimiento económico y productivo actual, promoviendo flujos cíclicos para la extracción, transformación, distribución, uso y recuperación de materiales y energía para generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación.

VI. CONCLUSIONES

6.1 Sobre la hipótesis general se concluye que la Economía Circular influye significativamente en la gestión sostenible de las plantas de tratamiento de aguas residuales de las localidades ubicadas en las riberas del lago Titicaca en la Región Puno, por cuanto el puntaje Wald es mucho mayor que 4 que viene a ser el punto de corte para el modelo de análisis y es reforzado por $p=0.000 < 0.05$ que permite el rechazo de la hipótesis nula.

6.2 En referencia a la primera hipótesis específica se concluye que la Economía Circular influye significativamente en la dimensión ambiental para la gestión sostenible de las PTAR ubicadas en las riberas del lago Titicaca en la Región Puno, por cuanto el puntaje Wald es 4.325, que es mayor de 4 que viene a ser el punto de corte para el modelo de análisis y es reforzado por $p=0.038 < 0.05$ que permite el rechazo de la hipótesis nula.

6.3 Respecto a la segunda hipótesis específica se concluye que la Economía Circular influye significativamente en la dimensión económica para la gestión sostenible de las PTAR ubicadas en las riberas del lago Titicaca en la Región Puno, por cuanto el puntaje Wald es 7.563, que es mayor de 4 que viene a ser el punto de corte para el modelo de análisis y es reforzado por $p=0.006 < 0.05$ que permite el rechazo de la hipótesis nula.

6.4 Respecto a la tercera hipótesis específica se concluye que la Economía Circular influye significativamente en la dimensión social para la gestión sostenible de las PTAR ubicadas en las riberas del lago Titicaca en la Región Puno, por cuanto el puntaje Wald es 7.352, que es mayor de 4 que viene a ser el punto de corte para el modelo de análisis y es reforzado por $p=0.007 < 0.05$ que permite el rechazo de la hipótesis nula.

VII. RECOMENDACIONES

7.1 Se recomienda realizar futuras investigaciones sobre Economía Circular y su relación con la gestión de aguas residuales industriales así como los beneficios de su aplicación relacionada con los compromisos sobre cambio climático.

7.2 Se recomienda realizar futuras investigaciones relacionados con los beneficios de aplicar la Economía Circular para rehabilitación de lagunas colmatadas con lodos, lo que permitiría recuperar el nitrógeno y fósforo para su uso como fertilizantes y el biogás para generación eléctrica, que además de mejorar la eficiencia operativa, evitaría la eutrofización, los malos olores, y podría reducir los impactos negativos al medio ambiente y la salud.

VIII. REFERENCIAS

- Adrianzèn Flores, M. A., Farfàn Sánchez, D. C., & Gives Calderòn, A. M. (2015). Gestión de la Empresa Prestadora de Servicios Grau S.A., en la implementación de la política de saneamiento relacionada al Tratamiento y Disposición final de las aguas residuales de la ciudad de Piura y Castilla. *Tesis para optar el Grado de Magister en Gerencia Social*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Aguirre Venegas, S. F. (Noviembre de 2014). Determinación del Potencial Energético de las aguas servidas para la generación de energía eléctrica en el Perú. *Tesis para optar el grado de Maestro en Gestión de la Energía con Mención en Electricidad*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín.
- ALT. (2014). *Programa SIGAR. Sistema Integral de Gestión de Aguas Residuales . Diagnóstico y Caracterización de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en el anillo Circunlacustre del Lago Titicacas* . La Paz. Bolivia: Autoridad Binacional del Lago Titicaca. ALT.
- Aquino Espinoza, P. (2017). *Calidad del Agua en el Perú. Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales*. Lima: DAR . Derecho Ambiente y Recursos Naturales.
- Avila Acosta, R. B. (2001). Metodología de la Investigación: Cómo elaborar la Tesis y/o Investigación.. Ejemplos de diseños de tesis y/o investigación. Lima, Perú: Estudios y Ediciones R.A.
- Banco Mundial. (2020). *Aguas Residuales: de residuo a recurso*. Washington. US: Banco Internacional de Reconstrucción y Recursos - Banco Mundial.
- Banco Mundial. (4 de Noviembre de 2022). *Banco Mundial* . Obtenido de Agua y Saneamiento: <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>
- BID. Banco Interamericano de Desarrollo. (2018). *Proceso Regional de la Américas. Foro Mundial del Agua 2018*. Santiago: CEPAL.

