



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

ATIT_2024-FIAS-071

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN ICA, 2022”

Presentado por:

TRIGOSO POMIER, GIANCARLO

Autor(a) del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es **PORCENTAJE DE SIMILITUD del 1%** por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO,

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Con CÓDIGO DE MATRÍCULA N° **20160906**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 24 de Junio del 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Dr. Domingo Jesús Cabel Moscoso
DIRECTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria



TESIS

**“Evaluación de la eficiencia del sistema de la planta de
tratamiento de aguas residuales en Ica, 2022”**

Línea de Investigación: Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles.

PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO

Autor:

BACH. GIANCARLO TRIGOSO POMIER

ICA - PERÚ

2024

DEDICATORIA

Dedicado al ser supremo que guía y cuida mi camino.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, docentes y asesor por su valioso aporte en la contribución de mi trabajo científico.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice General	iv
Índice de Tablas	vi
Índice de Figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	11
1.1.1. Formulación del problema	12
1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	12
1.2.1. Antecedentes internacionales	12
1.2.2. Antecedentes nacionales	15
1.2.3. Antecedentes locales	18
1.2.4. Justificación e importancia	18
1.2.5. Marco teórico	18
1.2.6. Marco conceptual	26
1.2.7. Marco legal	
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	28
2.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	28
2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	28
2.2.1. Población	28
2.2.2. Tamaño de muestra	28
2.3. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	28
2.3.1. Variable independiente	28
2.3.2. Variable dependiente	29
2.3.3. Operacionalización de variables	29
2.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	29

2.4.1. Objetivo general	29
2.4.2. Objetivos específicos	29
2.5. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	29
2.5.1. Hipótesis principal	29
2.5.2. Hipótesis específicas	29
2.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	31
2.6.1. Instrumentos	31
2.7. PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE DATOS	31
2.7.1. Procesamiento	31
2.7.2. Interpretación	31
III. RESULTADOS	32
3.1. ÁREA DE ESTUDIO	32
3.2. EVALUACIÓN EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS	33
3.2.1. Análisis del objetivo específico 1	33
3.2.2. Análisis del objetivo específico 2	34
3.2.3. Análisis del objetivo específico 3	36
3.2.4. Análisis del objetivo específico 4	38
3.2.5. Análisis del objetivo específico 5	42
IV. DISCUSIÓN	43
4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	43
V. CONCLUSIONES	45
VI. RECOMENDACIONES	47
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

ANEXOS:

Anexo 01: Matriz de consistencia

Anexo 02: Instrumentos

Anexo 03: Guía de observación

Anexo 04: Cuestionario

Anexo 05: Agua potable suministrada por EMAPICA

Anexo 06: Parámetros de agua residuales y tratadas conforme a normas

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Cualidades de una PTAR en Ica	35
Tabla 2: Agua potable suministrada por Emapica	36
Tabla 3: Parámetros de aguas residuales y tratadas conforme a las normas	37
Tabla 4: Conocimiento de la comunidad sobre PTAR	38
Tabla 5: ¿Tiene conocimiento de cuantas PTAR existen en Ica?	39
Tabla 6: ¿Sabe si existe PTAR cerca a su domicilio?	40
Tabla 7: ¿Está de acuerdo que exista una PTAR en su zona?	41
Tabla 8: Cumplimiento de parámetros	42

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Conocimiento sobre PTAR	38
Figura 2: Conocimiento de cuantas PTAR existen en Ica	39
Figura 3: Existe PTAR cerca a su domicilio	40
Figura 4: De acuerdo que exista una PTAR en su zona?	41

RESUMEN

La investigación tuvo como **objetivo:** Evaluar la eficiencia del sistema en la planta de tratamiento de aguas en Ica. **La metodología:** Investigación de tipo aplicada, enfoque mixto, nivel descriptivo y explicativo con diseño no experimental, la muestra fue una PTAR de Ica, 110 pobladores y 3 Ingenieros especialistas. Los instrumentos aplicados fueron la guía de entrevista, la guía de observación y el cuestionario. **Resultados:** Se encontró que las PTAR se encuentran en condiciones inadecuadas y que presentan una amenaza en la calidad del agua. Esta situación se hace más dificultosa en los distritos de los Aquijes, Santiago y Ocucaje. El ingreso de los RS es de gran cantidad, el desarenador se encontró que le falta mantenimiento y limpieza, no se encontró un ducto limpio, se evidenció que el reactor biológico no cumple su objetivo de tratar el agua. Los parámetros físico-químicos tienen valores cerca al ECA, los aceites y grasas tuvieron valores de agua residual de 16.6 y convertido en agua tratada 3.0 con LMP de 20 y NOM 15, mientras que su ECA fue de 5. Por otro lado, con respecto a los valores de DBO5 tuvo un ECA de 15 y DQO con un ECA de 40. Finalmente, su color estuvo en 100 (ECA). Los parámetros microbiológicos como la E. Coli (NMP/100ml) tuvo un ECA de 100, Coliformes en 1000 y Coliformes totales (NMP/100ml) 1100 (ECA). El 59.17% de la población no conoce sobre las PTAR y el 85.83 % está de acuerdo con tener en una PTAR en su zona. **Conclusión:** Existe un 75% de eficiencia en el cumplimiento de parámetros de la planta de tratamientos de aguas residuales en Ica.

Palabras clave: Sistema, planta de tratamiento, aguas residuales, eficiencia.

ABSTRACT

The objective of the research was: Evaluate the efficiency of the system in the water treatment plant in Ica. **The methodology:** Applied research, descriptive and explanatory level with non-experimental design, the sample was a WWTP in Ica, 110 residents and 3 specialist engineers. The instruments applied were the interview guide, the observation guide and the questionnaire. **Results:** It was found that the WWTPs are in inadequate conditions and that they present a threat to water quality. This situation becomes more difficult in the districts of Aquijes, Santiago and Ocucaje. The input of RS is in large quantities, the sand trap was found to lack maintenance and cleaning, a clean duct was not found, it was evident that the biological reactor does not meet its objective of treating water. The physical-chemical parameters have values close to the ECA, the oils and greases had residual water values of 16.6 and converted into treated water 3.0 with LMP of 20 and NOM 15, while their ECA was 5. On the other hand, with respect to At the BOD5 values it had an ECA of 15 and COD with an ECA of 40. Finally, its color was 100 (ECA). Microbiological parameters such as E. Coli (NMP/100ml) had an ECA of 100, Coliforms in 1000 and total coliforms (NMP/100ml) 1100 (ECA). 59.17% of the population does not know about WWTPs and 85.83% agree with having a WWTP in their area. **Conclusion:** There is a 75% efficiency in compliance with the parameters of the wastewater treatment plant in Ica.

Keywords: System, treatment plant, wastewater, efficiency

INTRODUCCIÓN

Según OMS y UNICEF, alrededor de todo el mundo, 3 de cada 10 personas es decir 2100 millones de humanos, no cuentan el servicio de agua potable en sus hogares y 4500 millones de personas, es decir 6 de cada 10, carecen de un servicio de saneamiento seguro. Esto incluye a los seiscientos millones de seres humanos que comparten un inodoro o letrina con personas de otros hogares, y los ochocientos noventa y dos millones de personas –en su gran parte pertenecientes a las zonas rurales– que hacen sus necesidades al aire libre[1]

Las aguas residuales vertidas, sin tratamiento alguno a los cuerpos receptores (ríos, lagos, quebradas secas o el mar) es uno de los principales agentes que contaminan no solo los variados ecosistemas existentes sino, en particular, nuestras vigentes fuentes de agua, así como superficiales y también subterráneas, lo que es una amenaza para la sostenibilidad del recurso y pone en peligro la salud de la población [2]. Señalan del estudio efectuado por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento – SUNASS que el 2008, 143 plantas de tratamiento de agua residual que hay en el Perú, solo el 14% están acorde con la normatividad actual para un eficiente funcionamiento; de otro lado, sólo el 4.9% de éstas estaba operando en niveles óptimos. Esta problemática también se refleja en los provincias y distritos de la Ica, actualmente el tratamiento de aguas residuales en el distrito de Ica, lo realiza EMPAPICA.

La investigación se ha desarrollado por capítulos:

El capítulo I, desarrolla el planteamiento del problema, que ha permitido formular el problema de investigación, asimismo, se indica los antecedentes internacionales, nacionales y locales, la justificación e importancia del estudio, el análisis del marco teórico, conceptual y legal.

En el capítulo II, se establece la metodología, que es tipo y nivel descriptivo y diseño no experimental.

El capítulo III: Esta referido a la descripción y el diagnóstico del tratamiento de aguas residuales en una PTAR

Capítulo IV: Se analizan los resultados de los análisis y encuesta, además se presenta la discusión de resultados que se han contrastado con investigaciones similares.

Capítulo V: Señala las conclusiones del estudio.

Capítulo VI: Se formulan las recomendaciones.

Capítulo VII: Se detalla las referencias bibliográficas consultada.

