

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Análisis situacional y propuesta técnica de una PTAR para la
depuración del agua residual y su reúso con fines de riego en el
distrito de Yarabamba - Arequipa**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Julio Cesar Mamani Larico

Asesor:

Ing. Ecler Mamani Chambi

Juliaca, diciembre del 2023

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Ecler Mamani Chambi, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“ANÁLISIS SITUACIONAL Y PROPUESTA TÉCNICA DE UNA PTAR PARA LA DEPURACIÓN DEL AGUA RESIDUAL Y SU REÚSO CON FINES DE RIEGO EN EL DISTRITO DE YARABAMBA - AREQUIPA”** del autor **Julio Cesar Mamani Larico** tiene un índice de similitud de 12% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca a los 21 días del mes de diciembre del año 2023



Ing. Ecler Mamani Chambi

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 26 día(s) del mes de diciembre del año 2023, siendo las 8:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Ing. Heron Aubrey Pari Luis, el (la) secretario(a): Mg Lily Zea Gonzales
 y los demás miembros: Mg Fritz Willy Mamani
Apaza y el (la) asesor(a) Ing. Celso Mamani

Mamani con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:
Análisis situacional y propuesta técnica de una PTAR para la depuración del agua residual y su reúso con fines de riego en el distrito de Yarabamba - Arequipa
 del(los) bachiller(es): a) Julio Cesar Mamani Larico

b) _____
 c) _____
 conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Civil
(denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado. Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Julio Cesar Mamani Larico

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>10</u>	<u>B</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>






Bachiller (b): _____

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c): _____

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior
 Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.


 Presidente/a

 Asesor/a

 Bachiller (a)

 Miembro
 Bachiller (b)

 Secretario/a
 Miembro
 Bachiller (c)

INDICE

I. RESUMEN.....	7
II. INTRODUCCIÓN	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
3.1. Materiales.....	11
3.1.1 Obtención de muestras	11
3.2. Métodos	13
3.2.1. Medición de caudal.....	13
3.2.2. Método volumétrico	14
IV. RESULTADOS	16
V. DISCUSIÓN	19
VI. CONCLUSIONES.....	24
VII. REFERENCIAS	27
VIII. ANEXOS.....	29
8.1. Evidencia de sumisión del articulo a una revista de prestigio.....	29
8.2. Resolución de visto bueno de perfil de proyecto de tesis.....	30

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Puntos de muestreo en área de estudio</i>	12
Tabla 2 <i>Cálculo del caudal de agua residual (situación actual)</i>	15
Tabla 3 <i>Reporte de caracterización: DBO5</i>	17
Tabla 4 <i>Reporte de caracterización: DQO</i>	17
Tabla 5 <i>Reporte de caracterización: Coliformes termo tolerantes</i>	17
Tabla 6 <i>Reporte de caracterización: Sólidos suspendidos totales</i>	18
Tabla 7 <i>Reporte de caracterización: Huevos de helmintos</i>	18
Tabla 8 <i>Análisis situacional PTAR existente</i>	18
Tabla 9 <i>Eficiencia de remoción en planta de tratamiento de aguas residuales existente</i>	20
Tabla 10 <i>Proceso de remoción en planta de tratamiento de aguas residuales proyectada</i> ...	20
Tabla 11 <i>Eficiencia de remoción en planta de tratamiento de aguas residuales proyectada</i> .	20
Tabla 12 <i>Comparativo de parámetros para reúso</i>	21
Tabla 13 <i>Proceso de remoción en planta de tratamiento de aguas residuales proyectada</i> ...	22
Tabla 14 <i>Comparativo de parámetros físico químicos – microbiológicos con fines de riego</i> .	23
Tabla 15 <i>Comparativo de parámetros físico químicos – microbiológicos con fines de reúso en riego</i>	23

INDICE DE FIGURA

Figura 1 <i>Macro localización</i>	11
Figura 2 <i>Área de estudio con puntos de muestreo</i>	12
Figura 3 <i>Aforo para caudal promedio de AR</i>	15
Figura 4 <i>Muestreo de afluente M-01</i>	16
Figura 5 <i>Comparativo DBO5</i>	21
Figura 6 <i>Comparativo DQO</i>	22
Figura 7 <i>Comparativo propuesta vs LMP</i>	24

I. RESUMEN

Las aguas residuales son una fuente adicional importante para satisfacer las demandas de recursos debido al suministro limitado de agua potable para satisfacer las necesidades de la población, de bajo costo, beneficioso para los suelos agrícolas y con un impacto ambiental reducido. Sin embargo, en Perú y países de América Latina, el uso predominante de aguas residuales y aguas superficiales sin tratar o diluidas, así como la baja proporción de aguas residuales tratadas, generalmente representan un riesgo para la salud pública, especialmente en el riego de cultivos para consumo directo. Para la reutilización de aguas residuales, siempre se recomienda el tratamiento preliminar y primario; el tratamiento secundario, además de la remoción efectiva de materia orgánica y sólidos en suspensión, también afecta directamente la estructura de ciertos compuestos, como el nitrógeno, que es muy exigente considerando los cultivos y tipos de suelo. Este trabajo propone el uso de las aguas residuales domésticas como un recurso alternativo, beneficioso para el riego de cultivos que sufrirán una posterior transformación industrial, siempre que sean debidamente tratadas y gestionadas de forma segura en las actividades agrícolas.