- Brundtland, G. H. (1987). *Our Common Future. Report of the World Commission on Environment and development*. Oslo: United Nations .
- Cabezas Sànchez, C. (2018). Enfermedades infecciosas relacionadas con el agua en el Perù. *Revista Perù Med. - Salud Pùblica*, 309-316.
- Carrillo Carranza, L. B. (2021). Diagnòstico situacional de la empresa SEDACAJ SAC. en la ciudad de Cajamarca. 2019, para elaborar el modelo de Economía Circular. *Tesis para optar el grado acadèmico de doctor en ciencias, mención: Ciencias Econòmicas*. Cajamarca, Perù: Universidad Nacional de Cajamarca. Perù.
- CENTA. (2006). *Manual de Depuraciòn de Aguas Residuales Urbanas*. Valencia: Centro de Nuevas Tecnologías del Agua.
- Cerdà, E., & Khalilova, A. (2016). Economía Circular. *Economía Circular, Estrategia y Competitividad*, 11-20. Madrid, España: Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
- Cervantes Torre-Marin, G. (2018). Ecología Industrial Innovaciòn y desarrollo sostenible en sistemas industriales. *Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*. Pàg 59-78. Catalunya., España.
- Chumbes Carbajal, C. A. (2014). Los òrganos de Gobierno de las comunidades campesinas del distrito de Huando, Period 1990-2000. Huancayo, Perù: Univesidad Nacional del Centro del Perù. Facultad de Sociología.
- CONAGUA. (2017). *Estadísticas del Agua en Mèxico. Comisiòn Nacional del Agua*. Mèxico: Comisiòn Nacional del Agua.
- CONAMA. (2018). *Economía Circular en el Sector Construcciòn*. Madrid: Congreso Nacional del Medio Ambiente 2018. Grupo de Trabajo GT6. Rumbo 20.30.
- CONAMA. (2019). *La Economía Circular en el sector agua*. Madrid: Fundaciòn Congreso Nacional del Medio Ambiente.
- Ellen MacArthr Foundation. (2017). *Hacia una Economía Circular; Motivos econòmicos para una transiciòn aceleradas* . Londres: Ellen MacArthur Foundation.

- Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards The Circular Economy. Economic and business rationale for an accelerated transition*. London U.K: Ellen MacArthur Foundation.
- Espaliat Canu, M. (2017). *Economía Circular y Sostenibilidad. Nuevos Enfoques para la creación de valor. Economía Circular y Sostenibilidad*. Santiago, Chile.
- ESPAÑA CIRCULAR. (Febrero de 2018). *Estrategia Española de Economía Circular. Economía Circular 2030*. Madrid, España: Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. Gobierno de España.
- FAO AQUASTAT. (2015). *Perfil de País - Perú*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Versión 2015.
- Florez Franco, R. O. (2014). Análisis del problema del Agua Potable y Saneamiento . Ciudad de Puno. *Revista de Investigación Altoandina*. 2014. Vol 16 N°1, 5-8.
- Gómez López, M. D., García Cascales, M. S., Bayo, J., & Angosto, J. M. (2009). *Toma de decisión en ambiente difuso, aplicación a la elección de un sistema de desinfección de agua depurada*. Badajoz: XIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. 8-10 julio 2009.
- Gonzalez Ordaz, G. I., & Vargas-Hernández, J. G. (2017). La Economía Circular como factor de la Responsabilidad Social. *Economía Coyuntural, Revista de coyuntura y perspectivas*. vol.2, núm.3, pp105-130. DOI 10.5281/Zenodo 1182808, 105-130.
- Guo, M. T., Huang, J. J., Hu, H. Y., Liu, W. J., & Yang, J. (2013). Quantitative Characterization, and Prediction Modelling of Photoreactivation of Coliforms After Ultraviolet Disinfection of Reclaimed Municipal Wastewater. *Water and Soil Pollut*, 1774, 4-9.
- Henze, M., Van Loosdrecht, M. C., Ekama, G. A., & Brdjanovic, D. (2017). Desarrollo del Tratamiento de Aguas Residuales. En C. M. López Vásquez, G. Buitrón Méndez, H. A. García, & F. J. Cervantes Carrillo, *Tratamiento Biológico de Aguas Residuales. Principios, Modelación y Diseño*. (págs. 1-8). Londres. UK: International Water Association IWA Publishing.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Hijosa-Valsero, M., Matamoros, V., Martín-Villacorta, J., Bècares, E., & Bayona, J. M. (2010). Assessment of full-scales natural systems for the removal of PPCPs from wastewater in small communities. *ELSEVIEWER. IWA Water. Spain*, 1429-1440.
- Iglesias Esteban, R. (2016). La Reutilización de Efluentes Despurados en España: Retrospectiva, desarrollo del marco normativo, Estudio de las Tecnologías de Regeneración frente a los Biorreactores de membrana y sus costes en función del uso. *Tesis Doctoral*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
- IHOBE. (2019). Estrategia de Economía Circular de Euskadi 2030. *Circular Thinking*. Gobierno Vasco, España: Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda. Gobierno Vasco. .
- INEI. (2016). *Anuario de Estadísticas Ambientales 2016*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú.
- INEI. (2020). *Estado de la Población peruana 2020*. Lima. Perú: Instituto Nacional de Informática y Estadística. .
- LATINOSAN PERÚ. (2016). *Sistematización de la IV Conferencia Latinoamericana de Saneamiento*. Lima. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. MVCS.
- Lofrano, G., & Brown, J. (2010). Waste Management through the ages: A history of mankind. *Science of The Environment. October 2010. ELSEVIEWER. US*, 5254-5264.
- Mathews, J. A., Tang, Y., & Tan, H. (2011). China's move to a Circular Economy as a Development Strategy. *Asian Business and Management. Vol.4.*, 463-484.
- MINAM. (2009). Tratamiento y uso de Aguas Residuales. En M. d. Ambiente, *Manual para Municipios Ecoeficientes* (págs. 13-69). Lima: Ministerio del Ambiente.