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Existe información a nivel internacional que refleja un 80% de aguas residuales son distribuidas y arrojadas al ambiente sin haber sido procesado (NACIONES UNIDAS, 2017, p. 7). Esta situación se agrava si las disposiciones de agua dulce se centran en el planeta tierra. Entonces se inicia con el término de “Nueva cultura del agua” en la cual hacen hincapié que solo “el 2.53% del total de agua del planeta tierra es dulce, por ende, su consumo debe ser sostenible y responsable para futuras generaciones”. [1] Sin embargo, en el Perú hay la grandiosa existencia de recurso hídrico por su ubicación en la ya conocida cordillera blanca, que tiene como cualidad poseer una inmensa cantidad de agua, pero en condición sólida. “El Perú alberga el 75% del total de volumen de hielo almacenado en los andes sudamericanos” (MINAGRI, 2015). [2]

Por otro lado, es evidente que en el contexto peruano según las revisiones de diferentes investigaciones quienes concluyen con la identificación de un inadecuado tratamiento de aguas residuales (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2019), habiéndose identificado que “50 EPS que existen en el Perú, solo el 69.65% brinda algún tipo de tratamiento a sus aguas servidas, el resto de la población peruana desecha directamente sus aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento a las cuencas hidrográficas de nuestro país” (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2019). [3]

Desde un inicio se pronosticó que la PTAR conseguiría beneficios en su primer día de operaciones, y no solo hemos recuperado 9 millones de m³ de agua, sino se ha conseguido 3,500 puestos de trabajo en Ica “además de plantar 750 hectáreas, permitiéndonos exportar cerca de 19,500 toneladas de productos sostenibles como paltas, arándanos y uvas de mesa”, (Arrese, 2022). [4]

Por lo tanto, Agrokasa, “con más de 27 años en el sector agrario, inició la construcción de esta moderna planta en agosto del 2020, a pesar de la difícil coyuntura de la pandemia del COVID-19”. Ellos se plantearon como meta el disminuir la dependencia del agua subterránea, considerando que la población iqueña tiene un aproximado de 90% de la demanda, por lo tanto, es necesario dar sostenimiento a fin de aprovechar el agua tratado con fines agrícolas. Entonces la planta de tratamiento queda como un precedente significativo en el ámbito agrario peruano, teniendo en cuenta que utiliza una de las tecnologías más avanzadas de todo Latinoamérica. “Esta tecnología que se emplea en el

Perú también es aplicada por las 12 plantas más grandes del mundo, compitiendo con potencias a la igual condición que EE. UU., China, Suecia, Francia y Bélgica”.

En el caso de Ica, se debe considerar que el agua restante es atraída por Emapica para el uso que ellos dispongan. Entonces, Agrokasa, “asume la totalidad de la inversión de US\$ 20 millones, así como los costos de operación durante los 20 años de concesión con US\$ 25 millones adicionales”.

Por lo tanto, de acuerdo a la finalidad de esta planta de aguas residuales se hace necesario evaluar la eficiencia de esta planta que tuvo el inicial propósito de recuperar agua de uso doméstico para riesgo de cultivos de exportación. En la actualidad las aguas residuales producidas en Ica, antes de ser vertidas reciben un tratamiento en la PTAR, entonces este estudio se enfocará en evaluar las condiciones y el tratamiento de las mismas. Cabe precisar que para realizar el estudio se emplearan las normas técnicas, así como los conceptos básicos relacionados al saneamiento a partir de la literatura científica.

1.1.1. Formulación del problema

1.1.1.1. Problema General

¿Existe eficiencia en el sistema de la planta de tratamiento de aguas en Ica?

1.1.1.2. Problemas específicos

PE1: ¿Cuáles son las condiciones actuales del sistema de tratamiento de aguas residuales?

PE2: ¿Qué cualidades presenta el agua residual vertida en la actualidad?

PE3: ¿Qué procesos aseguran la calidad del agua residual?

PE4: ¿Qué acciones realizar para que la comunidad se involucre en el tratamiento de aguas residuales?

1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Antecedentes internacionales

Hernández, V., et al. (2023) el objetivo de su investigación fue identificar los aspectos que optimizan el funcionamiento de las infraestructuras de las PTAR

para asegurar su viabilidad a largo plazo, es crucial en la evaluación de la eficacia de los procedimientos utilizados en el tratamiento de aguas residuales. La eficacia en términos de recursos empleados y la eliminación total de contaminantes ha sido el foco de la mayoría de las investigaciones previas; pero no se considera que la cantidad de contaminantes que las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) deben eliminar parámetros físicos, biológicos y químicos no permisibles en el lugar donde se vierten. Se ha implementado un modelo de eficiencia avanzado para abordar esta consideración, que diferencia entre la cantidad de contaminantes exigidos a eliminar por la Directiva 91/271/CEE y el excedente eliminado por las EDAR más allá de los requisitos legales. La mayoría de las instalaciones tienen la capacidad de eliminar una cantidad mayor de contaminantes, lo que significa que generan más beneficios para la sociedad. Los responsables y autoridades encargados de las EDAR encuentran gran interés en los métodos y resultados de esta investigación, lo que impulsa la adopción de soluciones basadas en un enfoque de diseño que maximice la obtención de subproductos en el tratamiento de aguas residuales, al mismo tiempo que mejora la eficacia de estas instalaciones. [5]

Ramírez, M., et al. (2021), el propósito del estudio fueron las evaluaciones de ecoeficiencia que abarcan la reducción de insumos, el aumento de resultados favorables y la minimización de los resultados no deseados. El Análisis Envoltante de Datos (DEA) se utiliza extensamente para evaluar la ecoeficiencia de las EDAR. Los modelos DEA convencionales, al integrar varios enfoques en un solo índice, no tienen en cuenta la incertidumbre de los datos. Se evalúa la ecoeficiencia de una muestra de EDAR en Cataluña en este estudio usando el modelo de tolerancia DEA, que tiene en cuenta la incertidumbre de los datos. También se incorporan por primera vez al proceso los gases de efecto invernadero (GEI) adicionales como el CH₄ y el N₂O, además del CO₂. Se documentaron los métodos utilizados para cuantificar las emisiones de GEI. En lugar de dar solo un puntaje de ecoeficiencia, se calcularon setecientos veintinueve puntajes para cada EDAR al analizar escenarios optimistas y pesimistas. Se clasificaron las EDAR según los puntajes de ecoeficiencia estimados, teniendo en cuenta la incertidumbre en cada escenario y mostrando las variaciones en el rendimiento de las EDAR en diferentes situaciones. En todos los escenarios evaluados, solo dos EDAR demostraron ser ecoeficientes. Proporciona información crucial para

mejorar la eficiencia y promover la innovación en el sector de aguas residuales. [6]

Aghalari, Z., et al. (2020) El estudio tuvo como objetivo evaluar si los sistemas actuales de tratamiento de aguas residuales son efectivos para eliminar microorganismos y sus contaminantes asociados. Durante un periodo de 11 años, se realizó una revisión sistemática de todos los artículos publicados en cinco revistas especializadas en salud ambiental de Irán. Se recopilaron los datos siguiendo criterios de inclusión y exclusión. Se obtuvieron datos cualitativos utilizando una lista de verificación estándar de elementos preferidos para informes de revisiones sistemáticas y metaanálisis (PRISMA). Se revisaron un total de 1468 artículos. La mayoría de los estudios analizaron dos indicadores principales: En las aguas residuales hay presencia de coliformes totales y coliformes fecales. Ninguno de los 14 estudios que se analizaron informó sobre la eliminación de hongos y contaminantes virales en esas aguas. Se notó el uso de varios sistemas para eliminar agentes microbianos. La mayoría de las veces, se usaron sistemas de lodos activados para eliminar coliformes totales y fecales, pero en ocasiones no funcionaron como se esperaba. Los quistes y huevos de parásitos solo se informaron eliminados en sistemas de estanques de estabilización, donde la eficiencia cumplió con las normas establecidas por la EPA de los Estados Unidos. Algunos estudios indicaron que una operación y mantenimiento inadecuados, junto con un manejo deficiente de los lodos activados, pueden disminuir la eficacia y reducir la eliminación de agentes microbianos. [7]

Jiang, H., et al. (2020), Para abordar el propósito de evaluación de la eficiencia en las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR), se utilizó el análisis de envolvente de datos (DEA) para desarrollar un sistema completo. Este sistema considera tres insumos: Gastos operativos, consumo de energía eléctrica y mano de obra; tres objetivos deseados: tasa de remoción de la demanda química de oxígeno (DQO), tasa de eliminación del nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) y rendimiento del agua recuperada; y un resultado no En China, se utilizó un modelo DEA para evaluar 861 EDAR basándose en evaluaciones comparativas de grupos de clústeres. Se confirmó que las plantas de tratamiento de aguas residuales (EDAR) más grandes operaban de manera más eficiente en comparación con las más pequeñas, según el índice de brecha tecnológica (TGR).

El puntaje medio de eficiencia de las estaciones depuradoras de aguas residuales evaluadas fue 0.611. Dentro de este grupo, se consideraron 170 muestras como relativamente eficientes con un puntaje de 1, lo que sugiere que podrían servir como puntos de referencia para otras muestras menos eficientes. Se encontraron varios niveles de exceso de insumos o falta de producción en las 691 muestras catalogadas como ineficientes, que deben recibir atención prioritaria para mejorar la eficiencia operativa. Se determinó que la concentración de DQO en el influente y la tasa de carga de capacidad tuvieron efectos significativos en el rendimiento de las EDAR a través del uso de la prueba Kruskal-Wallis. A través de un marco simple pero efectivo de evaluación, estos hallazgos ofrecen un valor potencial considerable para los gerentes al tomar decisiones estratégicas en estas instalaciones. [8]

1.2.2. Antecedentes nacionales

Chávez, D., Justo, R., y Ramírez, E. (2023). El siguiente estudio tuvo como objetivo desarrollar y analizar la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales en el distrito de Ripán, provincia de Dos de Mayo, en la región Huánuco, siguiendo las pautas establecidas por OS.090, RAS 2000 y y D.S. N°003-2010-MINAM, se empezó por recopilar información relevante, como normas de diseño y datos poblacionales. Después se midieron los caudales en días específicos y se caracterizaron las aguas residuales en el punto de descarga, evaluando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. También se examinó la calidad del agua en el río Vizcarra, que es el cuerpo receptor, a través de puntos de muestreo tanto aguas abajo como aguas arriba. Se decidió un tratamiento que consta de etapas preliminares, primarias, secundarias y terciarias basado en los resultados obtenidos. Cuenta con cámara de rejas, desarenador y canaleta Parshall el tratamiento preliminar. El tanque Imhoff y lecho de secado forman parte del tratamiento primario, el filtro percolador es utilizado en el tratamiento secundario, y la cámara de cloración en el terciario. Se representaron todos estos componentes en un plano 2D utilizando AutoCAD. Se llevó a cabo un balance para evaluar la efectividad del tratamiento en cada fase. El tanque Imhoff remueve alrededor del 30% de DBO, un 34.2% de DQO, el 45% de SST y un 82.84% de coliformes fecales. El filtro percolador elimina aproximadamente el 91.2% de DBO, el 33.87% de DQO, el 93.97% de SST y el 92% de coliformes fecales, mientras que la cámara de cloración logra eliminar alrededor del 46.67% de DBO, del 60.71.

Se garantiza el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) con estos resultados. [9]

Clemente, Y. (2022) Se evaluó la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del distrito de Santa Ana de Tusi y su contribución al compromiso ambiental municipal para el año 2021 como objetivo principal de la investigación. La municipalidad programó el monitoreo de las aguas residuales de la PTAR para verificar si se cumplen los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la normativa vigente, como parte de sus labores en gestión ambiental. Durante el período 2019, se observó una reducción moderada en varios parámetros contaminantes, sin embargo, en 2020 la reducción fue óptima. La mejora indica una alta eficiencia de la PTAR, especialmente en la disminución de DBO5, DQO, SST, aceites y grasas, además de la reducción de coliformes fecales. Los resultados de ambos períodos comparados sugieren una mejora en los procedimientos y la gestión de la PTAR, lo que indica una tendencia positiva en la eficacia del tratamiento. Los resultados destacan que la PTAR es eficaz en el distrito de Santa Ana de Tusi. [10]

Atalaya, K. (2022) Se realizó la investigación en el distrito de Sorochuco, que se encuentra en la provincia de Celendín, departamento de Cajamarca, con el fin principal de analizar cuán eficiente es la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en varios aspectos como DBO, DQO, SST y otros parámetros tales como ace Se recopilaron muestras cada 15 días durante un período de tres meses, lo que se traduce en un total de seis muestras por parámetro. Se llevó a cabo la medición en el sitio de temperatura y pH, mientras que el Laboratorio Regional del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca, acreditado por INACAL con el registro número LE-084, realizó los análisis de DBO, DQO, SST y aceites y grasas. Se compararon los resultados obtenidos con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por el D.S. 003 - 2010 - MINAM. La planta logró remover el 70.00% de DBO, el 67.68% de DQO, el 78.80% de SST y el 64.34% de aceites y grasas según los resultados encontrados. Se obtuvieron valores promedio de 17.13 °C para la temperatura y 7.31 unidades de pH para el efluente. La eficiencia en la remoción de contaminantes mencionados por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Sorochuco, según estos resultados, cumple con los valores establecidos en los

LMP para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. [11]

Castro, L. (2023) Evaluar la eficacia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Caminaca es el objetivo principal de esta investigación. Se siguió el protocolo estándar de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, utilizando el método simple para recopilar datos. Se evaluaron los parámetros DBO5, DQO, coliformes termotolerantes (CTT), sólidos totales en suspensión (STS) y aceites y grasas (AyG). Los resultados revelaron cuán efectiva fue la eliminación por unidad de tratamiento en varios componentes de la planta. Se obtuvo una eficacia del 62.90% en DBO5, 55.28% en DQO, 100% en CTT, 54.58% en STT y 88.89% en AyG dentro del tanque Imhoff. Los filtros percoladores mostraron una eficiencia del 11.76% en DBO5, 11.06% en DQO, 46.09% en CTT, 30.59% en STT y 46.43% en AyG. En la nave de macrófitas se registró una eficacia del 51.01% en DBO5, 53.40% en DQO, 97.81% en CTT, 73.10% en STT y -31.67% en AyG, por otro lado. El ANOVA y las pruebas múltiples revelaron que no hay diferencias significativas en la variabilidad de eficiencias entre las unidades de tratamiento. También se investigó la relación entre la carga patógena y orgánica a través de regresión lineal, lo que dio como resultado probabilidades del 53.5% y 49.5% de conexión entre estos factores. Se ha determinado finalmente que la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Caminaca logró eficiencias del 83.96% en DBO5, 81.46% en DQO, 99.99% en CTT, 91.52% en STS y 92.16% AyG. Estos resultados indican que la planta está funcionando en condiciones ideales para tratar de manera efectiva las aguas residuales del distrito. [12]

Auccatinco, R. (2021), En el distrito de Cusipata, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (P.T.A.R.) experimenta dificultades para ser eficiente debido a su incapacidad para tratar adecuadamente las aguas residuales. Esto resulta en una baja eliminación de agentes contaminantes y reduce considerablemente la calidad del agua tratada. Para evaluar la eficiencia del tratamiento, se llevó a cabo un monitoreo en dos puntos: Hay uno en la entrada de la planta (afluente) y otro en la salida (efluente). Se encontró que el tratamiento de aguas residuales fue ineficaz, con altos niveles de contaminación en el efluente debido a la falta de depuración de grasas y aceites, sólidos totales suspendidos y coliformes termotolerantes. Se

determinó que el tanque séptico y la laguna de estabilización están totalmente bloqueados, lo cual está causando ineficiencia en el tratamiento. La Municipalidad no ha extraído periódicamente los lodos, lo que ha causado deficiencias en la planta y un vertido casi sin tratar de aguas residuales al río Vilcanota. Es crucial que la Municipalidad de Cusipata implemente un programa de mantenimiento periódico para la planta a fin de mejorar su eficiencia y garantizar una adecuada depuración de los parámetros evaluados en la P.T.A.R. La falta de mantenimiento por parte del Área Técnica Municipal también se refleja en la baja eficacia en la depuración de materia orgánica, aceites y grasas, sólidos suspendidos totales y coliformes termotolerantes según los resultados. la población no conoce sobre las PTAR y desearían tener uno cerca de su área de vivienda. [13]

1.2.3. Antecedentes locales

Se ha revisado estudios relacionados y no se han encontrado estos antecedentes.

1.2.4. Justificación e importancia

1.2.4.1. Justificación

El estudio se llevó a cabo para obtener información de la situación actual y del adecuado manejo de las aguas residuales en Ica, que podrá usarse como referente para implementar más sistemas de tratamiento en toda la Región de Ica. Teniendo en consideración que el Valle de Ica es de condición desértica y que se requiere regar los cultivos para el beneficio de la población iqueña.

1.2.4.2. Importancia

Fue importante realizar esta investigación porque a partir de ello se establecerán nuevos indicadores observados en el campo de estudio y que permitirán implementar mejoras y / o estrategias para futuros sistemas de tratamiento de aguas residuales.

1.2.5. Marco teórico

1.2.5.1. Planta de tratamientos de aguas residuales

Es imperativo abordar el tratamiento de las aguas residuales

municipales, industriales y hospitalarias, así como la gestión adecuada de los lodos generados, debido a la amenaza que representan para el agua, el suelo, el aire y los productos agrícolas. Esta acción debe realizarse desde una perspectiva de seguridad ambiental. [14] Un sistema externo de drenaje, llamado planta de tratamiento de aguas residuales, es diseñado para procesar los desechos provenientes de un área específica hasta reintegrarlos en el ciclo del agua o en acuíferos subterráneos sin dañar el medio ambiente ni el ecosistema local. El tratamiento efectivo de las aguas residuales conlleva importantes beneficios en términos de ahorro de agua y prevención de pérdidas innecesarias desde una perspectiva económica. Dada la crisis de escasez de agua que estamos enfrentando, se vuelve cada vez más crucial reutilizar el agua tratada de las aguas residuales en el futuro. No obstante, se necesita implementar sistemas de tratamiento adecuados para garantizar la reutilización segura del agua residual y lograr esto de manera efectiva. [15]

Es fundamental preservar la salud pública y proteger el entorno natural mediante el tratamiento eficiente de las aguas residuales. Existen diferentes clases de instalaciones de tratamiento que se han diseñado para limpiar estas aguas y devolverlas al entorno con seguridad o para su posterior uso. Son de diferentes tipos de acuerdo a las necesidades [16]

Planta de Lodos Activados: Esta planta emplea un proceso biológico para depurar los contaminantes orgánicos que están en el agua residual. Se trata de un área donde las bacterias descomponen los sólidos, después hay un recipiente donde se separan los sólidos del agua tratada. A pesar de ser eficiente y rentable, necesita supervisión constante y mantenimiento regular.

Planta de Filtro Aireado Sumergido (SAF): Utiliza un proceso biológico para eliminar los contaminantes. Tiene poco mantenimiento, con pocas piezas mecánicas y fácil de usar, por lo que es ideal para aguas residuales domésticas e industriales. Proporciona un tratamiento

altamente eficiente con costos operativos y de mantenimiento reducidos.

Planta de Reactores Discontinuos Secuenciales (SBR): Una serie de tanques o reactores se utiliza para realizar diferentes etapas del tratamiento en un solo tanque en este tipo de planta. Requiere un monitoreo y mantenimiento cuidadosos para asegurar su funcionamiento óptimo, aunque es flexible y puede tratar una variedad de tipos de aguas residuales.

Planta de Reactor de Lecho Fijo: Promueve el crecimiento de microorganismos descomponedores de contaminantes empleando un sistema de soportes fijos dentro del reactor. Consta de tres cámaras: Decantación primaria, tratamiento secundario y decantación final. Para tratar eficazmente los residuos, necesita recursos y aireación, pero es eficiente en eliminar contaminantes.

La elección del tipo adecuado de planta depende de factores como el tipo de aguas residuales, el espacio disponible y los requisitos específicos de tratamiento, ya que cada tipo tiene sus propias ventajas y consideraciones operativas.

1.2.5.2. Parámetros de la calidad del agua

Es imprescindible analizar tanto los parámetros fisicoquímicos como los biológicos y compararlos con las normativas vigentes para determinar la calidad del agua. Podemos determinar mediante esta evaluación si el agua es apta para uso directo o si necesita tratamiento previo. Características como el pH, la turbidez, la conductividad eléctrica, la concentración de oxígeno disuelto y la temperatura son incluidas en los parámetros fisicoquímicos. Estos parámetros ofrecen datos sobre la composición química del agua y su habilidad para mantener la vida acuática y otros propósitos. Por ejemplo, la presencia de contaminantes químicos o la acidificación del agua podrían ser indicadas por un pH fuera del rango deseado. Además, los parámetros biológicos abarcan la presencia de organismos microscópicos que señalan contaminación, como coliformes fecales, bacterias patógenas y otros microorganismos. Evaluar la

seguridad sanitaria del agua y su idoneidad para el consumo humano o el contacto directo es importante, por lo que estos indicadores son necesarios. Luego de recopilar los datos sobre estos parámetros, se analizan en relación a los límites establecidos por la normativa ambiental con el fin de verificar si el agua cumple con los estándares de calidad necesarios. Si los valores están en los límites permitidos, entonces el agua se puede considerar segura para su uso directo. No obstante, en caso de superarse los límites de los valores, se deben aplicar acciones para mejorar la calidad del agua y asegurar su seguridad para el uso previsto. [17]

Entre los parámetros más evaluados se encuentran: Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos suspendidos totales (SST), Colifotrmes, etc. [18]

1.2.5.3. Beneficios planta de tratamiento de aguas residuales

Hoy en día, las PTAR son fundamentales para proteger el medio acuático al eliminar los contaminantes del agua residual. En los últimos años, este proceso ha adquirido una importancia cada vez mayor, en especial en países en desarrollo que han aumentado sus esfuerzos para mejorar el tratamiento de aguas residuales. Las PTAR tienen como principal objetivo eliminar los contaminantes de las aguas residuales antes de su liberación al medio ambiente. Se emplea una diversidad de tecnologías y procesos en estas instalaciones para realizar esta labor, como filtración, oxidación, sedimentación y desinfección. [19] Se garantiza que el efluente cumple con los estándares de calidad establecidos por las autoridades ambientales, lo que asegura la protección del entorno acuático circundante y evita riesgos para la salud pública. En los últimos años, ha habido un incremento importante en los intentos de mejorar el tratamiento de desechos líquidos en todo el mundo. Esto se debe a que cada vez hay más conciencia sobre los efectos negativos que pueden tener las aguas residuales no tratadas en el medio ambiente y la salud humana. Asimismo, el incremento rápido de la población y la urbanización ha provocado un aumento en la generación de aguas residuales, lo cual hace que sea aún más prioritario el tratamiento adecuado. Los países en desarrollo han estado invirtiendo en mejorar sus sistemas de tratamiento

de aguas residuales para afrontar los retos vinculados con la contaminación del agua y la salud pública. Esto abarca la edificación de PTAR nuevas, la modernización de las instalaciones actuales y el establecimiento de normativas más rigurosas para asegurar un tratamiento adecuado de las aguas residuales. [20]

Realizar una evaluación completa de la eficacia de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) es crucial. El propósito principal de estas instalaciones es disminuir la contaminación del agua residual producida por las actividades humanas para reducir los efectos negativos tanto en el medio ambiente como en la salud pública. El tratamiento correcto y la reutilización amplia de aguas residuales pueden tener un impacto importante en abordar problemas relacionados con la escasez de agua y en conservar valiosos recursos hídricos. Sin embargo, es crucial considerar que las PTAR también generan ciertos efectos adicionales en el medio ambiente, tales como el uso de sustancias químicas, energía y la emisión de contaminantes. [21] Es fundamental evaluar tanto la eficacia del tratamiento de aguas residuales como los efectos ambientales derivados de la operación y el mantenimiento de estas instalaciones. Se implica analizar minuciosamente el consumo de recursos, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes, así como los efectos en la biodiversidad y los ecosistemas acuáticos. Es necesario considerar tanto los beneficios ambientales de reducir la contaminación del agua como los costos ambientales relacionados con el funcionamiento al evaluar la eficiencia de las PTAR. Esto permitirá identificar áreas de mejora y minimizar su impacto negativo en el entorno, proporcionando una visión más completa del desempeño ambiental. Asimismo, este examen puede ayudar a promover la implementación de prácticas más sostenibles y la adopción de tecnologías más limpias en el tratamiento de aguas residuales. [22]

1.2.5.4. Proceso de tratamiento de las PTAR

Las PTAR, tienen distintos diseños de eliminación de sustancias contaminantes, y se tiene que tener en cuenta en las depuraciones los

procesos de tratamiento: [23]

Tratamiento Físicos

Se realizan procesos en los que se efectúa una separación física, principalmente de elementos sólidos. Comúnmente, estos procedimientos se fundamentan en las características físicas de las impurezas, como su consistencia, tamaño de partículas y flotabilidad. Dentro de estos procesos se encuentran el tamizado, la coagulación, la división y la filtración de sustancias sólidas.

Tratamientos Químicos

Incluyen métodos basados en las propiedades químicas de la sustancia contaminante o el reactivo agregado al agua. Acciones como la eliminación de hierro y oxígeno, reducción de fosfatos y nitratos, coagulación, procesos electroquímicos, oxidación, intercambio iónico y otras destacan.

Tratamientos Biológicos

Se utilizan procedimientos biológicos en estos enfoques con el fin de eliminar los contaminantes coloidales. Utilizan microorganismos que actúan sobre la materia en suspensión, convirtiéndola en sedimentos sólidos. Estos procesos pueden ser aeróbicos o anaeróbicos, como lodos activados, sistemas de filtración percoladora, digestión anaeróbica y lagunas aireadas. Por otro lado, las etapas para realizar el tratamiento son las siguientes: [24]

Pretratamiento

Se considera el primer paso en el proceso de tratamiento de aguas residuales en una planta depuradora. Durante esta etapa, se regula y mide el flujo de aguas residuales que entran en la estación. Los sólidos de mayor tamaño, así como la arena y la grasa presentes en las aguas negras, son eliminados. Se retiran estos componentes a través de un proceso de filtración. También se acostumbra realizar una etapa de pre-aireación para disminuir los compuestos orgánicos volátiles presentes en el agua, que pueden generar olores desagradables y aumentar la Demanda

Química de Oxígeno (DQO). Se emplean varios dispositivos, como pozos de gruesos, equipos de desbaste para gruesos y finos, además de sistemas de desarenado y desengrasado con el fin indicado.

Tratamiento primario

En esta etapa inicial, el objetivo principal es eliminar los sólidos suspendidos a través de sedimentación gravitatoria o precipitación con la asistencia de sustancias químicas. La selección basada en el tamaño de partícula es utilizada para separar los sólidos. Después, se añaden sustancias como aluminio, polielectrolitos floculantes y sales férricas con el objetivo de hacer que el fósforo disuelto forme pequeños coloides o una suspensión muy fina para su posterior precipitación utilizando maquinaria hidráulica. Los métodos principales son la sedimentación gravitatoria a través del decantador primario, la separación de partículas en suspensión mediante burbujas de aire con el flotador de aire disuelto y los tratamientos químicos que incluyen la adición de reactivos para aumentar la sedimentación de los sólidos disueltos

Tratamiento Secundario

Tratamiento de Segunda Fase

Esta fase tiene como principal objetivo eliminar la materia orgánica disuelta y en estado coloidal mediante procesos de oxidación bioquímica. También se descompone las sustancias biológicas provenientes de los desechos humanos. Se utilizan procesos aeróbicos y anaeróbicos en este contexto. El oxígeno se introduce en los tanques de almacenamiento mediante burbujeo, lo que permite que ocurran los procesos aeróbicos en su presencia. En ausencia de oxígeno, se realizan los procesos anaeróbicos. En estos procesos ocurren las reacciones de fermentación de la materia orgánica, que se convierte en energía liberada, CO₂, CH₄ y C. Los métodos más utilizados incluyen los lodos activos, los filtros verdes, las lagunas aireadas, los lechos bacterianos y la digestión anaerobia tanto aeróbica como anaeróbica. Asimismo, hay procesos físico-químicos como los lechos particulados que ayudan a disminuir considerablemente la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y eliminar los sólidos sedimentables restantes. Es común combinar varios tratamientos para

producir procesos biológicos de dos o más etapas. También se puede utilizar reactores biológicos, como el de cama móvil o el de membrana, pero generalmente tienen un costo de construcción y operación más alto que los sistemas convencionales para tratar aguas residuales mediante filtros. En esta fase también se lleva a cabo la decantación secundaria, que sirve para separar el agua tratada del lodo producido durante el proceso biológico.

Tratamiento Terciario

Durante esta etapa final del proceso de tratamiento, se realizan procedimientos para eliminar los agentes patógenos, como las bacterias fecales, con el fin de mejorar la calidad del agua tratada antes de que regrese al ciclo hidrológico a través de vertidos en el mar, ríos, lagos o su uso en acuíferos recarga. Este tratamiento se lleva a cabo solo en EDAR que descargan en áreas protegidas ambientalmente. En primer lugar, la filtración a través de filtros de arena se destaca, ya que retienen gran parte de la materia en suspensión. El carbono activado restante captura las toxinas que quedan. El tratamiento en lagunas también permite la sedimentación necesaria y aprovecha ventajas biológicas adicionales. Simula los mecanismos naturales de autodepuración que se encuentran en ríos o lagos este proceso. Los cuerpos de agua con alta aerobiosis promueven el desarrollo de plantas acuáticas, a la vez que los invertebrados filtradores ayudan en la eliminación de residuos sólidos. En el otro lado, hay camas de cañas u otros vegetales que promueven un proceso de fitorremediación para la descontaminación del suelo. Se discute también la eliminación de nutrientes en esta etapa. Mediante procesos de oxidación biológica, bacterias como *Nitrobacter* o *Nitrosomus* convierten el amonio en nitratos y luego en nitrógeno gaseoso (N_2), eliminando así el nitrógeno. Durante la desnitrificación, las bacterias usan los nitratos y nitritos en ausencia de oxígeno para generar CO_2 , agua y nitrógeno gaseoso como productos. Las bacterias acumuladoras de polifosfatos absorben el fósforo del agua en su interior a través del proceso de remoción biológica mejorada de fósforo, eliminando así el fósforo. A pesar de que puede resultar complicado el manejo del lodo, este proceso mejora la eficiencia en la eliminación del

fósforo.

1.2.6. Marco Conceptual

Aguas residuales municipales: “Son aguas de origen doméstico, que llegan a mezclarse con aguas de la red de drenaje pluvial o con aguas de origen industrial tratadas previamente, para ser vertidas en el sistema de alcantarillado de tipo combinado”.

Aguas residuales domésticas: “Se denomina a las aguas excedentes cuyo origen proviene de las residencias y comercio en cuya composición tiene desechos fisiológicos, como resultado del uso humano y es necesario ser vertida en un lugar adecuado”.

Eficiencia del tratamiento: “Es un proceso o planta de tratamiento, para un parámetro específico, la relación entre la masa o concentración eliminada y la masa o concentración aplicada. Se puede expresar como un decimal o porcentaje”.

Efluente final: Es el líquido que sale de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Procesos Unitarios Químico: Son métodos de tratamiento en las cuales la eliminación o conversión de los contaminantes se consigue con la adición de productos químicos. El proceso de cloración es el más importante, ya que se aplica con mayor frecuencia en los sistemas de tratamiento de aguas.

1.2.7. Marco legal

- **Ley general del ambiente N° 28611**

Art. 31 - Del Estándar de Calidad Ambiental

31.1. El Estándar de Calidad Ambiental - ECA Establece el grado de concentración de sustancias, agentes o parámetros físicos, químicos y biológicos, que están en él, y que estos agentes o sustancias no representan riesgo alguno para las personas ni el medio ambiente. Esta concentración se expresa en máximos, mínimos o rangos.

31.2. El ECA es fundamental en el diseño de las normas legales y las políticas

públicas. Es de suma importancia el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Art. 32 - Del Límite Máximo Permisible

32.1. El Límite Máximo Permisible - LMP, se refiere al grado de concentración de sustancias, elementos o parámetros físicos, químicos y biológicos, que determinan un efluente o una emisión y que de exceder esta concentración podría ocasionar perjuicio a la salud y bienestar de las personas y su entorno natural. El Ministerio del Ambiente y los agentes que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental son los encargados de exigir legalmente su cumplimiento. Las pautas para la delimitación de la supervisión y sanción serán establecidas por este Ministerio

- Ley general de recursos hídricos N° 29338
- Ley general de salud N°26842
- Norma Técnica Os-090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales
- Decreto Supremo N° 003-2010-Minam Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

- **Tipo**

Aplicada, porque se acudió al conocimiento científico existente y conocido por el investigador a fin de observarlo en una realidad concreta. Su enfoque fue mixto por que se apoyó de entrevistas y cuestionarios.

- **Nivel**

Descriptivo y explicativo.

- **Diseño**

El diseño de investigación “no experimental” porque el investigador observó las características y/o cualidades en su ambiente natural y luego deducir en base a las informaciones evidenciadas y recolectadas

2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.2.1. Población

La población no estuvo sujeta a un grupo poblacional, estuvo conformado por las PTAR, especialistas y pobladores en Ica.

2.2.2. Tamaño de muestra

La muestra fue seleccionada por una PTAR, por 3 ingenieros especialistas y por 110 pobladores en Ica. Se aplicó un muestro tipo criterial porque el investigador decidió a criterio propio quienes participan en la investigación.

2.3. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

2.3.1. Variable independiente

VI: Planta de tratamiento de aguas residuales

2.3.2. Variable dependiente

VD: Información de los sistemas de tratamiento

2.3.3. Operacionalización de variables

Se detalla en la Tabla adjunta

2.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. Objetivo general

Evaluar la eficiencia del sistema en la planta de tratamiento de aguas en Ica.

2.4.2. Objetivos específicos

OE1: Describir las condiciones actuales del sistema de tratamiento de aguas residuales

OE2: Describir las cualidades que presenta el agua residual vertida en la actualidad

OE3: Evaluar los procesos aseguran la calidad del agua residual

OE4: Identificar el conocimiento de la población sobre el tratamiento de aguas residuales

2.5. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

2.5.1 Hipótesis principal

El sistema de la planta de aguas residuales en Ica se encuentra cumpliendo eficientemente el tratamiento.

2.5.2 Hipótesis específicas

HE1: Existen condiciones actuales favorables en el sistema de tratamiento de aguas residuales.

HE2: Existen cualidades óptimas que presenta el agua residual vertida en la actualidad.

HE3: Los procesos aseguran significativamente la calidad del agua residual.

HE4: El conocimiento de la población sobre el PTAR es bajo.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Instrumento
VI: Planta de tratamiento de aguas residuales	Corresponde al lugar físico mediante una edificación apropiada que lleva a cabo procesos de conversión de las aguas residuales a través de diversos procesos fisicoquímicos con el fin de eliminar microorganismos.	El sistema que emplea el tratamiento de aguas residuales será medida a través de sus indicadores, valiéndose de la observación.	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de atención a la comunidad iqueña. • Condición de la PTAR • Cualidades del agua residual 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuestionario • Guía de observación
VD: Información de los sistemas de tratamiento	Son las informaciones recolectadas para evaluar el tratamiento de aguas residuales.	La información que entrega la fuente del estudio será medida a través de los indicadores correspondientes al caudal, demanda y coliformes.	<p>Percepción de la comunidad iqueña.</p> <ul style="list-style-type: none"> • DBQO • DQO • Coliformes termotolerantes 	

2.6. TECNICAS E INSTRUMENTOS

Se realizó las coordinaciones con los ingenieros especialistas que laboran en EMAPICA, asimismo se elaboraron los instrumentos a partir de los indicadores que se midieron para presentar los resultados de la variable según los objetivos propuestos.

2.6.1. Instrumento de recolección de datos

Se recogió la información a partir de la observación directa sobre las condiciones de las PTAR en Ica, sumado a ello también se aplicó la entrevista a 3 ingenieros especialistas para conocer su opinión sobre las condiciones actuales sobre la infraestructura, tecnologías de tratamiento, nivel de cobertura y desafíos en las PTAR para dar cumplimiento al primer objetivo específico.

2.7. PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE DATOS

2.7.1. Procesamiento

Se requirió del software “Microsoft Excel, Word, y Spss” para organizar, transformar y presentar la información recolectada y para comprobar las hipótesis se llevó a cabo un análisis de las respuestas de los entrevistados con las teorías sobre el tratamiento de residuos sólidos. Los datos fueron interpretados a partir de los resultados obtenidos y registrados en la base de datos.

2.7.2. Interpretación

Mientras que los resultados obtenidos de las entrevistas pasaron por un proceso de triangulación con otros autores para deducir las opiniones de los especialistas. También se aplicó la estadística descriptiva mediante las tablas de frecuencia presentadas con sus porcentajes respectivos.

III. RESULTADOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

La investigación fue desarrollada en la Provincia de Ica.



Fuente: [https://www.ecured.cu/Departamento_de_Ica_\(Per%C3%BA\)](https://www.ecured.cu/Departamento_de_Ica_(Per%C3%BA))

3.2. EVALUACIÓN EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS

3.2.1. Análisis del Objetivo específico 1

- Condiciones actuales del sistema de tratamiento de aguas residuales.

De acuerdo a la entrevista realizada a ingenieros especialistas en plantas de tratamiento en Ica, se presenta el siguiente análisis:

Infraestructura de tratamiento de aguas residuales:

Existen 10 PTAR en Ica que se encuentran en condiciones inadecuadas y que presentan una amenaza en la calidad del agua. Los entrevistados señalaron que existen lagunas no impermeabilizadas que se quedaron solo en excavaciones sin una geomembrana que generan infiltraciones de aguas servidas en terrenos aledaños. Esta situación se hace más dificultosa en los distritos de los Aquijes, Santiago y Ocucaje. Estas plantas reciben poco caudal por lo que no tiene una salida adecuada del efluente. Las PTAR de estos distritos solo son de tanque séptico, es decir que no tiene un sistema de tratamiento de lagunares, entonces; solo colectan las aguas residuales urbanas que se almacenan sin mayor tratamiento.

Al observar las PTAR se evidencia un tipo de amenaza de calidad de agua. En el caso de la PTAR de Ocucaje la cual fue una obra emblemática pero que también tiene observaciones que, en algunos casos solo quedaron en excavaciones sin evidencia de geomembrana.

Nivel de cobertura:

La cobertura del nivel de aguas residuales en Ica varía según el grado de urbanización y desarrollo de la región. Las zonas urbanas más desarrolladas y densamente pobladas cuentan con sistemas de tratamiento, mientras que las zonas menos desarrolladas carecen de ese tipo de tratamiento.

Tecnologías de tratamiento:

Las plantas de tratamiento son convencionales debido a las restricciones presupuestarias o limitaciones de infraestructura. Asimismo, los especialistas señalan que en Ica se lleva a cabo el reúso de aguas servidas por medio de los

canales de regadío o diversas acequias sin autorizaciones formales, situación que incumple la normativa y que las más frecuentes son en el canal de San Jacinto (Cachiche), Canal El Pero (Yaurilla), Canal de Macacona (Subtanjalla) y canal de regadío L1 Echegaray en el sector de Los Francos y Pampas Negras (Santiago).

Desafíos y problemas:

La región Ica enfrenta retos y desafíos con respecto a la descarga directa de aguas residuales sin tratar y generando contaminación de fuentes de agua potable con necesidades de modernizar y expandir la infraestructura de tratamiento. En ese sentido, en el distrito de La Tinguiña (Fundación Alta), se ha autorizado el vertimiento de aguas servidas y al rehúso de aguas tratadas. Así también el reúso de aguas para la empresa ICATOM (Ica) y la Sociedad Agrícola Drokasa (Santiago). Las cuales utilizan las aguas residuales provenientes de la PTAR EMAPICA que son sometidas a parámetros de calidad para usarlas en los riegos complementarios.

Esta situación es controversial a lo señalado por el Ministerio de Vivienda mediante el Decreto Supremo N° 010-2017-vivienda, quien señala que las PTAR deben tener una adecuación progresiva a los instrumentos de gestión ambiental como el caso del cumplimiento de los límites permisibles para efluentes en PTAR.

3.1.2. Análisis del Objetivo Especifico 2

- Evaluar los procesos aseguran la calidad del agua residual.

Para lograr este objetivo se tomó en cuenta los datos del municipio sobre las características del agua residual:

Tabla 1*Cualidades de una PTAR en Ica*

Nº	Cualidades del agua residual	Cumple	No cumple	Observación
1	Cámara de ingreso (excedentes)	X		Cantidad mayor
2	Cámara de rejillas	X		Mayor cantidad de RS
3	Desarenador	X		Falta de limpieza
4	Cámara de grasas	X		Sin restos de espumas
5	Reactor biológico		X	
6	Tanque Imhoff	X		
7	Lecho de secados	X	X	Situación de abandono

Interpretación:

La tabla 1 evidencia los resultados de las observaciones de una PTAR en Ica, en la cual se observa que el ingreso de los RS es de gran cantidad, esta situación se debe a la falta de concientización de la población iqueña sobre el uso adecuado del sistema de alcantarillado, asimismo en cuanto al desarenador se encontró que le falta mantenimiento y limpieza debido a que las aguas residuales colmaron las estructuras más pequeñas. Al observar la cámara de grasas no se encontró un ducto limpio, este hallazgo es perjudicial para el funcionamiento de la PTAR. Al observar el reactor biológico se evidenció que no cumple su objetivo de tratar el agua porque la construcción de la misma no fue adquirida ni ensamblado por el elevado coste de operación y mantenimiento de los biorreactores, por lo tanto, no brinda la función de tratamiento de aguas que fue su propósito inicial. Finalmente, los lechos para el secado están en situación de abandono porque no cuenta con las características esenciales para llevar a cabo su función y lograr un tratamiento sostenible.

3.1.3. Análisis del objetivo específico 3

- Describir las cualidades que presenta el agua residual vertida en la actualidad

Tabla 2

Agua potable suministrada por EMAPICA

Parámetros	Valor
pH	8.04
Turbiedad	< 0.4
Color	< 5
E-Coli	< 1
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	< 1
Coliformes Totales (NPM/100 ml)	< 1.1

Fuente: EMAPICA

Los parámetros del agua residual se detallan en la Tabla 3

Tabla 3*Parámetros de aguas residuales y tratadas conforme a las normas*

	Agua residual	Agua tratada	LMP	ECA 3^a
Físico-Químico				
Aceites y grasas (mg/l)	16.6	3.0	20 y NOM 15	5
DBO5	300	< 2.00	100 y < 10 (EPA) y 20 (NOM)	15
DQO (mg/l)	500	24.9	200	40
Solidos totales (TS) mg/l	1222	972.0	-	
Solidos suspendidos totales (TSS) mg/l	170	< 3.00	150 y 30 (EPA) y 20 (NOM)	
Solidos sedimentables (SS) mg/l/h	3	< 0.5		
pH	7.8	6.05	6.5-8.5	
Turbiedad		< 0.4	5 y < 2 (EPA)	
Color		34.71	15	100
Microbiológico				
E-Coli (NMP/100ml)	7000000	130	240 (NOM)	100
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	7000000	170	10,000 y 200 (OMS)	1000
Coliformes totales (NMP/100ml)	17000000	220		1100

*Fuente: EMAPICA***Interpretación:**

Los parámetros físico-químico presentan valores que se acercan a los Estándares de Calidad del Agua, entre ellos los aceites y grasas tuvieron valores de agua residual de 16.6 y convertido en agua tratada 3.0 con LMP de 20 y NOM 15, mientras que su ECA fue de 5. Por otro lado, con respecto a los valores de DBO5 tuvo un ECA de 15 y DQO con un ECA de 40. Finalmente, su color estuvo en 100 (ECA). Los parámetros microbiológicos como la E. Coli (NMP/100ml) tuvo un ECA de 100, Coliformes en 1000 y Coliformes totales (NMP/100ml) 1100 (ECA).

3.1.4. Análisis del objetivo 4

- Identificar el conocimiento de la población sobre el tratamiento de aguas residuales

Primero se diagnosticó el conocimiento de los pobladores.

Tabla 4

Conocimiento de la comunidad sobre PTAR

Respuesta	f	%
Si	39	32.50
No	71	59.17
Total	110	91.67

Fuente: Encuesta a pobladores

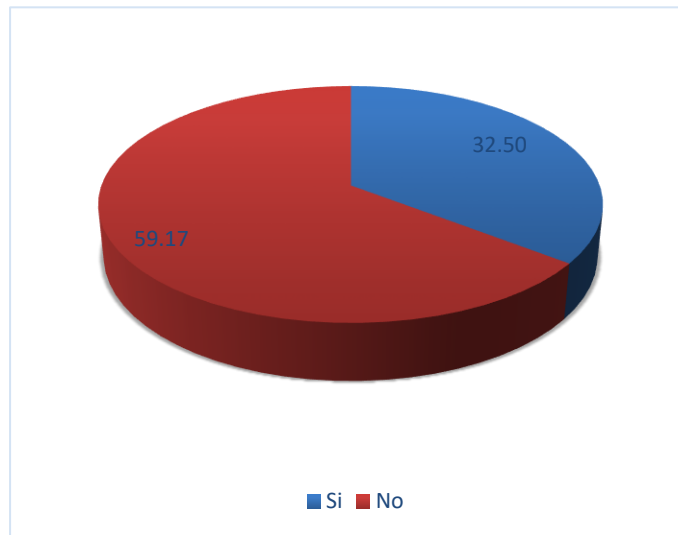


Figura 1: *Conocimiento sobre PTAR*

Interpretación:

Se evidencia en la tabla 4 que los pobladores encuestados en mayoría representados por 59.17% no tienen conocimiento sobre las PTAR en general.

Tabla 5

¿Tiene conocimiento de cuantas PTAR existen en Ica?

Respuesta	f	%
Si	46	38.33
No	64	53.33
Total	110	91.67

Fuente: Encuesta aplicada a la población

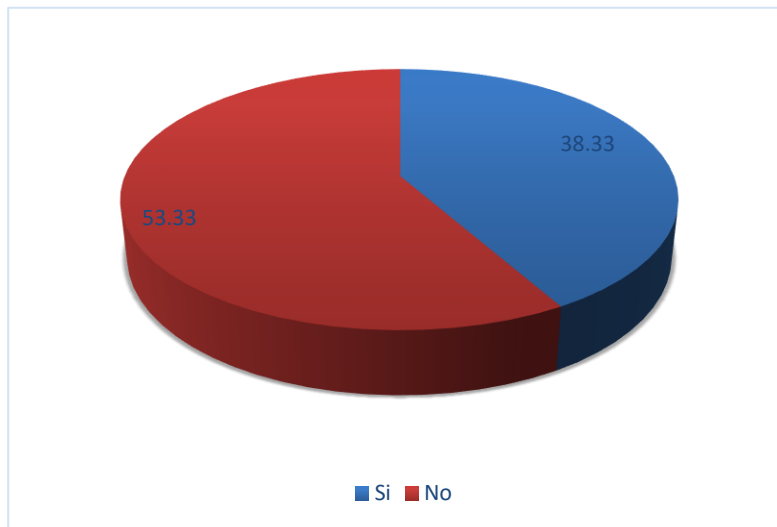


Figura 2: *Conocimiento de cuantas PTAR existen en Ica*

Interpretación:

Se evidencia en la tabla 5 que los pobladores encuestados en mayoría representados por 53.33% no tienen conocimiento de cuantas PTAR existen en la ciudad de Ica.

Tabla 6

¿Sabe si existe PTAR cerca a su domicilio?

Respuesta	f	%
Si	28	23.33
No	82	68.33
Total	110	91.67

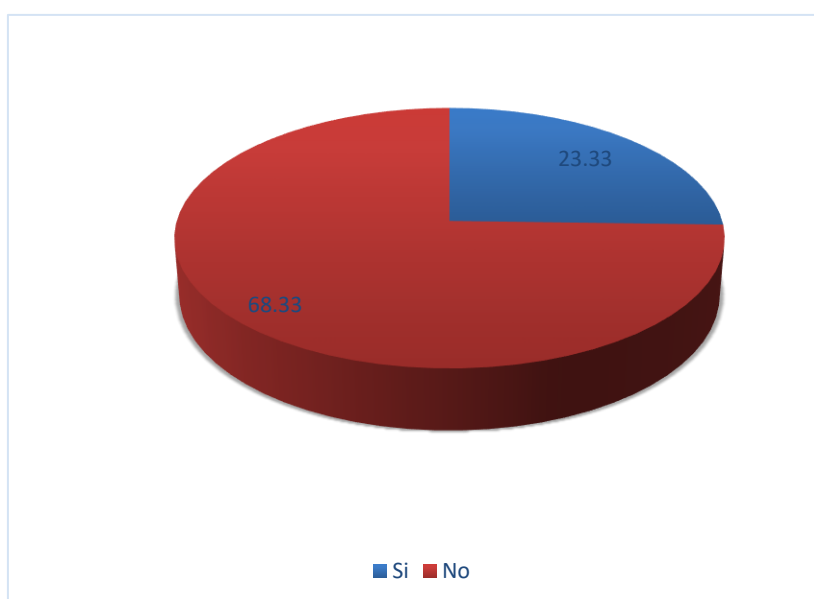


Figura 3: *Existe PTAR cerca a su domicilio*

Interpretación:

Se evidencia en la tabla 6 que los pobladores encuestados en mayoría representados por 68.33% no saben si existen PTAR cerca a su domicilio.

Tabla 7

¿Está de acuerdo que exista una PTAR en su zona?

Respuesta	f	%
Si	103	85.83
No	7	5.83
Total	110	91.67

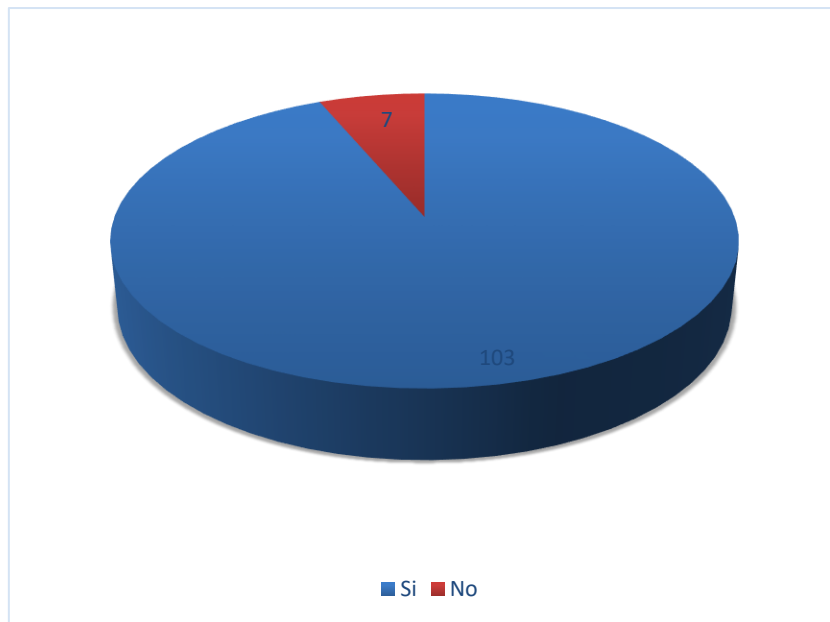


Figura 4: *De acuerdo que exista PTAR cerca de su zona*

Interpretación:

Se evidencia en la tabla 7 que los pobladores encuestados en mayoría representados por 85.83% si están de acuerdo que exista una PTAR cerca de su zona.

3.1.5. Análisis del Objetivo General

- Evaluar la eficiencia del sistema en la planta de tratamiento de aguas en Ica.

Tabla 8

Cumplimiento de parámetros

Parámetros	Unidad	Resultados			Parámetros según la normativa (D.S. N° 003-2002)	Condición
		Máximo	Mínimo	Promedio		
DB05	mg/l	54.00	20.00	37.0	50.0	Cumple
DQO	mg/l	181.00	124.00	152.5	250.0	Cumple
Sólidos suspendidos totales	mg/l	84.00	29.00	56.5	50.0	No cumple
Aceites y grasas	mg/l	5.00	2.50	3.75	-	-

Interpretación:

Se evidencia en la tabla 8 que hay un 75% de eficiencia mostrado en el cumplimiento de parámetros de la planta de tratamientos de aguas residuales en Ica.

IV. DISCUSIÓN

4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- **Los resultados mostraron un 75% de eficiencia de las PTAR** debido a que no se cumple con el tratamiento adecuado de los sólidos suspendidos totales, sin embargo, los otros parámetros (DBO₅, DQO y aceites y grasas) si se llegan a cumplir. Señala Aghalari et al (2020) que en los estudios de aguas residuales existen agentes microbianos que disminuyen la eficacia del tratamiento [6]. Resultados similares encontró Castro (2023) quien logró identificar eficiencias de 83.96% en DBO, 81,46% en DQO y 99.9% de CTT.
- **Las condiciones actuales de las PTAR en Ica** se encuentran en nivel moderado, si bien es cierto cumplen con el procedimiento, que amenazan en la calidad del agua sobre todo en lugares fuera de la ciudad, en la cual se evidencia que reciben poco caudal por lo tanto no tiene una salida adecuada del efluente, en la mayoría de las PTAR de los distritos no tienen un sistema de tratamiento de lagunares. En otros casos quedaron las PTAR inconclusas por falta de presupuesto o por falta de geomembrana. Con respecto a la cobertura, las PTAR de Ica tienen variados grados de cobertura dependiendo del grado de urbanización y desarrollo de la región. Las zonas urbanas y densamente mayor tienen sistemas de tratamiento. También hay que enfatizar que existen PTAR convencionales y se hace reúso de aguas servidas por medio de canales o acequias. Estas condiciones son coincidentes con Hernández (2023) [5] quien encontró que la mayoría de estaciones depuradoras de agua eliminan parámetros físicos, biológicos y químicos que no son permisibles para ser reutilizados. Por otro lado, se considera lo señalado por Ramírez (2021) quien recomienda promover la innovación en el sector de aguas residuales [6].
- **Procesos aseguran la calidad del agua residual**, se mostró que en la actualidad inician con el ingreso de los RS de gran cantidad, esta situación se debe a la falta de concientización de la población iqueña sobre el uso adecuado del sistema de alcantarillado, el desarenador tiene falta de mantenimiento y limpieza. Al observar la cámara de grasas no se encontró un ducto limpio, este hallazgo es perjudicial para

el funcionamiento de la PTAR. El reactor biológico no cumple su objetivo de tratar el agua porque la construcción de la misma no fue adquirida ni ensamblado por el elevado coste de operación y mantenimiento de los biorreactores. Finalmente, los lechos para el secado están en situación de abandono porque no cuenta con las características esenciales para llevar a cabo su función y lograr un tratamiento sostenible. Esta situación es controversial a lo señalado por el Ministerio de vivienda mediante el Decreto Supremo N° 010-2017-vivienda, quien señala que las PTAR deben tener una adecuación progresiva a los instrumentos de gestión ambiental como el caso del cumplimiento de los límites permisibles para efluentes en PTAR.

- **Las cualidades que presenta el agua residual vertida**, entre ellas los parámetros físico-Químico presentan valores que se acercan a los Estándares de Calidad del Agua, entre ellos los aceites y grasas tuvieron valores de agua residual de 16.6 y convertido en agua tratada 3.0 con LMP de 20 y NOM 15, mientras que su ECA fue de 5. Por otro lado, con respecto a los valores de DBO5 tuvo un ECA de 15 y DQO con un ECA de 40. Finalmente, su color estuvo en 100 (ECA). Los parámetros microbiológicos como la E. Coli (NMP/100ml) tuvo un ECA de 100, Coliformes en 1000 y Coliformes totales (NMP/100ml) 1100 (ECA). Resultados que coinciden con Jiang (2020) [6] quien señala que las plantas de tratamiento más grandes operan de manera as eficiente en comparación con las más pequeñas. Así también, Chávez, Justo y Ramírez (2023) señala que en cada fase se remueve el 30% de DBO, 34.2% de DQO y 82.4% de coliformes fatales.
- **Conocimiento de la población sobre el tratamiento de aguas residuales**, el 59.17% de la población no tiene conocimiento de lo que significa el PTAR. 53.33% no saben cuántas PTAR existen en Ica, 68.33% no sabe si existe PTAR cerca de su domicilio. 85.83% está de acuerdo con que exista un PTAR en su zona. Resultados similares encontró Aucatinco (2021) quien identificó que la población dese tener una PTAR cerca de su distrito.

V. CONCLUSIONES

- Primera:** Los resultados mostraron un 75% de eficiencia de las PTAR debido a que no se cumple con el tratamiento adecuado de los sólidos suspendidos totales, sin embargo, los otros parámetros (DBO₅, DQO y aceites y grasas) si se llegan a cumplir.
- Segunda:** Las condiciones actuales de las PTAR en Ica se encuentran en nivel moderado, si bien es cierto cumplen con el procedimiento, que amenazan en la calidad del agua sobre todo en lugares fuera de la ciudad, en la cual se evidencia que reciben poco caudal por lo tanto no tiene una salida adecuada del efluente, en la mayoría de las PTAR de los distritos no tienen un sistema de tratamiento de lagunares. En otros casos quedaron las PTAR inconclusas por falta de presupuesto o por falta de geomembrana. Con respecto a la cobertura, las PTAR de Ica tienen variados grados de cobertura dependiendo del grado de urbanización y desarrollo de la región. Las zonas urbanas y densamente mayor tienen sistemas de tratamiento. También hay que enfatizar que existen PTAR convencionales y se hace reúso de aguas servidas por medio de canales o acequias.
- Tercera:** Los Procesos que aseguran la calidad del agua residual mostraron que en la actualidad inician con el ingreso de los RS de gran cantidad, esta situación se debe a la falta de concientización de la población iqueña sobre el uso adecuado del sistema de alcantarillado, el desarenador tiene falta de mantenimiento y limpieza. Al observar la cámara de grasas no se encontró un ducto limpio, este hallazgo es perjudicial para el funcionamiento de la PTAR. El reactor biológico no cumple su objetivo de tratar el agua porque la construcción de la misma no fue adquirida ni ensamblado por el elevado coste de operación y mantenimiento de los biorreactores. Finalmente, los lechos para el secado están en situación de abandono porque no cuenta con las características esenciales para llevar a cabo su función y lograr un tratamiento sostenible.
- Cuarta:** Los parámetros físico-Químico presentan valores que se acercan a los Estándares de Calidad del Agua, entre ellos los aceites y grasas tuvieron valores de agua

residual de 16.6 y convertido en agua tratada 3.0 con LMP de 20 y NOM 15, mientras que su ECA fue de 5. Por otro lado, con respecto a los valores de DBO5 tuvo un ECA de 15 y DQO con un ECA de 40. Finalmente, su color estuvo en 100 (ECA). Los parámetros microbiológicos como la E. Coli (NMP/100ml) tuvo un ECA de 100, Coliformes en 1000 y Coliformes totales (NMP/100ml) 1100 (ECA).

Quinta: El 59.17% de la población no tiene conocimiento de lo que significa el PTAR. 53.33% no saben cuántas PTAR existen en Ica, 68.33% no sabe si existe PTAR cerca de su domicilio. 85.83% está de acuerdo con que exista un PTAR en su zona.

VI. RECOMENDACIONES

- Primera:** A las autoridades encargadas de las PTAR buscar diseños que maximicen los resultados del tratamiento de aguas residuales a fin de mejorar su eficacia. Se debe seguir mejorando los aspectos técnicos del tratamiento para asegurar una mayor eficiencia y cumplir con las normativas ambientales existentes.
- Segunda:** Se sugiere mejorar la operación, mantenimiento y gestión adecuada de los sistemas de tratamiento para transferir conocimientos a los usuarios y prevenir posibles problemas de salud causados por agentes microbianos.
- Tercera:** Se recomienda hacer muestreos en diferentes estaciones del año con el fin de obtener una comprensión más precisa del comportamiento de las concentraciones de los parámetros.
- Cuarta:** En síntesis, es imperativo implementar acciones urgentes para solucionar las fallas en el funcionamiento de la estación de tratamiento de aguas residuales, con el objetivo de asegurar una correcta gestión de los desechos y preservar la calidad del agua en el distrito.
- Quinta:** Fomentar el uso de las PTAR en la población a fin de que se reduzca los índices de residuos sólidos encontrados en el proceso de tratamiento de aguas residuales.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

-
- [1] Vilches, A., Toscano, J. C., Gil Perez, D., & Macias, O. (2014). Nueva cultura del agua. Organización de Estados Iberoamericanos, 1, 1–10.
- [2] MINAGRI. (2015). Ministerio de Agricultura y Riego. Ministerio de Agricultura y Riego <https://www.minagri.gob.pe/portal/42-Sector-Agrario/Recurso-Agua/>, 0(0), 1.
- [3] Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales (pp. 1–42)
- [4] Arrese (2022) Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Ica permite recuperar agua de uso doméstico para riego de cultivos de la agroexportación. Caretas. <https://caretas.pe/nacional/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-en-ica-permite-recuperar-agua-de-uso-domestico-para-riego-de-cultivos-de-la-agroexportacion/>
- [5] Hernández-Chover, V., Castellet-Viciano, L., Fuentes, R., & Hernández-Sancho, F. (2023). Circular economy and efficiency to ensure the sustainability in the wastewater treatment plants. Journal of cleaner production, 384, 135563. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135563>
- [6] Ramírez-Melgarejo, M., Güereca, LP, Gassó-Domingo, S. et al. (2021) Evaluación de ecoeficiencia en plantas de tratamiento de aguas residuales considerando las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el modelo de análisis envolvente de datos-tolerancia. Evaluación de Environ Monit 193 , 301. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09063-5>
- [7] Aghalari, Z., Dahms, HU., Sillanpää, M. et al. (2020) Efectividad de los sistemas de tratamiento de aguas residuales para eliminar agentes microbianos: una revisión sistemática. Salud Global 16 , 13. <https://doi.org/10.1186/s12992-020-0546-y>
- [8] Jiang, H., Hua, M., Zhang, J., Cheng, P., Ye, Z., Huang, M. y Jin, Q. (2020). Evaluación de la eficiencia de la sostenibilidad de las plantas de tratamiento de aguas residuales en China: un análisis envolvente de datos basado en evaluaciones comparativas de grupos.

- [9] Chavez Aquino, D. J., Justo Roque, R. G., & Ramirez Perez, E. D. (2023). Diseño y evaluación de la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales para el distrito de Ripán, provincia Dos de Mayo-Huánuco-2022. Universidad Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/13304>
- [10] Clemente Campos, Y. A. (2022). Evaluación de la eficiencia de la PTAR del distrito de Santa Ana de Tusi, como aporte del compromiso ambiental municipal–2021. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2703>
- [11] Atalaya Campos, K. (2022). Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en los parámetros DBO, DQO, SST, PH, T°, aceites y grasas, en Sorochuco, Celendín, Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4754>
- [12] Castro Pacara, L. H. (2023). Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Caminaca–Perú, 2022. Universidad Nacional de Juliaca. <http://repositorio.unaj.edu.pe:8080/xmlui/handle/UNAJ/298>
- [13] Auccatinco Hirpahuanca, R. (2021). Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cusipata, provincia Quispicanchi–Cusco. Universidad Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/11355>
- [14] Agencia Catalana de l'Aigua. (2020). Precio del agua, composición, servicio y otros conceptos. Agència Catalana de l'Aigua. Generalitat de Catalunya . <http://aca.gencat.cat/ca/laca/observatori-del-preu-de-laigua/preu-de-laigua-composicio-serveis-i-altres-conceptes/index.html> . Consultado el 25 de febrero de 2020.
- [15] Gémar, G., Gómez, T., Molinos-Senante, M., Caballero, R., & Sala-Garrido, R. (2018). Evaluación de cambios en la ecoproductividad de las plantas de tratamiento de aguas residuales: el papel de los costos, la eficiencia de la eliminación de contaminantes y las emisiones de gases de efecto invernadero. Revisión de la evaluación de impacto ambiental, 69 , 24–31. <https://doi.org/10.1016/J.EIAR.2017.11.007>

-
- [16] Zhang QH, Yang WN, Ngo HH, Guo WS, Jin PK, Dzakpasu M, Yang SJ, Wang Q, Wang XC, Ao D. Estado actual de las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas en China. *Medio Ambiente Int.* 2016;92-93:11–22. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.03.024> .
- [17] VILLENA, J. Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 2018, SCIELO, 35(2), 304-308 pp. ISSN: 1726-4634
- [18] ROMERO, J. Tratamiento de aguas residuales. Colombia: Escuela Colombiana de ingeniería, 2010. ISBN: 958-8060-15-3.
- [19] Nzila A, Razzak SA, Zhu J. (2016) Bioaumentación: una estrategia emergente de tratamiento de aguas residuales industriales para su reutilización y descarga. *Int J Environ Res Salud Pública.* 2016;13(9):846. <https://doi.org/10.3390/ijerph13090846>
- [20] Mocholi-Arce, M., Gómez, T., Molinos-Senante, M., Sala-Garrido, R., & Caballero, R. (2020). Evaluating the eco-efficiency of wastewater treatment plants: Comparison of optimistic and pessimistic approaches. *Sustainability*, 12(24), 10580.
- [21] Naji, RH, Al-Obaidi, BHK y Salman, MS (abril de 2021). Evaluación de la eficiencia de algunas plantas de tratamiento de aguas residuales en la gobernación de Najaf. En Serie de conferencias IOP: Ciencia e ingeniería de materiales (Vol. 1145, No. 1, p. 012053). Publicación PIO. 10.1088/1757-899X/1145/1/012053
- [22] Khatri, N., Singh, M., Pokhriyal, S. y Rene, ER (2023). Modelado computacional de dinámica de fluidos de la clasificación primaria de lodos en una planta de tratamiento de aguas residuales basada en un proceso de lodos activados: simulación del comportamiento hidrodinámico y verificación experimental de la eficiencia de la clasificación. *Revista de Ingeniería Química* , 464 , 142475. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.142475>
- [23] Osulale O, Okoh A. Bacterias y virus entéricos humanos en cinco plantas de tratamiento de aguas residuales en Eastern Cape, Sudáfrica. *J Infectar la Salud Pública.* 2017;10(5):541–7. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2016.11.012> .

[24] Yaqub, M., Asif, H., Kim, S. y Lee, W. (2020). Modelado de una planta de tratamiento de aguas residuales a gran escala para predecir la eficiencia de eliminación de nutrientes utilizando una red neuronal de memoria a corto plazo (LSTM). *Revista de Ingeniería de Procesos de Agua* , 37 , 101388.

VIII. ANEXOS

Anexo 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES
¿Existe eficiencia en el sistema de la planta de tratamiento de aguas en Ica?	Evaluar la eficiencia del sistema en la planta de tratamiento de aguas en Ica.	El sistema de la planta de aguas residuales en Ica se encuentra cumpliendo eficientemente el tratamiento.	VI: Planta de tratamiento de aguas residuales - Capacidad de atención a la comunidad iqueña. - Condición de la PTAR
¿Cuáles son las condiciones actuales del sistema de tratamiento de aguas residuales?	Describir las condiciones actuales del sistema de tratamiento de aguas residuales	Existen condiciones actuales favorables en el sistema de tratamiento de aguas residuales	- Cualidades del agua residual VD: Información de los sistemas de tratamiento
¿Qué cualidades presenta el agua residual vertida en la actualidad?	Describir las cualidades que presenta el agua residual vertida en la actualidad	Existen cualidades óptimas que presenta el agua residual vertida en la actualidad	- Percepción de la comunidad iqueña. - DBQO - DQO - Coliformes termotolerante
¿Qué procesos aseguran la calidad del agua residual?	Evaluar los procesos que aseguran la calidad del agua residual	Los procesos aseguran significativamente la calidad del agua residual	
¿Cuál es el conocimiento de la población sobre PTAR?	Identificar el conocimiento de la población sobre el tratamiento de aguas residuales	El conocimiento de la población sobre el PTAR es bajo.	

Anexo 02: INSTRUMENTOS

ENTREVISTA A INGENIEROS ESPECIALISTAS

En relación al objetivo específico 1: Describir las condiciones actuales del sistema de tratamiento de aguas residuales.

1. ¿Cómo se encuentra la Infraestructura de tratamiento de aguas residuales?

2. ¿Cuál es el nivel de cobertura?

3. ¿Cuáles son las tecnologías de las PTAR?

4. ¿Cuáles son los desafíos y problemas?

Anexo 03: GUÍA DE OBSERVACIÓN

N°	Cualidades del agua residual	Cumple	No cumple	Observación
1	Cámara de ingreso (excedentes)			
2	Cámara de rejas			
3	Desarenador			
4	Cámara de grasas			
5	Reactor biológico			
6	Tanque Imhoff			
7	Lecho de secados			

Anexo 04: CUESTIONARIO

1. ¿Tiene conocimiento de la comunidad sobre PTAR?

Si ()

No ()

2. ¿Tiene conocimiento de cuantas PTAR existen en Ica?

Si ()

No ()

3. ¿Sabe si existe PTAR cerca a su domicilio?

Si ()

No ()

4. ¿Está de acuerdo que exista una PTAR en su zona?

Si ()

No ()

Anexo 05: Agua potable suministrada por EMAPICA

Parámetros	Valor
pH	
Turbiedad	
Color	
E-Coli	
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	
Coliformes Totales (NPM/100 ml)	

Anexo 06: Parámetros de aguas residuales y tratadas conforme a las normas

	Agua residual	Agua tratada	LMP	ECA 3ª
Físico-Químico				
Aceites y grasas (mg/l)				
DBO5				
DQO (mg/l)				
Solidos totales (TS) mg/l				
Solidos suspendidos totales (TSS) mg/l				
Solidos sedimentables (SS) mg/l/h				
pH				
Turbiedad				
Color				
Microbiológico				
E-Coli (NMP/100ml)				
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)				
Coliformes totales (NMP/100ml)				