Palabras clave: Agua residual; agua residual tratada; caracterización; contaminantes; efluente; nutrientes; remoción; reúso para riego.

**Situational analysis and technical proposal of a WWTP for the purification of
wastewater and its reuse for irrigation purposes in the district of Yarabamba –
Arequipa.**

ABSTRACT

Wastewater is an important additional source to meet resource demands due to the limited supply of drinking water to meet the needs of the population, low cost, beneficial for agricultural soils and with a reduced environmental impact. However, in Peru and Latin American countries, the predominant use of wastewater and untreated or diluted surface water, as well as the low proportion of treated wastewater, generally represent a risk to public health, especially in crop irrigation. for direct consumption. For wastewater reuse, preliminary and primary treatment is always recommended; Secondary treatment, in addition to the effective removal of organic matter and suspended solids, also directly affects the structure of certain compounds, such as nitrogen, which is very demanding considering the crops and soil types. This work proposes the use of domestic wastewater as an alternative resource, beneficial for the irrigation of crops that will undergo subsequent industrial transformation, as long as they are properly treated and managed safely in agricultural activities.

Keywords: wastewater, treated wastewater, characterization, contaminants, effluent, nutrients, removal, reuse for irrigatio

II. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso indispensable para las actividades humanas, el desarrollo económico y el bienestar social. La persona promedio necesita 3.000 litros de agua para producir los productos necesarios para la nutrición diaria. Aunque el riego agrícola usa solo el 10 por ciento del agua, es la actividad que más agua dulce consume en la Tierra (FIDA, 2006). En los últimos años, debido a la creciente escasez de agua fresca, la necesidad de proteger el medio ambiente y aprovechar económicamente las aguas residuales se ha promovido internacionalmente el reúso controlado de efluentes, lo que representa:

Reducir considerablemente las cargas contaminantes en los receptores superficiales y subterráneos y las áreas costeras a través de medios simples, efectivos y de bajo costo.

Incrementar el potencial utilizable de los recursos hídricos y gestionar mejor los recursos hídricos mediante la liberación de grandes volúmenes de agua dulce de mejor calidad para otros usos.

Mejorar áreas agrícolas importantes mediante el suministro de materia orgánica y nutrientes.

Una de las prácticas más comunes de disposición final de las aguas residuales domésticas ha sido la disposición directa sin tratamiento en los cuerpos de agua superficiales y en el suelo; sin embargo, la calidad de estas aguas puede generar dos tipos de problemas: de salud pública, particularmente importantes en países tropicales por la alta incidencia de enfermedades infecciosas, cuyos agentes patógenos se dispersan en el ambiente de manera eficiente a través de las excretas o las aguas residuales crudas (Mara D., 1996), y los problemas ambientales, por afectar la conservación o protección de los ecosistemas acuáticos y del suelo, lo que contribuye a la pérdida de valor económico del recurso y del medio ambiente y genera a su vez una disminución

del bienestar para la comunidad ubicada aguas abajo de las descargas (Pierce & Turner, Economics resources and the environment Jonh Hopkins Press, 1990).

El riego con aguas residuales domésticas sin tratar presenta serios riesgos ya que es una fuente importante de patógenos como bacterias, virus, protozoos y helmintos que causan infecciones gastrointestinales en humanos. También contienen toxinas químicas muy peligrosas de fuentes industriales.

El uso de aguas residuales en la agricultura se originó en la antigua Atenas; sin embargo, la mayor difusión de los sistemas de aplicación de aguas residuales superficiales se produjo en la segunda mitad del siglo XIX, distribuido principalmente en Alemania, Australia, Estados Unidos, Francia, India, Reino Unido, México y Polonia y otros países. En la posguerra se vio la creciente necesidad de optimizar los recursos hídricos en Sudáfrica, Alemania, Arabia Saudita, Argentina, Australia, Chile, China, Estados Unidos, India, Israel, Kuwait, México, Perú, Sudán y Túnez (Parreiras S. , 2019).