- MINAM. (2013). *Línea Base Ambiental de la Cuenca del Lago Titicaca*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Monje Alvarez, C. A. (2011). *Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa. Guía Didáctica*. Neiva, Colombia: Universidad Surcolombiana. Colombia.
- Morato, J., Tollin, N., & Jiménez, L. (2017). *Situación y Evolución de la Economía Circular en España*. Madrid, España: Fundación COTEC para la Innovación.
- MVCS. (25 de Junio de 2017). D.S.Nº018-2017-VIVIENDA. *Decreto Supremo que Aprueba el Plan Nacional de Saneamiento 2017-2021*. Lima, PERÚ: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Naupay Gonzales, L. R. (Septiembre de 2017). *Enajenación de Terrenos comunales y su influencia en el desarrollo socioeconómico de la comunidad campesina Santa María del Valle*. Huànuco, Huànuco, Perú: Universidad de HUànuco. Facultad de Derecho y Ciencias Políticas.
- Oblitas de Ruiz, L. (2010). *Servicios de Agua Potable y Saneamiento en el Perú: Beneficios Potenciales y Determinantes de Éxito*. Santiago de Chile: Naciones Unidas. CEPAL. Comisión Económica para América Latina,.
- OEFA. (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. Lima. Perú: OEFA. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- OMS - ONU HABITAT. (2018). *Progresos en el Tratamiento y el Uso de Aguas Residuales. 2018*. Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud. .
- OMS - UNICEF. (2017). *Progresos en Materia de Agua Potable, Saneamiento e Higiene. Actualización de 2017 y Línea Base de los ODS*. Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (2016). *Planificación de la Seguridad del Saneamiento. Manual para el uso y la disposición seguros de aguas residuales, aguas grises y excretas*. Ginebra. Suiza: Organización Mundial para la Salud.

- ONU. (2012). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible RIO +20. El futuro que queremos*. Rio de Janeiro, Brasil. 20-22 junio 2012: Organización de las Naciones Unidas.
- ONU. (2015). *Resolución Aprobada por la Asamblea de la ONU el 25 de septiembre 2015. Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. New York. USA: Organización de las Naciones Unidas.
- Pastor, R., Antúnez, R., & Morato, J. (2017). *Modelos de Gestión del Agua y Saneamiento en el Perú: Una mirada al caso de la Comunitat Minera Olesana en Calalunya*. . Barcelona. España: I International Congress on Water and Sustainability. 26-27 june. 2017.
- Pérez Morales, A., Gil Meseguer, E., & Gómez Espin, J. M. (2014). *Las Aguas Residuales Regeneradas como recurso para los regadíos de la demarcación Hidrográfica del Segura (España)*. Murcia. España: Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N° 64-2014. pàgs. 151-175.
- Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). *Economía Circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. Memoria de Investigaciones en Ingeniería, Nùm.15. Universidad de Navarra. España, 85-95.*
- Quintero Diaz, C., & Fonticiella Izquierdo, E. L. (2012). *Algunas consideraciones filosóficas sobre fundamentos filosóficos de los problemas del medio ambiente. DELOS. Revista Desarrollo Local Sostenible. , Vol 6. N°14. Pàg.1-6.*
- Raschid-Sally, L., & Jayakody, P. (2008). *Drivers and Characteristics of Wastewater Agriculture in Developing Countries: Results from a Global Assessment*. Colombo. Sri Lanka: International Water Management Insitute. IWMI. Report 127.
- Reynolds, K. A. (2002). *Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica. Identificación del Problema. Agua Latinoamericana. Septiembre/octubre 2002., 1-4.*

- Rivadavia Huamani, E. L. (2019). *El Agua Residual como Recurso de Nutrientes*. Madrid, España: Universidad de Alcalá. Tesis de Maestría para optar el grado Académico de Master Universitario en Hidrología y Recursos Hídricos.
- Rojas Ortuste, F. (2014). Informe CEPAL. *Políticas a Institucionalidad en materia de Agua Potable y Saneamiento en América Latina y El Caribe*. Santiago de Chile, Chile: Naciones Unidas. CEPAL. Recursos Naturales e Infraestructura.
- Rojas Ortuste, F. (2018). *La Economía Circular*. Obtenido de La Economía Circular y los retos para la Gobernanza del Agua: <https://www.iagua.es/blogs/franz-rojas/economia-circular-y-retos-gobernanza-agua>
- Salas Rodriguez, J. J., Pidre Bocado, J. R., & Sánchez Fernandez, L. (2014). *Manual de Tecnologías no convencionales para la depuración de Aguas Residuales*. Andalucía. España: CENTA. Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua.
- Salazar Velásquez, J. I. (2009). *Jerome Bruner: Mente, Conocimiento y Cultura*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia. Instituto de Filosofía.
- Sato, T., Qadir, M., Yamamoto, S., Endo, T., & Zahoor, A. (2013). Global, Regional and Country level need for data on Wastewater generation, Treatment and Use. *Agricultural Water Management. Volume 130. ELSEVIEWER.*, 1-13. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377413002163>
- Suarez Eiroa, B. (2021). Integración de la Economía Circular en el marco del desarrollo sostenible: Marco Teórico e implementación práctica. *Tesis Doctoral*. Vigo, España: Universidad de Vigo.
- SUNASS. (2008). *Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales de las EPS del Perú y Propuestas de Solución*. Lima. Perú: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.
- SUNASS. (2015). *Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el ámbito de Operación de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento*. Lima. Perú: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. SUNASS.

- SUNASS. (2022). *Diagnòstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el àmbito de las Empresas Prestadoras 2022*. Lima. Perù: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. Junio 2022 .
- Ulloa Guntiñas, L. (2020). Hacia la Economía Circular en la Gestión de ácidos agotados: Recuperación de metales empleando resinas quelantes. *Doctorado en Ingeniería Química, de la Energía y de Procesos*. Santander, España: Universidad de Cantabria. Escuela de Doctorado de la Universidad de Cantabria. .
- UNESCO. (2017). *Aguas Residuales el Recurso Desaprovechado. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017*. París. Francia: Organización de las Naciones Unidas sobre la Educación, la Ciencia y la Cultura. UNESCO. .
- UNESCO. (2019). *No dejar a nadie atrás. Informe de las Naciones Unidas sobre Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019*. Paris. Francia: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. UNESCO. ONU.
- WE ARE WATER. (2017). *Aguas Negras. El rastreo de nuestra Historia*. Obtenido de We Are water Foundation: https://www.wearewater.org/es/aguas-negras-el-rastro-de-nuestra-historia_281141