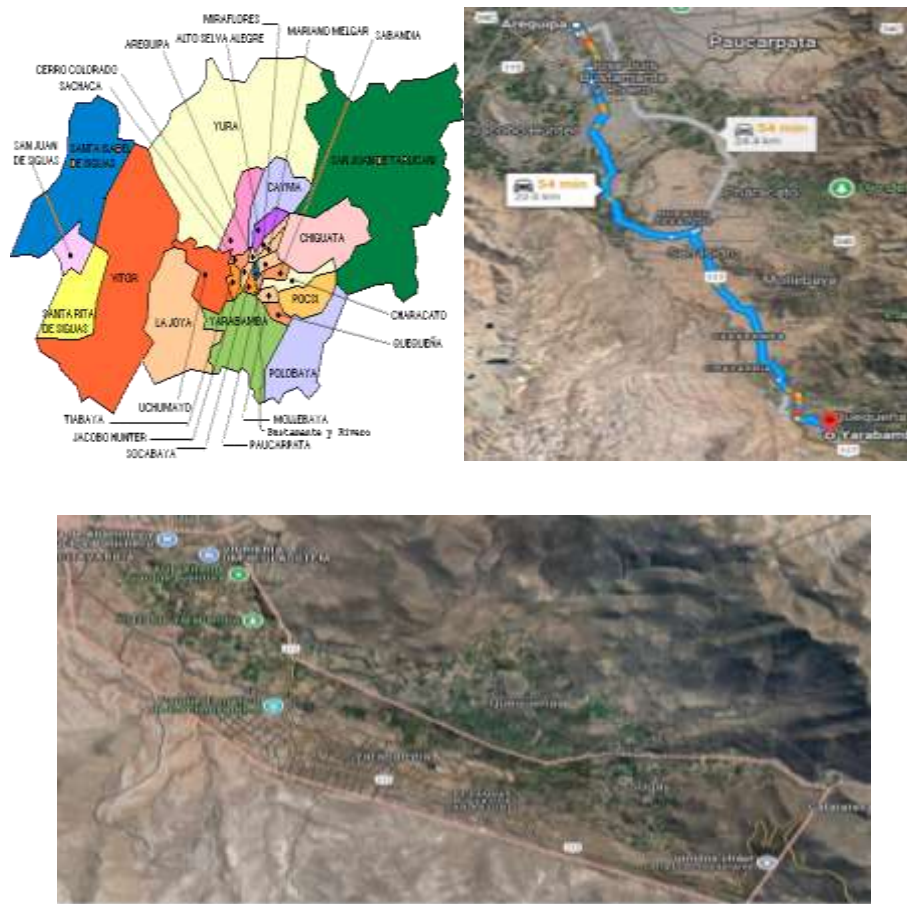
Según ANA (2016), se destina para 43% para reuso agrícola, es decir 145 PTARS convertidos en 7.8m³/seg para dicho fin, cabe señalar que estas en su mayoría son plantas que requieren de energía eléctrica. Este artículo analiza el uso de aguas residuales domésticas tratadas y la reutilización agrícola y el impacto de los diferentes niveles de tratamiento.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El lugar de estudio se encuentra situado en el distrito de Yarabamba, de la provincia y departamento de Arequipa a una altitud de 2978.50 a 2479.60 msnm, con una extensión de 492.20 Km² y cuyas coordenadas UTM son 255341.111 E, 8169666.208 N. Ver figura 1.

Figura 1

Macro localización



El tipo de investigación es aplicada; porque la investigación resolverá el problema y se basa en los resultados, soluciones y detección de una investigación. El enfoque de la investigación es cuantitativo porque representa un conjunto de procesos, secuencias y probatorios. El diseño de investigación es no experimental transversal, porque el diseño no experimental examina fenómenos que ocurren en el medio natural y luego los analiza sin manipular las variables en estudio, también es transversal porque los datos se recolectan en un momento dado. (Hernández et al., 2014).

3.1. Materiales

3.1.1 Obtención de muestras

Se optaron por 05 puntos para la toma de muestras de afluente, situada en la planta de tratamiento de agua residual Yarabamba, detalladas en la Tabla 1, donde se especifica su codificación y coordenadas UTM de los puntos de muestreo a la salida de cada unidad de tratamiento, así mismo están distribuidos en la Fig. 2.

Figura 2

Área de estudio con puntos de muestreo

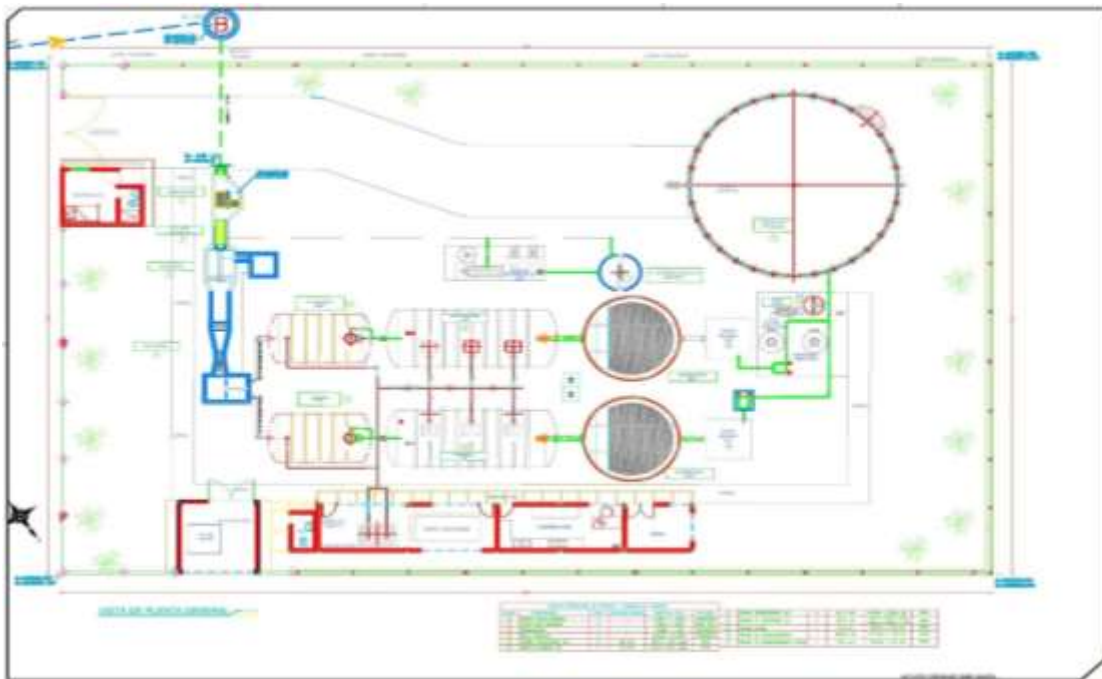


Tabla 1

Puntos de muestreo en área de estudio

Unidad	Código	Coordenadas UTM WGS84*	
Cámara rejas	UT_01	255332.931 E	8169657.314 N
Ecuilizador	UT_02	255336.875 E	8169666.208 N
Reactor biológico	UT_03	255343.771 E	8169668.296 N
Sedimentador Sec.	UT_04	255348.730 E	8169671.702 N
Cloración	UT_05	255362.152 E	8169677.513 N

Fuente: Elaboración propia

Las muestras de agua residual provienen de la caracterización realizada de la planta de tratamiento PTAR-Yanahuara del distrito de Yanahuara fueron obtenidas mediante los procedimientos de muestreo normados, almacenados y transportados en recipientes de plástico (cooler plástico) de 25 litros en el mes diciembre del 2022, las unidades de tratamiento donde se realizaron las muestras conforman el tratamiento preliminar, primario y secundario de la PTAR existente, quien a su vez fueron diseñadas para una población futura de 3150 habitantes.

3.2. Métodos

3.2.1. Medición de caudal

Como primera parte se deberá identificar el punto de muestreo, por lo que se tuvo definido el tipo de descarga y ubicación del sitio donde se ha realizado la caracterización (se diseña el plan de aforo y muestreo).

Como segunda parte se ha realizado el cálculo de caudal promedio de afluente mediante el aforo del último buzón, el cual conforma la red de emisario del sistema de alcantarillado sanitario, en este proceso se ha determinado la forma más práctica de aforo, teniéndose en consideración el tipo de descarga que se presenta en la zona de estudio. Los factores que se han tenido en consideración al momento de seleccionar un sistema de medición fueron los siguientes:

- Tipo de conducto y accesibilidad.
- Posibilidad de recuperación, una vez finalizada la serie de medidas para su aplicación en otros puntos.
- Debido a que los vertimientos de aguas residuales se hacen por gravedad, el método seleccionado deberá producir la mínima pérdida de carga (cabeza de energía) posible.

- Máxima sencillez de manejo y lectura.
- Características del agua residual a medir, y su influencia en el equipo (corrosión, abrasión, ataque químico, taponamiento, etc.).
- Como norma general, todas las partes en contacto con el líquido deben estar totalmente protegidas, y en aquellos casos en que se pueden desprender gases o vapores, los equipos y el personal se separan de su acción lo más lejos que sea posible, o bien se dotarán con la protección adecuada.

3.2.2. Método volumétrico

Se ha empleado el método volumétrico, teniendo en consideración de que sus caudales son pequeños, donde se ha requerido de un recipiente para coleccionar el agua. El caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen.

$$Q=V/T$$

Donde:

Q: Caudal m³/seg

V: Volumen en m³

T: Tiempo en segundos

Figura 3

Aforo para caudal promedio de AR



Tabla 2

Cálculo del caudal de agua residual (situación actual)

Hora	Numero de Pruebas	Volumen (Lit)	Tiempo (seg)	Carga Lit/seg
6:00 a. m.	1	5	1.15	4.348
7:00 a. m.	2	5	1.18	4.237
8:00 a. m.	3	5	1.11	4.505
9:00 a. m.	4	5	1.19	4.202
10:00 a. m.	5	5	1.21	4.132
11:00 a. m.	6	5	1.19	4.202
12:00 a. m.	7	5	1.17	4.274
1:00 p. m.	8	5	1.26	3.968
2:00 p. m.	9	5	1.25	4.000
3:00 p. m.	10	5	1.16	4.310
4:00 p. m.	11	5	1.22	4.098
5:00 p. m.	12	5	1.13	4.425

6:00 p. m.	13	5	1.05	4.762
	TOTAL			4.266

Figura 4

Muestreo de afluente M-01



IV. RESULTADOS

Como tercera parte se ha realizado la caracterización de agua residual de afluente y efluente en la zona de estudio. Para esta etapa se ha considerado una adecuada planificación de un programa de muestreo, por lo que fue necesario definir los parámetros físico-químicos y biológicos que van a ser medidos teniendo como referencia, la actividad que desarrolla el distrito, los objetivos buscados y las normas de calidad vigentes para alcantarillados y cauces receptoras.

El análisis físico, químico y biológico en los puntos de muestreo y ensayo de la presente investigación se envasó en contenedores de plástico y se enviaron a un laboratorio acreditado por INACAL (RM-192-2018-VIVIENDA, 2018), para que se tengan los valores más reales y confiables, el laboratorio optado para estos análisis es BHIOS LABORATORIOS S.R.L. quien se encuentra acreditado para este tipo de ensayos.

Lo resultados de la caracterización definirán la eficiencia de remoción de las unidades de tratamiento, así mismo estas unidades existentes se encuentran comprendidos por un tratamiento preliminar o pretratamiento conformado por una cámara de rejillas y desarenador, seguido de un tratamiento primario, conformado por un tanque ecualizador y reactor biológico, finalmente el tratamiento secundario conformado por un tanque sedimentador y un tratamiento terciario, este último se encarga de la desinfección del agua residual (cámara de contacto con cloro).

Tabla 3

Reporte de caracterización: DBO5

Unidad	Preliminar	Ecualizador	Reactor biológico	Sedimentador secundario	Cloración
Ingreso (mg/L)	412	412	412	51.706	25.31
Salida (mg/L)	412	412	51.706	25.31	22.74

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4

Reporte de caracterización: DQO

Unidad	Preliminar	Ecualizador	Reactor biológico	Sedimentador secundario	Cloración
Ingreso (mg/L)	1185	1185	1185	464.76	219.83
Salida (mg/L)	1185	1185	464.757	219.83	198.40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5

Reporte de caracterización: Coliformes termo tolerantes

Unidad	Preliminar	Ecualizador	Reactor biológico	Sedimentador secundario	Cloración
Ingreso (mg/L)	1.68E+07	16800000	1.68E+07	1.68E+05	1.68E+05
Salida (mg/L)	1.68E+07	16800000	1.68E+05	1.68E+05	168.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6*Reporte de caracterización: Sólidos suspendidos totales*

Unidad	Preliminar	Ecualizador	Reactor biológico	Sedimentador secundario	Cloración
Ingreso (mg/L)	525.60	525.6	525.60	80.15	4.17E+00
Salida (mg/L)	525.60	525.6	8.02E+01	4.17	4.17

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7*Reporte de caracterización: Huevos de helmintos*

Unidad	Preliminar	Ecualizador	Reactor biológico	Sedimentador secundario	Cloración
Ingreso (mg/L)	109.20	109.2	109.20	109.20	0.11
Salida (mg/L)	109.20	109.2	109.20	0.11	0.11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8*Análisis situacional PTAR existente*

Unidad	Antigüedad (años)	Tratamiento	Diagnostico situacional
Cámara de rejas	5.0	Preliminar	Se encuentra parcialmente operativa por falta de mantenimiento, debido a la obstrucción de sólidos que se encuentran al ingreso de la cámara de rejas, provocando que los sólidos o material grueso que es transportado por los colectores y emisario ingresen indiscriminadamente al tratamiento primario.
Desarenador	5.0	Preliminar	Se encuentra parcialmente operativa por falta de mantenimiento, esta situación estaría provocando que ingrese de manera directa las arenas al tratamiento primario.

Ecualizador	5.0	Primario	Actualmente se encuentra operativo
Reactor biológico	5.0	Primario	Actualmente se encuentra operativo
Tratamiento de lodos	5.0	Primario	Actualmente se encuentra operativo
Sedimentador secundario	5.0	Secundario	Actualmente se encuentra operativo
Tratamiento terciario (cloración)	5.0	Terciario	Actualmente se encuentra operativo

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

A continuación, se detallan los resultados obtenidos del muestreo, análisis situacional de la planta de tratamiento de aguas residuales existentes, así como también la propuesta de unidades de tratamiento para la disposición final de aguas residuales con fines de reúso en riego agrícola.

Según el reporte de la Tabla 8, se puede interpretar de que la cámara de rejillas perjudica el flujo de líquidos en el sistema de conducción de la planta de tratamiento, debido a su escaso mantenimiento, en referencia al desarenador las arenas generan serias dificultades en el funcionamiento del tratamiento primario (ecualizador), y con respecto a la digestión de la materia orgánica, se acumula alrededor de la tubería de entrada y provoca obstrucciones.

En referencia a las demás unidades de tratamiento estas funcionan con energía eléctrica, por lo que no evidencia daños y/o patologías que conlleven al deterioro prematuro del tratamiento primario y secundario.

Al realizar la caracterización el tratamiento preliminar no detectamos eficiencia alguna en cuanto a la remoción de contaminantes ni en la reducción de sólidos en suspensión totales SST

(sólidos retenidos en filtro), así mismo el agua de la etapa preliminar (desarenado) es enviada a un tanque llamado ecualizador cuya función principal es nivelar la carga de contaminantes presentes en el agua, que a su vez regula las fluctuaciones en el caudal de agua industrial, sin embargo tampoco se registró reducción de contaminantes en su etapa de remoción, ver tabla 9.

Tabla 9

Eficiencia de remoción en planta de tratamiento de aguas residuales existente

Unidad de tratamiento	Parámetros			
	DBO5	DQO	Coliformes	SST
Cámara de rejás	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Ecualizador	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Reactor biológico	87.45%	60.78%	99.00%	84.75%
Sedimentador secundario	51.05%	52.70%	0.00%	94.80%
Cámara de contacto c/cloro	10.15%	9.75%	99.9%	0.00%

Fuente: Elaboración propia

En referencia a la tabla 10, se puede evidenciar claramente un mejor comportamiento en referencia a los parámetros evaluados, en especial con los valores de sólidos en suspensión totales SST.

Tabla 10

Proceso de remoción en planta de tratamiento de aguas residuales proyectada

Unidad de tratamiento	Parámetros			
	DBO5	DQO	Coliformes	SST
Cámara de rejás-Desarenador	412.00	1185.00	16800000	262.80
Reactor UASB	103.00	237.00	1680000	78.84
Filtro biológico	36.05	118.50	168000	7.88
Humedales artificiales	18.03	47.40	16800	7.88
Cámara de contacto c/cloro	18.03	47.40	168	7.88

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

Eficiencia de remoción en planta de tratamiento de aguas residuales proyectada

Unidad de tratamiento	% Remoción			
	DBO5	DQO	Coliformes	SST
Cámara de rejás	0.00%	0.00%	0.00%	50.00%

Reactor UASB	75.00%	80.00%	90.00%	70.00%
Filtro biológico	65.00%	50.00%	90.00%	90.00%
Humedales artificiales	50.00%	60.00%	90.00%	0.00%
Cámara de contacto c/cloro	0.00%	0.00%	99.00%	0.00%

Fuente: Elaboración propia

La tabla 12 muestra que la propuesta planteada lograría obtener un mayor porcentaje de remoción en referencia a las unidades de tratamiento existente, es decir que el agua de efluente alcanzaría un 77.35% de eficiencia para reducción de DBO5, con respecto a la remoción alcanzada para el parámetro de DQO se lograría alcanzar un 52.22% de eficiencia.

Tabla 12

Comparativo de parámetros para reúso

Unidad de tratamiento	Proyectado	Existente	Proyectado	Existente
	DBO5	DBO5	DQO	DQO
Cámara de rejillas	412.00	412.00	1185.00	1185.00
Reactor UASB	103.00	412.00	237.00	1185.00
Filtro biológico	36.05	51.71	118.50	464.76
Humedales artificiales	18.03	25.31	47.40	219.83
Cámara de contacto c/cloro	18.03	22.74	47.40	198.40

Fuente: Elaboración propia

Figura 5

Comparativo DBO5



Figura 6

Comparativo DQO



La tabla 13 muestra que la propuesta planteada lograría obtener la misma capacidad de remoción en referencia a coliformes totales, con respecto a la remoción alcanzada para el parámetro de solidos en suspensión SST, el sistema existente alcanzaría una mejor eficiencia, alcanzando 73.56% de eficiencia sobre el sistema propuesto.

Tabla 13

Proceso de remoción en planta de tratamiento de aguas residuales proyectada

Unidad de tratamiento	Proyectado	Existente	Proyectado	Existente
	Coliformes	Coliformes	SST	SST
Cámara de rejas	16800000	16800000	262.80	525.60
Reactor UASB	1680000	16800000	78.84	525.60
Filtro biológico	168000	168000	7.88	80.15
Humedales artificiales	16800	168000	7.88	4.17
Cámara de contacto c/cloro	168	168	7.88	4.17

Fuente: Elaboración propia

Según el reporte de la tabla 14, se obtuvo resultados teóricos en función a la propuesta de diseño de la PTAR y que según el parámetro de DQO se encontraría con un reporte de 94.80 mg/l, encontrándose por encima del límite establecido por los estándares de calidad ambiental Ecas, esto teniendo en consideración que los límites son para vertimiento y mezcla a un cuerpo receptor (rio), y que para el presente estudio únicamente serán descritos meramente con fines comparativos, al

no considerarse el balance de masas de la descarga al cuerpo receptor. Con referencia a las normas internacionales, se estaría cumpliendo con los parámetros exigidos.

Tabla 14

Comparativo de parámetros físico químicos – microbiológicos con fines de riego

Unidad de tratamiento	Propuesta	Categoría 3. D1 Riego no restringido	Norma internacional	Categoría 3. D1 Riego restringido
DBO5	18.03	15.00	10.00	15.00
DQO	47.40	40.00	157.68	40.00
Coliformes	168.00	1000.00	1000.00	2000
SST	7.88	-	100.00	-

Fuente: Elaboración propia

Según el reporte de la tabla 15, los parámetros obtenidos del diseño de unidades de tratamiento permiten cumplir con la propuesta nacional de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para reúso de agua residual, permitiendo el riego de hortalizas y árboles frutales de tallo largo.

Tabla 15

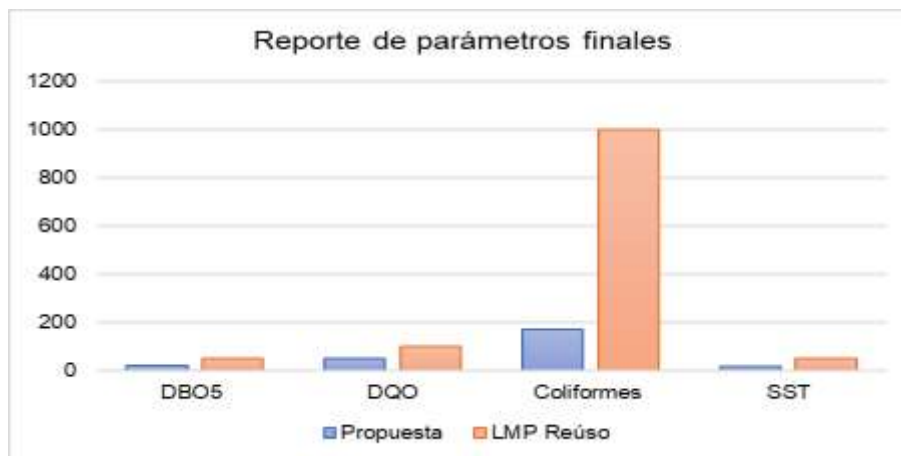
Comparativo de parámetros físico químicos – microbiológicos con fines de reúso en riego

Unidad de tratamiento	Propuesta	LMP reúso
DBO5	18.03	50.00
DQO	47.40	100.00
Coliformes	168.00	1000.00
SST	7.88	50.00

Fuente: Elaboración propia

Figura 7

Comparativo propuesta vs LMP



VI. CONCLUSIONES

El análisis de la calidad del agua, agua potable, agua subterránea y agua de río torococha, cumplen con los parámetros mínimos y máximos permitidos para la elaboración del concreto de acuerdo a la NTP 339.088 por lo tanto, la calidad de agua que se utiliza en la ciudad de Juliaca cumple con los requisitos para la elaboración del concreto. Con respecto a la trabajabilidad (slump) las calidades de aguas no influyeron en lo mínimo al momento de la elaboración del concreto, por otro lado, al momento del proceso de curado se tuvo un comportamiento no deseado, ya que se pudo observar que el concreto de agua del río torococha forma en la parte superior de la poza de curado, una espuma blanca ya que con el tiempo pueda llegar a tener efectos secundarios en la resistencia.

En referencia al análisis situacional de la planta de tratamiento de aguas residuales existente, se evidencio un descuido en el mantenimiento del tratamiento preliminar, encontrándose obstruido al ingreso de la cámara de rejillas, mermando en la eficiencia de los demás componentes,

además de evidenciar el acceso indiscriminado de arenas dentro del tratamiento primario, generando una precaria digestión de la materia orgánica.

El proceso propuesto no requiere de energía eléctrica y que a comparación del sistema de tratamiento existente estos no generarían un costo significativo debido a su composición técnica (operación y mantenimiento mecánico), por lo que, si se compara con la eficiencia de la PTAR existente, esta última resulta actualmente menos provechosa por la falta de mantenimiento y que desde el punto de vista económico, ambiental y social, la versión de propuesta planteada es viable para un caudal de 4.27 lts/seg.

En referencia a la caracterización de agua residual existente, se concluye de que la planta de tratamiento existente logro reducir de un total de 412 mg/l de DBO5 a un 22.74 mg/l, con respecto a la demanda química de oxígeno DQO, este se redujo de 1185 mg/l a 198.40 mg/l, en referencia a coliformes termo tolerantes el agua residual presenta un aporte de ingreso a PTAR de $1.68E+07$ mg/L y una salida de 168 mg/L, con respecto a solidos suspendidos totales SST, este reporta un ingreso de 525.60 mg/l y una salida de 4.17mg/L, evidenciándose en este ultimo una adecuada eficiencia para remoción de SST, sin embargo estas no cumplirían con los Límites máximos permisibles para reúso según D.S. 2020-MINAGRI.

Con respecto a las unidades de tratamiento de agua residual propuesta estas obtuvieron el siguiente reporte final referente a la eficiencia para reducción de contaminantes; DBO5 alcanzo un valor de descarga de 18.03 mg/L, DQO obtuvo un valor de descarga de 47.40 mg/L, solidos suspendidos SST obtuvo 7.88 mg/L como descarga final y coliformes termo tolerantes obtuvo 168 NMP/100ml, estas se encuentran dentro de los Límites máximos permisibles para reúso según D.S. 2020-MINAGRI.

El ratio obtenido entre DBO5/DQO para clasificar su biodegradabilidad del agua residual es de 0.38, siendo esta de poca biodegradabilidad, pudiendo ser tratado biológicamente.

La agricultura es un gran consumidor de agua, la disponibilidad hace que en algunas zonas sea necesario utilizar otros recursos, como las aguas residuales domésticas. Aunque siempre se recomienda tratarlas antes de su uso, en la práctica todos los países de América Latina utilizan principalmente aguas residuales crudas diluidas en cuerpos de agua superficiales y, en menor medida, aguas tratadas, aunque no necesariamente de manera adecuada. El empleo seguro en actividades agrícolas requiere un manejo adecuado.

La reutilización de aguas residuales se recomienda principalmente para aquellos cultivos que sufrirán transformación industrial, sin embargo, en América Latina una gran cantidad de cultivos de consumo directo, como las hortalizas, representan un riesgo para la salud pública que debe ser considerado.

Independientemente del cultivo, los requisitos mínimos para el uso seguro de las aguas residuales agrícolas deben ser especificados por la Organización Mundial de la Salud en base a las variables microbiológicas y de calidad fisicoquímica de la FAO. Además, también se deben tener en cuenta otros parámetros como el contenido de Na, Ca, Mg y B, ya que algunos elementos de las aguas residuales pueden afectar el desarrollo de los cultivos y las propiedades fisicoquímicas del suelo.

Para garantizar una gestión adecuada de las aguas residuales de las actividades agrícolas con un riesgo mínimo, se recomienda a los países implementar una gestión integrada de los recursos hídricos, que tenga en cuenta la participación y el compromiso de todas las agencias relacionadas con los temas ambientales y agrícolas, como los ministerios de medio ambiente y agricultura. Empresas ambientales, ONGs, institutos de investigación y sectores productivos.

VII. REFERENCIAS

Ccanto, F., & Mallcco, A. (2019). Análisis comparativo de la resistencia de un concreto convencional $f'c=210$ kg/cm² utilizando el agua subterránea en el mezclado en el distrito de Acobamba - Huancavelica - 2018 [Universidad Nacional de Huancavelica].
<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2981>

Ayers, R. y D. Wescot. 1987. La calidad del agua en la agricultura. Estudio FAO riego y drenaje 29.1, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma. 174 p.

Batalha, B. 1989. Fossa séptica. Série de manuais. Companhia de tecnologia de saneamento ambiental, Governo do Estado de Sao Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, Brasil. pp. 2-4.

Bakker, N., M. Dubbeling, U. Gundel, S. Koschella y H. de Zeeuw. (2000). Growing cities. Growing food, urban agriculture on the policy agenda. DSE, Alemania. 3 p.

Bau, J. 1991. Investigación sobre la conservación del agua en Portugal. Laboratorio. Memorias del seminario sobre usos eficientes del agua, México. pp. 736-743.

Bernis, F y C. Palies. 2008. Economía del arroz: variedades y mejora. En:
www.eumed.net/libros/2006a/fbbp; consulta: mayo de 2008.

Blumenthal, U.J., D.D. Mara, A. Peasey, G. Ruiz-Palacios y R. Stott. 2000. Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. Bulletin of the World Health Organization 78(9), 1104-1116

FIDA, F. (2006). El agua para la alimentación, la agricultura y los medios de vida rurales. El agua una responsabilidad compartida. 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hidricos . España.

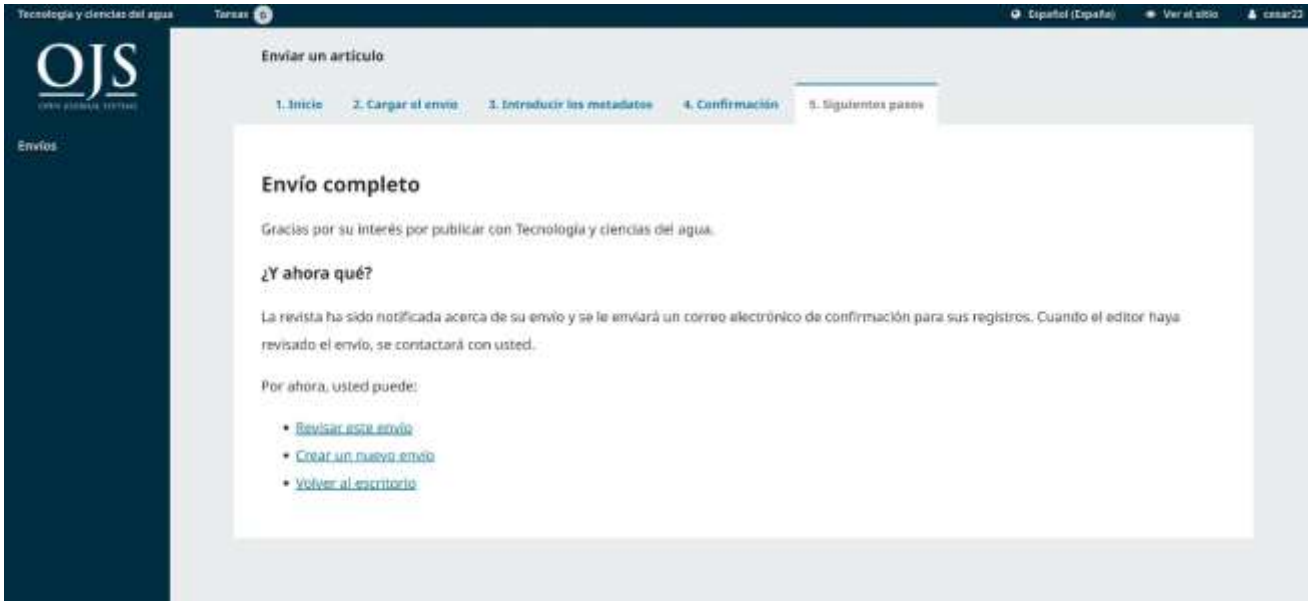
Mara D. (1996). Waste stabilization ponds: effluent quality requirements and implications for process design. Wat. Sci. Tech. 33(7). 23-31.

Parreiras, S. (2019). Curso sobre tratamento de esgoto por disposicao no solo. 40. Belo Horizonte, Brasil: Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM).

Pierce, D., & Turner, K. (1990). Economics resources and the environment Jonh Hopkins Press. Washington D.C., U.S.A.

VIII. ANEXOS

8.1. Evidencia de sumisión del artículo a una revista de prestigio.



8.2. Resolución de visto bueno de perfil de proyecto de tesis

RESOLUCIÓN N° 0864-2022/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 31 de agosto de 2022

VISTO:

El expediente de **Julio Cesar Mamani Larico**, identificado(a) con Código Universitario N° 201610652, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Julio Cesar Mamani Larico**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Análisis situacional y propuesta técnica de una PTAR para la depuración del agua residual y su reúso con fines de riego en el distrito de Yarabamba-Arequipa" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 31 de agosto de 2022, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "**Análisis situacional y propuesta técnica de una PTAR para la depuración del agua residual y su reúso con fines de riego en el distrito de Yarabamba-Arequipa**" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar como asesor a **Mg. Ecler Mamani Chambi** para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Mg. Fritz Willy Mamani Apaza y Mg. Lily Zea Gonzales**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Dr. Santiago Ramírez López
SECRETARIO ACADÉMICO

CC:
-Interesado
Asesor
Dirección General de Investigación
Archivo