IX ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TITULO: “LA ECONOMIA CIRCULAR APLICADA A LA GESTIÓN
SOSTENIBLE DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES,
PUNO. 2020”
ALFREDO MAMANI SALINAS**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
Problema General	Objetivo General	Hipòtesis General	Variable Dependiente
¿Cómo influye la Economía Circular en la gestión sostenible de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno - 2022?	Determinar la influencia de la Economía Circular en la gestión sostenible de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno 2022	La Economía Circular influye en la gestión sostenible de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno.	Gestión Sostenible de las Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipòtesis Específica	Variable Independiente
a) ¿Cómo influye la Economía Circular en la dimensión ambiental para la gestión sostenible de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno?	a) Determinar la influencia de la Economía Circular en la dimensión ambiental para la gestión sostenible de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno	a) La Economía Circular influye en la dimensión ambiental para la gestión sostenible de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno	Economía Circular
b) ¿Cómo influye la Economía Circular en la dimensión económica para la gestión sostenible de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno?	b). Determinar la influencia de la Economía Circular en la dimensión económica para la gestión sostenible de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno	b) La Economía Circular influye en la dimensión económica para la gestión sostenible de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno	DIMENSIONES Ambiental Económica Social
			METODOLOGIA
c) ¿Cómo influye la Economía Circular en la dimensión social para la gestión sostenible de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno?	c) Determinar la influencia de la Economía Circular en la dimensión social para la gestión sostenible de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno	c) La Economía Circular influye en la dimensión social para la gestión sostenible de las PTAR de las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca, Región Puno	Tipo de investigación: Aplicada. Nivel de Investigación Descriptivo Método de Investigación Analítico Diseño de la Investigación No Experimental

ANEXO 2 - INSTRUMENTOS

Encuesta sobre Economía Circular

	ECONOMÍA CIRCULAR	Si	No	N/S
1	¿Sabe usted que la Economía Circular es un concepto que se viene utilizando para optimizar el uso de recursos?			
2	¿Sabe que la Economía Circular es un instrumento de gestión aplicable al sector agua y saneamiento?			
3	¿Sabe que la Economía Circular se aplica para mejorar la gestión operativa de la PTAR?			
4	¿Conoce cuál es la relación entre Desarrollo Sostenible y la Economía Circular?			
5	¿Sabe si la empresa en la que labora tiene indicadores de gestión de la Economía Circular?			
6	¿Conoce la importancia de aplicar la Economía Circular como un instrumento de gestión sostenible?			
7	¿Sabe los beneficios de aplicar la Economía Circular a la gestión sostenible de las PTAR?			
8	¿Sabe que el ODS 6 es un compromiso mundial referido al sector agua y saneamiento?			
9	¿Sabe si la empresa en que labora tiene instrumento ambiental aprobado?			
10	¿Conoce si la empresa en la que labora dispone indicadores de gestión para mejorar la eficiencia operativa?			

Nombre:

Institución:

INSTRUMENTOS

Encuesta sobre Gestión de PTARs

	GESTIÓN DE PTARs	Si	No	N/S
1	¿Sabe usted cómo se representa la eficiencia operativa?			
2	¿Conoce usted los indicadores de gestión operativas que se aplican en la PTAR?			
3	¿Sabe usted cómo se realiza el manejo de lodos?			
4	¿Conoce usted los parámetros de calidad que se utilizan en el control operativo?			
5	¿Conoce usted los instrumentos para control de la calidad que se utilizan en planta?			
6	¿Sabe usted si el personal está adecuadamente entrenado para la operación de la PTAR?			
7	¿En su área de trabajo cuentan con instrumento de gestión ambiental aprobado?			
8	¿Conoce usted sobre los peligros y riesgos a la salud y seguridad en labores operativas de las PTAR?			
9	¿Conoce usted los impactos negativos que generan las plantas operadas inadecuadamente?			
10	¿Sabe usted si la empresa cuenta con un plan estratégico operacional?			

Nombre:

Institución:

SIGLAS

ALT. Autoridad Binacional del Lago Titicaca.

ANA Autoridad Nacional del Agua.

BID Banco Internacional de Desarrollo.

CENTA. Centro de Nuevas Tecnologías del Agua.

ECA Estandar de Calidad Ambiental.

EPS Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento.

INEI Instituto Nacional de Estadística e Informática.

JASS Junta de Administración de Agua y Saneamiento.

LMP Límites Máximos Permisibles.

MINAM Ministerio del Ambiente.

MVCS Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.

ODS Objetivos de Desarrollo Sostenible.

OEFA Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

OMS Organismo Mundial de Salud.

ONU Organización de las Naciones Unidas.

OTASS. Organismo Técnico de la Administración de Servicios de Saneamiento.

PTAR Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

SUNASS. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.

UNESCO. Organización de Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura