

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AFLUENTE
Y EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE CAPACHICA - PUNO 2023**

PRESENTADA POR:

CARMEN ROCIO GALLEGOS SARAIVA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2024



Repositorio Institucional ALCIRA by Universidad Privada San Carlos is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



11.7%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 23 JAN 2024, 7:40 PM

Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL
0.77%

● CHANGED TEXT
10.93%

Report #19423231

CARMENROCIO GALLEGOS SARA VIA ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AFLUENTE Y EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CAPACHICA - PUNO 2023 RESUMEN La planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de capachica evidencia la falta de mantenimiento, uso de sus aguas vertidas para riego de cultivos constituyendo una fuente de contaminación para los cuerpos de agua y suelos de la zona, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar los parámetros fisicoquímicos del afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica - Puno 2023 de acuerdo al DS. N° 003-2010-MINAM, para ello se identificaron tres puntos de muestreo M1 – para el afluente, M2 – para el efluente y M3 para la desembocadura de la PTAR; el punto de muestreo M1 y M2 ubicados en la PTAR del pueblo de Capachica y el punto de muestreo M3 en el sector Toctoro ubicado a 2 kilómetros de la PTAR de Capachica, La recolección de muestras se realizaron en función del protocolo de muestreo para aguas, una vez recolectadas las muestras se enviaron debidamente identificadas al laboratorio para su respectivo análisis cuyos resultados debidamente sistematizados se comparando con los LMP e interpretados, arribando a los siguientes resultados del efluente: pH 7.69, Temperatura 16.50 °C, Sólidos Totales 310 mg/L, DQO 75.04 mg/L, DBO 31.02 mg/L, Aceite y Grasas 14.50 mg/L, Turbiedad 12.12

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS

**ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AFLUENTE
Y EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS**

RESIDUALES DE CAPACHICA - PUNO 2023

PRESENTADA POR:

CARMEN ROCIO GALLEGOS SARAVIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:



Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

PRIMER MIEMBRO

:



Dr. JORGE ABAD CALISAYA CHUQUIMIA

SEGUNDO MIEMBRO

:



M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

ASESOR DE TESIS

:



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Líneas de Investigación: Ciencias ambientales

Puno, 26 de enero del 2024

DEDICATORIA

A Dios ante todo por mantenerme con salud y brindarme fortaleza para lograr mis proyectos de vida.

A la persona más importante en mi vida, mi madre Zulma, quien, con su fortaleza, sabiduría, sus palabras motivacionales y amor incondicional me ha guiado en cada paso de mi vida.

Gracias por ser mi luz en momentos oscuros y por creer en mí siempre, no habría llegado hasta este punto sino fuese por ti, te amo y nunca me alcanzará la vida para agradecer todas y cada una de las cosas que haces y que seguramente continuarás haciendo por mí.

Este logro es un triunfo de las dos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos, Escuela profesional de Ingeniería Ambiental, a su plana docente, quienes me formaron académicamente como profesional de Ingeniería Ambiental.

Al Mg. Julio W. Cano Ojeda, por su paciencia, dirección y valiosos consejos que permitieron alcanzar los objetivos de esta tesis.

Finalmente, a todas las personas que me brindaron el apoyo, tiempo e información para el logro de esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
INDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	13
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	14
1.2. ANTECEDENTES	14
1.2.1. INTERNACIONAL	14
1.2.2. NACIONAL	16
1.2.3. REGIONAL Y LOCAL	19
1.3. OBJETIVOS DE ESTUDIO	21
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	21
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	22
2.1.1. AGUA	22
2.1.2. AGUAS RESIDUALES	22
	3

2.1.3. CALIDAD DEL AGUA	22
2.1.4. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	23
2.1.5. CONTAMINACIÓN POR AGUAS RESIDUALES	23
2.1.6. EFICIENCIA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	24
2.1.7. LAGO TITICACA	24
2.1.8. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	25
2.1.9. OPERACIÓN DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	25
2.1.10. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	25
2.2. MARCO CONCEPTUAL	27
2.3. MARCO NORMATIVO	30
2.3.1. LEY GENERAL DEL AMBIENTE - LEY N° 28611	30
2.3.2. LEY DE RECURSOS HÍDRICOS - LEY N° 29338	30
2.3.3. DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM - APRUEBA LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES DOMÉSTICAS O MUNICIPALES.	30
2.3.4. LEY GENERAL DE SALUD - LEY N° 26842	31
2.3.5. REGLAMENTO DE LA LEY DE LOS RECURSOS HÍDRICOS LEY N° 29338 - DECRETO SUPREMO N° 001-2010-AG	31
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	32
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	33
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	34
3.2.1. POBLACIÓN	34
3.2.2. MUESTRA	35

3.3. METODOS Y TECNICAS	36
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	39
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	39
CAPÍTULO IV	
EXPOSICION Y ANALISIS DE RESULTADOS	
4.1. EXPOSICION Y ANALISIS DE RESULTADOS	40
4.1.1. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL AFLUENTE	40
4.1.2. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS EFLUENTE Y DESEMBOCADURA	41
4.1.3. EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	47
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR	31
Tabla 02: Ubicación de los puntos de muestreo en la PTAR	36
Tabla 03: Horario de toma de muestras.	37
Tabla 04: Operacionalización de variables.	39
Tabla 05: Resultados para el afluyente	40

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales	26
Figura 02: Delimitación del área de estudio del distrito de Capachica.	34
Figura 03: Ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – Capachica.	34
Figura 04: Ubicación de Puntos de Muestreo M1 y M2	35
Figura 05: Ubicación de Punto de Muestreo M3	36
Figura 06: Resultados de los análisis de laboratorio del pH.	41
Figura 07: Resultados de los análisis de laboratorio de la Temperatura.	42
Figura 08: Resultados de los análisis de laboratorio de la Turbiedad.	43
Figura 09: Resultados de los análisis de laboratorio del DQO	44
Figura 10: DBO del afluente, efluente y desembocadura	45
Figura 11: Resultados de los análisis de laboratorio de Aceites y Grasas	46
Figura 12: Resultados de los análisis de laboratorio de Sólidos Totales en Suspensión	47
Figura 13: Llegada al Distrito de Capachica.	65
Figura 14: Visita a la PTAR de Capachica.	65
Figura 15: Medición de coordenadas con el GPS - Afluente	66
Figura 16: Medición de coordenadas con el GPS - Efluente	66
Figura 17: Toma de muestra M1 - Afluente	67
Figura 18: Toma de muestra M2 - Efluente	67
Figura 19: Toma de muestra M3 – Efluente Desembocadura	68
Figura 20: Efluente Desembocadura ubicado en el Sector Toctoro	68

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de Consistencia	58
Anexo 02: LMP – Para aguas residuales.	60
Anexo 03: Certificado de Análisis - Afluente	61
Anexo 04: Certificado de Análisis - Efluente	62
Anexo 05: Certificado de Análisis - Desembocadura	63
Anexo 06: Cadena de Custodia	64
Anexo 07: Panel Fotográfico	65

RESUMEN

La planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Capachica evidencia la falta de mantenimiento, uso de sus aguas vertidas para riego de cultivos constituyendo una fuente de contaminación para los cuerpos de agua y suelos de la zona, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar los parámetros fisicoquímicos del afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica - Puno 2023 de acuerdo al DS. N° 003-2010-MINAM, para ello se identificaron tres puntos de muestreo M1 – para el afluente, M2 – para el efluente y M3 para la desembocadura de la PTAR; el punto de muestreo M1 y M2 ubicados en la PTAR del pueblo de Capachica y el punto de muestreo M3 en el sector Toctoro ubicado a 2 kilómetros de la PTAR de Capachica, La recolección de muestras se realizaron en función del protocolo de muestreo para aguas, una vez recolectadas las muestras se enviaron debidamente identificadas al laboratorio para su respectivo análisis cuyos resultados debidamente sistematizados comparando con los LMP e interpretados, arribando a los siguientes resultados del efluente: pH 7.69, Temperatura 16.50 °C, Sólidos Totales 310 mg/L, DQO 75.04 mg/L, DBO 31.02 mg/L, Aceite y Grasas 14.50 mg/L, Turbiedad 12.12 NTU, CE 124 µS/cm, Sólidos Totales Disueltos 62.80 mg/L; y una eficiencia del 66.23% se concluye que, Los parámetros físico-químicos del afluente y efluente de la PTAR Capachica cumplen con los LMP, con la excepción de los parámetros Aceites y Grasas con 32.40 mg/L y Sólidos Totales con 775 mg/L correspondientes a la muestra M2 del efluente, así como la muestra M3 desembocadura con 310 mg/L superando dichos parámetros en ambas muestras los LMP establecidos en el DS. N° 003-2010-MINAM, y, una eficiencia como regular.

Palabras clave: Aguas residuales, contaminación, efluente, límites máximos permisibles, planta de tratamiento.

ABSTRACT

The wastewater treatment plant in the Capachica district evidences a lack of maintenance and the use of its discharged water for crop irrigation, constituting a source of contamination for the water bodies and soils in the area. This research aimed to assess the physicochemical parameters of the influent and effluent of the wastewater treatment plant in Capachica - Puno 2023, according to DS. 003-2010-MINAM. Three sampling points were identified: M1 for the influent, M2 for the effluent, and M3 for the outfall of the treatment plant. Points M1 and M2 were located in the treatment plant in the town of Capachica, and point M3 in the Toctoro sector, 2 kilometers from the Capachica treatment plant. Sample collection followed water sampling protocols. Once collected, the samples were properly identified and sent to the laboratory for analysis. The results, systematically compared with the Maximum Permissible Limits (MPL) and interpreted, yielded the following effluent results: pH 7.69, Temperature 16.50 °C, Total Solids 310 mg/L, DQO 75.04 mg/L, DBO 31.02 mg/L, Oil and Grease 14.50 mg/L, Turbidity 12.12 NTU, EC 124 μ S/cm, Dissolved Total Solids 62.80 mg/L. With an efficiency of 66.23%, it is concluded that the physicochemical parameters of the influent and effluent of the Capachica treatment plant comply with the MPL, except for the parameters of Oil and Grease with 32.40 mg/L and Total Solids with 775 mg/L in the M2 effluent sample, as well as the M3 outfall sample with 310 mg/L, exceeding these parameters in both samples beyond the MPL established in DS. No. 003-2010-MINAM, and exhibiting a regular efficiency.

Keywords: Wastewater, pollution, effluent, Maximum Permissible Limits, treatment plant.

INTRODUCCIÓN

Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – PTAR eficiente desempeña un papel crucial en la protección del medio ambiente, la salud pública y el desarrollo sostenible del lugar en la que este instalada, el distrito de Capachica está ubicado en la zona lago del departamento de Puno, siendo el desfogue de la PTAR directamente en el Lago Titicaca, además, durante algunas temporadas del año según la siembra de cultivos los pobladores del sector Toctoro (lugar donde se encuentran la red de tubería que lleva el efluente de la PTAR hasta el punto de desfogue) desvían el agua del efluente para el riego de sus cultivos sin saber si es apta o no para dicho fin poniendo en riesgo su salud, también es usado para bebida de los animales. Por lo que, se analizó los parámetros físico-químicos del afluente y efluente comparando los resultados con el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM que aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domésticas o Municipales, analizando los parámetros de: pH, Temperatura, Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Turbidez, Aceites y Grasas, Sólidos Totales, Sólidos Disueltos Totales.

La investigación contiene cuatro capítulos, según el siguiente detalle:

Capítulo I que contiene el planteamiento del problema, antecedentes y objetivos de la investigación.

Capítulo II que contiene el marco teórico, el marco conceptual y la hipótesis de la investigación.

Capítulo III que contiene la metodología de la investigación.

Capítulo IV que consta de la exposición y análisis de resultados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los últimos años han demostrado que el calentamiento global y la contaminación del medio ambiente se han convertido en las principales preocupaciones ambientales a escala mundial. La disponibilidad de agua limpia es uno de los regalos más valiosos de la naturaleza, pero también es uno de los factores ambientales más amenazados. Aunque el agua se puede encontrar en muchos lugares diferentes de la naturaleza, incluidos los océanos, los mares, los ríos, las aguas subterráneas y los manantiales, uno de los problemas más apremiantes que enfrenta el mundo hoy en día es la contaminación generalizada del suministro de agua potable. (Velasco 2017).

Según estudios nacionales de SUNASS (2013), casi el 70% de las aguas residuales no cuentan con ningún tratamiento de agua adecuado; asimismo que de las 143 plantas de tratamiento residual que existen en el Perú, solo el 14% cumplen con la normatividad vigente para vertimiento de PTAR; de acuerdo al plan nacional de saneamiento 2006 - 2015, en su lugar vierten estas aguas residuales directamente a los ríos y al lago Titicaca sin ningún tipo de regulación o respeto por las normas Límites Máximos Permisible (LMP) o ECA (Estándares de Calidad Ambiental).

En la región Puno, existen numerosas pequeñas ciudades que cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) donde vierten a los ríos, lagos y lagunas sin ningún tipo de control, los parámetros según las normas no son tomados en cuenta, se observa notoriamente que dichas descargas de aguas residuales a lo largo de los años

están contaminando el recurso hídrico y más aún con el crecimiento de la población, así mismo los sistemas de tratamiento existente están en estado de deterioro, sin mantenimiento adecuado.

El distrito de Capachica no es una excepción, ya que cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales con sus diferentes procesos este estudio se realizó con el fin de reducir la escorrentía de contaminantes hacia el lago Titicaca, de tal manera se advierte que el mantenimiento insuficiente, la operación ineficiente de la PTAR pueden llevar a inferencias sobre la calidad del agua remanente de las corrientes afluentes y efluentes; así como el uso sin control de la desembocadura final del efluente de PTAR por pobladores del Distrito de Capachica, específicamente del sector Toctoro que es el lugar donde pasan las tuberías para la desembocadura hacia el Lago Titicaca, los agricultores hacen uso de estas aguas desviando el efluente para riego de sus cultivos, constituyendo una posible causa de contaminación de los suelos agrícolas y cuerpos de agua al introducir sustancias nocivas, metales pesados como cadmio, mercurio, plomo, entre otros, provocando problemas de salud en los pobladores

Los hallazgos del estudio ayudarán a los funcionarios a determinar si el método de tratamiento actual, si la tecnología utilizada en la PTAR es la adecuada o no para el procesamiento de aguas residuales, verificando cuánta variación hay entre los flujos entrantes y salientes independientemente de que se sigan o no las normas vigentes, cuáles son los valores de estos parámetros DS de Perú N° 003-2010-MINAM, donde se desarrollan los niveles máximos y si cumplen con los estándares de calidad ambiental adecuados y LMP para las descargas (Carcache 2018).

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Los parámetros físico-químicos del afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica - Puno 2023 cumplirán con lo establecido por el D.S. N° 003-2010-MINAM?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cómo serán los resultados de los parámetros fisicoquímicos del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica – Puno?
- ¿Los parámetros fisicoquímicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica - Puno, cumplirán con los LMP según DS. N° 003-2010-MINAM?
- ¿Cómo será la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica - Puno?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. INTERNACIONAL

Carcache (2018), En su investigación Evaluación de la eficiencia de los parámetros de vertido de la planta de tratamiento de aguas residuales de la urbanización Sierra Dorada, realizada en el año 2018 en la ciudad de Managua – Nicaragua. El propósito de esta investigación fue recopilar datos sobre las corrientes de aguas residuales de la planta utilizando un diseño de muestreo estandarizado. Como consecuencia de la mala costumbre de la planta de no transpirar agua a través de la cámara de transpiración durante el transporte el agua tratada tiene una concentración anormalmente alta de bacterias coliformes, Debido a que este proceso elimina los microorganismos que contaminan el agua, incluidas las bacterias y los organismos coliformes relacionados, ayuda a mantener los suministros de agua más limpios. La remoción eficiente de carga orgánica en base a DBO5 de planta con un valor de 96% se establece de acuerdo con la norma NTON 05-027-05, que especifica eficiencias para este tipo de plantas que van desde 75% a 95%, Sin embargo, el agua de drenaje de la planta supera los límites legales en 12,97 mg/l, según lo establece la NTON 05-027-05, que establece que las aguas residuales urbanas no pueden incluir más de 20 mg/l de DBO5.

Urbina (2018), En su estudio Evaluación de la efectividad de la planta de tratamiento de aguas residuales (ESPE) de la Universidad de las Fuerzas Armadas, realizado en

Sangolquí – Ecuador en el año 2018, para rastrear y establecer parámetros químicos y biológicos de plantas. El método de análisis cuantitativo como gravimétricos, volumétricos, fisicoquímicos. Las herramientas analíticas como turbidímetros, colorímetros, potenciómetros, polarímetros espectrómetros de absorción, espectrómetros de fluorescencia, difracción de rayos X y espectrómetros de radiación nuclear son ejemplos de análisis fisicoquímicos con base en los hallazgos. En el proceso de tratamiento de aguas residuales la actual planta ESPE de la Universidad de las Fuerzas Armadas logra eficiencias de remoción dentro del rango esperado de sistemas de este tipo. Se elaboró un mapa físico, químico y biológico de la PTAR y la alta eficiencia de 88,89% para DBO, 93,13% para DQO, 95.96% para sulfatos 97.94% para fosfatos, Excepto por el conteo general de coliformes se determinó que todos los demás parámetros se encuentran dentro de los estándares máximos permitidos locales.

Barrantes y Cartin (2017), en su investigación, tiene como objetivo garantizar que los desechos domésticos e industriales se eliminen de una manera que no represente una amenaza para la salud humana y tenga un impacto mínimo en el medio ambiente. Dado que el sistema de alcantarillado en Costa Rica solo atiende a un pequeño porcentaje de la población (menos del 25%), muchos hogares, empresas e instituciones públicas y privadas cuentan con su propia infraestructura de tratamiento. Debido a la preocupación de que la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR-SO) de la Sede de Occidente de la Universidad de Costa Rica no cumplía con los estándares establecidos por la ley costarricense, este estudio evaluó el desempeño de la planta. Este trabajo se realizó en San Ramón, Costa Rica. Mientras un periodo de un total de 12 meses, se midió la calidad de los efluentes y se tomaron en cuenta los nueve parámetros universales para aguas residuales de la DBO, DQO, pH, grasas y aceites, sustancias activas (metileno), temperatura, SST y caudal. Se comprobó que la planta de tratamiento de aguas residuales del estudio cumplía con la legislación pertinente según los resultados del laboratorio. Además, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores obtenidos y los de una planta de tratamiento diferente que era más nueva,

mejor mantenida y operada. Por lo tanto, se concluye que el PTAR-SO cumple con los requisitos establecidos por la legislación nacional, por lo que garantiza que no se producirán daños graves a ningún ecosistema ni a la salud humana.

Velasco (2017), en su investigación Evaluación de la eficiencia en la remoción de materia orgánica en una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Manta del año 2017, Se estudió la eficiencia de remoción de materia orgánica de aguas residuales en la ciudad de Manta-Manabí, el afluente que alimenta a las lagunas de oxidación es agua residual doméstica e industrial de la ciudad de Manta. Se evaluó las lagunas anaerobias, facultativas y de maduración. El agua producida se caracterizará para conocer sus condiciones de entrada y salida además de verificar si el efluente cumple con los límites permisibles para descargas, establecidos en la legislación ecuatoriana con los resultados de los parámetros evaluados en cuanto a eficiencia de remoción del proceso total en la etapa final de descarga arrojaron los siguientes resultados: 51,42% Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5), 55,52% Demanda Química de Oxígeno (DQO), 3,96% Sólidos Totales Disueltos (STD), 44,28% Sólidos Suspendidos, -14,92% Nitrógeno (N) y 9,72% Fósforo (P). En el efluente final de descarga tenemos 252 mg/L DQO, 128 mg/L DBO, 179,66 mg/L Nitrógeno Kjeldahl, 2048,66 mg/L Sólidos Totales Disueltos, 2176,44 mg/L Sólidos Totales, de acuerdo a la norma en el TULSMA LIBRO VI ANEXO 1 estos parámetros no cumplen con los límites máximos permisibles de descarga.

1.2.2. NACIONAL

Ledesma (2021), En su investigación de caracterización del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la municipalidad de Palca – Huancavelica, La investigación se realiza en Huancavelica, Perú en el año 2021 El objetivo del estudio es llegar a una comprensión cuantitativa de las concentraciones de ácidos grasos, sólidos de granos, bacterias resistentes al calor de los coliformes que son inmunes a los desinfectantes de amonio cuaternario y sólidos suspendidos totales se encuentran en el rebose de la planta. El estudio se realizó bajo un diseño descriptivo, no experimental; La densidad poblacional se determinó a partir de la información de las tuberías de toma y

sistema de tratamiento de agua en Palca, México, se está descargando (con caudales de 18,72 y 10,08 metros cúbicos por día, respectivamente), Se midieron los siguientes parámetros y se encontraron presentes en las siguientes concentraciones en el efluente de PTAR en la zona de Palca-Huancavelica : triglicéridos (16 mg/L), coliformes termo tolerantes (8565 NMP/100 ml), subproductos de desinfección 5 (670.6 mg/L), subproductos de desinfección 1191 mg/L, pH 7.5 unidades, total suspendido sólidos (TSS) 110 mg/L, y temperatura (21,1 grados Celsius), La comparación de los parámetros de salida de la PTAR del distrito de Palca-Huancavelica con el análisis de LMP del DS 003-2010-MINAM donde los niveles de DBO5 están por encima de 100 mg/L, donde los niveles promediaron 670.6 mg/L, muestra que el sistema tiene fallas. Se determinó que la planta de tratamiento Palca-Huancavelica (PTAR) es eficiente porque remueve 71.88 por ciento de TSM, 5.5 por ciento de DQO, 44 por ciento de CT y 41 por ciento de AyG, siendo la remoción de DBO5 el porcentaje más bajo (3.96 por ciento por ciento) debido a la ineficiencia del proceso de eliminación de BDO5 en la planta.

Aspajo (2018), Evaluación de la efectividad de las plantas de tratamiento de aguas residuales en Moyobamba a la luz de los límites máximos permisibles de aguas residuales para los distritos de Elias Soplín Vargas y Sorior – Perú en el año 2018, Características físicas y químicas de las corrientes residuales de agua tratada en equipos utilizados para el tratamiento de aguas residuales regeneradas deben caracterizarse antes de poder realizar una comparación con el LMP. El análisis comparativo descriptivo mediante métodos contrastivos fue la estrategia de investigación empleada en Soplón Vargas y Soritor son dos municipios de las que cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales por lo que es necesario evaluar su desempeño; Debido a que están dentro del rango permitido por DS los resultados son excelentes. En cuanto al contenido de aceite y grasa la PTAR de Elas Soplín Vargas es de 14,75 mg/l mientras que la de Soritor es de 15 mg/L; y en cuanto a bacterias coliformes resistentes a la temperatura en cuanto a los efluentes tienen 6337,5 NMP/100 ml y 6975 NMP /100 ml, respectivamente.

El valor medio que obtenemos del parámetro DBO es de 57 mmol /L; los valores medios que obtenemos del parámetro DQO son 117 mmol /L y 108,75 mmol /L, respectivamente. Taco (2021), en su investigación se realizaron análisis de las aguas residuales del afluente, efluente, vertimiento y agua del río Huaro (cuerpo receptor) mediante técnicas estándar de análisis de laboratorio para determinar las características y riesgo sanitario de la laguna de oxidación. Con la proposición de la MINSA, OMS, MINAM y DIGESA, se estima los valores donde se compararon con los LMP. De acuerdo al D.S – 015-2015 del MINAM, Se diagnóstico de la operatividad y mantenimiento de la laguna de oxidación es deficiente, Si bien la proximidad a la fuente de agua representa un alto riesgo para la salud, los análisis físicos y químicos de las aguas residuales de la fuente, la planta de tratamiento y el punto de descarga mostraron valores por debajo del LMP para descargas a cuerpos de agua naturales. La exclusión de los parámetros de aceites y grasas que se reporta con un 25 mg/L sobrepasando el LMP que es de 20mg/L. En cuanto al análisis bacteriológico los valores son de NMP/ 100ml de coliformes termotolerantes del afluente y efluente donde superan los LMP, ya que siendo no aptas para los vertidos a los cuerpos de agua natural de igual forma no pueden ser utilizables para el riego de vegetales. Según el análisis físico-químico y bacteriano de las aguas superiores del río Huaro, los valores se encuentran por debajo de la LMP y deben ser considerados APTA para riego. No obstante, a partir de la línea de agua inclinada, a pesar de que los valores de los parámetros físicos y químicos están por debajo de LMP, los valores de coliformes termotolerantes es de 4.5×10^6 NMP/100ml llamado vertimiento y 5.4×10^4 NMP/100ml notándose en el río Huaro, donde superan los LMP.

Diaz (2021), en su investigación tiene como objetivo evaluar la efectividad de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Lajas en la remoción de materia orgánica. Entre noviembre de 2020 y febrero de 2021 se recolectaron ocho muestras simples en puntos afluentes (A) y efluentes (E); se analizaron DQO, DBO5 y SST. Donde se obtuvieron los siguientes resultados de DBO con 67.9 mgO₂/L en el punto A 5,6 mgO₂/L, en el punto E; para la DQO con 131.8 mgO₂/L, punto A 12.3 mgO₂/L, en el

punto E; los SST se registraron 10,65 y 41.0 mgO₂/L en los puntos A y E, Donde los resultados nos indican que cumple con los LMP en cuanto a la descarga final del efluente de la PTAR municipal y doméstica según el DS. N° 003-2010 – MINAM. En conclusión, la PTAR de la ciudad de Lajas remueve un total de 91.83 % de DBO₅, DQO de 90.72% y un total de 73.79 % de SST, con una determinación de análisis de una alta eficiencia de remoción de materia orgánica.

1.2.3. REGIONAL Y LOCAL

Cadena (2017), En su investigación Evaluación de las Operaciones de Tratamiento Físico Químico de Aguas Residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Chucuito, en la ciudad de Puno – Perú en el año 2021 con El objetivo principal es comparar los parámetros LMP y evaluar la concentración del efluente, Las estimaciones de población total se basan en un área de 3.123,13 metros cuadrados (o 266,76 pies cuadrados). En el distrito de Chucuito Puno se ha demostrado que el PTAR es ineficaz en el saneamiento de aguas residuales en cuanto a medidas de eficiencia por debajo del 8%. En el peor de los casos, cuando el agua tratada se mezcla con agua de lluvia, los valores de eficiencia se vuelven negativos, cayendo hasta -19,69 % para STS y hasta -17,89% para DQO; el valor de pH , por otro lado , sigue siendo positivo, oscilando entre un mínimo de 1,75% y un máximo de 7,99 % (manera equivalente a valores inferiores de 7,99 % a un máximo de 1,75 %), En ambos sitios de muestreo a lo largo de la planta en el distrito de Chucuito, Puno se encontró que las concentraciones de DBO, DQO, pH y STS eran relativamente altas, con poca o ninguna diferencia entre las dos corrientes valores de 695 mg/l para DBO, 1.420 mg/l para DQO y 41 mg/l para STS están todos por encima de bajo el DS N° 003-2010-MINAM se establecieron Límites Máximos Permitidos. Con una media de 7,26 y una ligera inclinación alcalina el pH es el único parámetro medible que se encuentra dentro del rango aceptable.

Aro (2021), su investigación Evaluación técnica para la recuperación de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Cuturapi, provincia de Yunguyo – Puno en el año 2021, con la metodología aplicada se basa en la evaluación técnica

operacional del sistema en todo los niveles de tratamiento, realizando las condiciones de operatividad, evaluación de la eficiencia de remoción de contaminantes y análisis de datos para determinar las alternativas de solución para la recuperación de la infraestructura. Como resultado se determina que la infraestructura presenta condiciones poco favorables para recuperar en su totalidad, siendo las más favorables las lagunas de estabilización, las características de las aguas residuales son de tipo doméstico y favorece el tratamiento mediante procesos biológicos. En la evaluación técnica operacional se determina que la Carga Superficial Aplicada CSA (128.46 KgDBO/Ha*d) es superado por la Carga Superficial Máxima CSM (131.87 KgDBO/Ha*d) con una diferencia mínima, esto indica que la laguna aún funciona en condiciones facultativas; sin embargo, para escenarios futuros tiene tendencia a operar con sobrecarga orgánica e hidráulica. Así mismo se determina bajas eficiencias de remoción de contaminantes, en términos de DBO es 71.62%, en DQO es 58.20%, en SST es 40.19%, aceites y grasas es 45.29%, en Coliformes fecales es 68.59%, y en Coliformes termotolerantes es de 62.82%. En el vertimiento de las aguas residuales la PTAR cumple con los parámetros de LMP y no cumple con los ECA – Agua, por lo tanto, genera impactos negativos, alterando la calidad del agua en el cuerpo receptor. Se concluye que el tratamiento de aguas residuales en la PTAR Cuturapi es insuficiente, requiere tratamientos adicionales para lo cual es necesario el rediseño de la infraestructura en todos los niveles de tratamiento, planteando diversas alternativas en la configuración del sistema de tratamiento se ha seleccionado la alternativa adecuada compuesta por: tratamiento preliminar, tratamiento primario con sistema anaerobio Tanque Imhoff y en el tratamiento secundario por dos lagunas facultativas y laguna de maduración con cuatro mamparas. Los resultados del rediseño garantizan las eficiencias de remoción requerida para cumplir los parámetros de las normas LMP y ECA-Agua.

1.3. OBJETIVOS DE ESTUDIO

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar los parámetros físico-químicos del afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica - Puno 2023. de acuerdo al DS. N° 003-2010-MINAM.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los parámetros fisicoquímicos del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica – Puno.
- Comparar los resultados de los parámetros fisicoquímicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica – Puno, con los LMP. establecido por el DS. N° 003-2010-MINAM.
- Determinar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica - Puno.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1.1. AGUA

Se conoce como una sustancia química compuesta de 2 átomos de Hidrógeno y 1 de oxígeno, presentándose en cualquiera de los tres estados: líquido, gaseoso y sólido, que en la naturaleza sigue un ciclo hidrológico (Ramírez, 2021).

2.1.2. AGUAS RESIDUALES

Cada esfuerzo humano produce una cierta cantidad de agua de escorrentía que altera las características de las fuentes de agua, por lo tanto, las contamina. Es un hecho que la liberación de aguas residuales contaminadas en el medio ambiente puede tener efectos devastadores en los ecosistemas acuáticos, así como en la vida vegetal y animal de los ecosistemas circundantes (Auccatinco, 2021).

No obstante, los peligros para la salud pública causados por el despilfarro de agua sobrante son reales, es por ello que estas aguas deben ser tratadas antes de ser vertidas a su medio natural (Burga y Tantalean, 2020).

2.1.3. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua se puede caracterizar mediante una serie de concentraciones, especificaciones y características físicas que abarcan sustancias orgánicas e inorgánicas. Asimismo, se considera la composición y el estado de la biota acuática en el cuerpo de agua en cuestión.

La disponibilidad y la calidad del agua son aspectos cruciales para la sostenibilidad ambiental y el bienestar humano. Es imperativo llevar a cabo una gestión responsable del

agua con el fin de asegurar el acceso a la población y preservar la salud de los ecosistemas acuáticos, la población y mantener la salud de los ecosistemas acuáticos (Ramírez, 2021).

2.1.4. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Se observa la clasificación de las aguas residuales en función a los siguientes:

Aguas residuales domésticas: Los flujos de desechos residenciales y comerciales contienen una variedad de productos de desechos físicos resultantes de la actividad humana y por lo tanto requieren una eliminación adecuada. Los humanos usan estas aguas para cosas como cocinar y bañarse porque son un subproducto de los procesos fisiológicos del cuerpo humano (Urbina, 2018).

Aguas residuales municipales: Estas aguas residuales domésticas pueden haberse mezclado con escorrentía de aguas pluviales o aguas residuales industriales antes de ingresar a las instalaciones de tratamiento combinado que ya han sido depuradas. Las mezclas en cuanto al agua de lluvia con aguas subterráneas o aguas residuales industriales que ya han sido tratadas pueden salir por el mismo sistema de drenaje (Díaz, 2021).

Aguas residuales industriales: Estos son los subproductos de un proceso productivo esto incluye los productos de la minería, agricultura, producción de energía y el procesamiento de alimentos entre otras industrias. Incluyen aguas residuales de minería y procesamiento de metales, así como agua de represas hidroeléctricas, escorrentía agrícola y aguas residuales industriales (Velasco, 2017).

2.1.5. CONTAMINACIÓN POR AGUAS RESIDUALES

La gestión de aguas residuales es crucial para la reutilización del agua, la prevención de la contaminación ambiental y la salud pública, especialmente en relación con sus impactos en la agricultura, ya que la población suele usar estas aguas para el riego de sus hortalizas y cosechas. Las áreas con suministro de agua insuficiente suelen enfrentar enfermedades como el cólera, la hepatitis, la disentería y la gastroenterocolitis. Por lo tanto, el tratamiento de aguas residuales implica la formulación de políticas de

saneamiento ambiental, especialmente en entornos urbanos, donde las aguas residuales de origen doméstico, industrial y agrícola residual requieren plantas de tratamiento debido a la alta concentración poblacional (Díaz Meza, 2018).

2.1.6. EFICIENCIA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

La eficiencia de una PTAR alude a que una instalación de tratamiento de aguas residuales funciona al máximo rendimiento, con niveles adecuados de operación y mantenimiento. El líquido tratado cumplirá con condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas de calidad establecidos en los LMP y ECAS, convirtiendo el agua en una sustancia apta para ser reutilizada sin representar riesgos para la salud ni contaminar el entorno donde se vierte el líquido (Vintimilla Herbas, 2022).

Según (Alva Mendoza, 2021) la ecuación de la eficiencia para evaluar los parámetros es con la siguiente ecuación:

$$\%E = \frac{(S_o - S_f)}{S_o} * 100$$

En donde:

E : Eficiencia y se representa en %

So : Valor registrado en el afluente de la PTAR

Sf : Valor registrado en el efluente de la PTAR

2.1.7. LAGO TITICACA

El lago Titicaca está situado en la meseta del Collao, entre Perú y Bolivia, a una altitud de 3830 m.s.n.m., el Lago Titicaca es considerado el lago más extenso de Sudamérica. Además, de ser el más alto y navegable del mundo con una superficie de 8 mil 300 km², un ancho promedio de 50 km y una profundidad de aproximadamente 300 metros, el Titicaca ofrece aguas con temperaturas que oscilan entre los 10 y 12 grados centígrados, lo que posibilita actividades la pesca y crianza de truchas, pejerreyes y otras especies. Este lago alberga una variada fauna, incluyendo patos, flamencos, gaviotas, entre otras aves, mientras que en su flora destaca la totora, utilizada como material de construcción

para casas como las que forman las islas de los Urus y canoas como los caballitos de totora (Huamán Salhuana, 2019).

2.1.8. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

La medición de la concentración o nivel de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos en una emisión es lo que se conoce como límite máximo permisible. Cuando este límite se supera, puede provocar daños a la salud, al bienestar humano y al medio ambiente. El cumplimiento de estos límites es obligatorio según la normativa legal establecida por el MINAM y los organismos que integran el Sistema de Gestión Ambiental. (*DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM «Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales»*, 2010)

2.1.9. OPERACIÓN DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Cuando se habla de la operatividad de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), no solo implica abordar el tratamiento de las aguas residuales para cumplir con las regulaciones y normativas establecidas de un país, para permitir su descarga en el medio ambiente o su reutilización. Además, se debe abordar la operación de las PTAR como un tema que incorpore una perspectiva integral que incluya los desafíos sociales y ambientales asociados, siendo el objetivo identificar y sugerir soluciones potenciales a estos problemas (Rojas-Remis & Mendoza-Espinosa, 2015).

La operación de las PTAR conlleva la responsabilidad de enfrentar problemas sociales, como el impacto en las comunidades locales en las cuales están instaladas estas infraestructuras y en las comunidades donde se lleva a cabo la desembocadura final del efluente. Asimismo, se deben abordar los problemas ambientales, como la preservación de los ecosistemas acuáticos circundantes y la minimización del impacto ambiental, logrando un entorno más saludable.

2.1.10. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Se centra en recuperar y llevar las aguas residuales a los estándares de calidad para que puedan reutilizarse para fines como la descarga de inodoros y el riego de jardines. Se

muestra el diagrama de flujo del tratamiento de agua donde se denotan los diversos procesos tanto físicos, químicos, y biológicos donde intervienen desde la purificación a fin (agua residual) los componentes químicos utilizados y la salida (agua tratada, subproductos gaseosos de descomposición de asunto) este esquema típicamente representa una PTAR (Llive y Albuja, 2012).

La mayoría de los subproductos del proceso de tratamiento incluyen suelo, gas tratado y agua tratada. Los procesos biológicos garantizan que la materia orgánica se hunda en el fondo de las trampas de sedimentos mientras que las grasas y otras sustancias flotan hacia la superficie debido a las diferencias de densidad y luego se eliminan para su posterior procesamiento (Diaz, 2021).

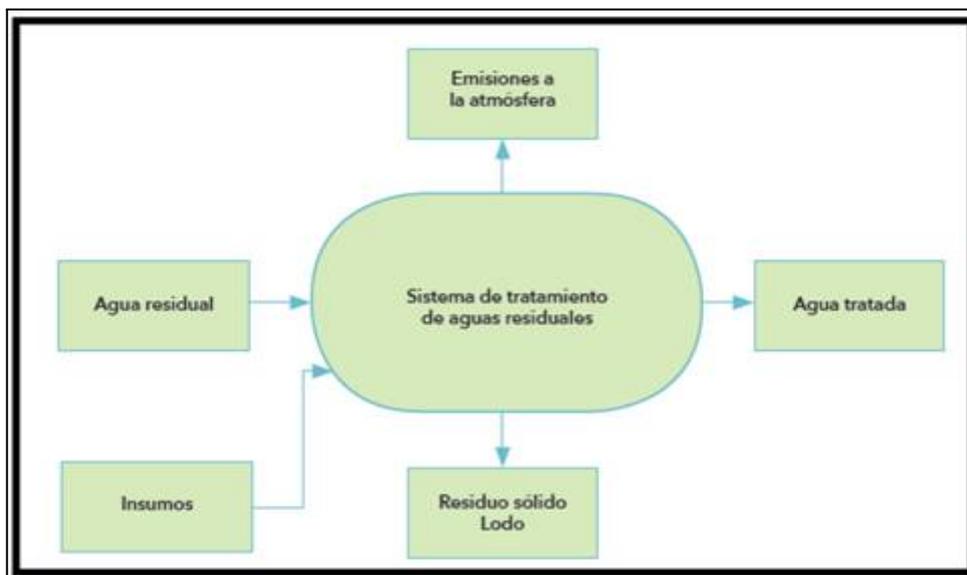


Figura 01. Esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales

Esto no se hace comúnmente en los Estados Unidos reutilizar las aguas residuales tratadas con fines agrícolas, paisajismo o infiltrar suelos repelentes al agua. Las plantas de tratamiento existentes tienen un impacto ambiental significativo debido a su dependencia de tecnologías contaminantes y los altos costos asociados con su operación, incluidos los de electricidad, productos químicos y eliminación de desechos (Taco, 2021).

La escasez de agua, es uno de los problemas que surgen tanto del uso inadecuado del agua como de la contaminación del agua, una amenaza importante y creciente para el progreso social y económico; en este entorno, es necesario impulsar pasos importantes hacia la restauración y el mantenimiento de ecosistemas degradados. Defensa de los recursos de la naturaleza; preservando las fuentes de energía renovables más vitales para la salud humana y el crecimiento económico es el agua, por lo que es crucial comprender qué está causando la degradación ambiental y descubrir cómo solucionarlo (Velasco, 2017).

Según Carcache Téllez et al., (2018), Para eliminar materia orgánica, nutrientes, patógenos, subproductos industriales de las plantas de tratamiento de agua residual son comunes y se utilizan cuatro procesos secuenciales:

- Tratamiento preliminar: tratándose de la eliminación de materiales flotantes, arena y sustancias oleosas.
- Tratamiento primario: tratándose de la eliminación de sólidos orgánicos suspendidos.
- Tratamiento secundario: tratándose de la eliminación de materia orgánica disuelta y coloidal.
- Tratamiento terciario: tratándose de la purificación adicional para lograr ciertos criterios de calidad de agua.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Afluente: se refiere al agua que ingresa al sistema de tratamiento antes de pasar por cualquier proceso de tratamiento (Ancalle Espeza & Ledesma Giraldez, 2020), generalmente contiene una variedad de contaminantes, incluyendo sólidos suspendidos, materia orgánica, nutrientes, patógenos y otros contaminantes que deben ser eliminados o reducidos para que el agua tratada cumpla con los límites máximos permisibles y los estándares de calidad ambiental antes de ser liberada al medio ambiente o reutilizada. El afluente es el punto de partida del proceso de tratamiento de aguas residuales, y su

calidad puede variar dependiendo de la fuente y la naturaleza de la descarga de aguas residuales.

Aceites y grasas: Los problemas surgen cuando los hidrocarburos y los aceites están presentes en el agua debido a sus propiedades tensoactivas que impiden la retención de oxígeno y en su lugar provocan la formación de una película de partículas biológicas que impiden la respiración de los organismos presentes en el agua (Barrantes y Cartin, 2017)

Color: El color de las aguas de escorrentía urbana está determinado cualitativamente por partículas en suspensión, material coloidal y elementos disueltos. Cuando se han establecido las condiciones anaeróbicas la materia orgánica ha sido descompuesta por las bacterias y ha adquirido un tono gris o negro (Vega, 2012).

Dureza: se refiere a no dejar que los desinfectantes formen espuma en el lugar ya que se establece en la presencia de los iones de magnesio y calcio.

Demanda de oxígeno: Se describen las cantidades de MO donde producen un vertimiento continuo.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): Determina la concentración de oxígeno O₂ a la que comienza la descomposición microbiana de la MO.

Demanda química de oxígeno (DQO): En el distrito de Chucuito Puno se ha demostrado que el PTAR es ineficaz en el saneamiento de aguas residuales en cuanto a medidas de eficiencia.

Efluente: El efluente de una planta de tratamiento de aguas residuales es el agua tratada que sale de la PTAR después de haber pasado por todos los procesos de tratamiento (Ancalle Espeza & Ledesma Giraldez, 2020), siendo el resultado final del proceso de tratamiento de aguas residuales y debe cumplir con los estándares de calidad ambiental establecidos antes de ser descargado en cuerpos de agua receptores o utilizado para otros fines, como riego.

El efluente debe cumplir con los estándares ambientales para garantizar que no cause impactos negativos en el medio ambiente o represente riesgos para la salud humana.

Asimismo, el efluente puede variar según la tecnología utilizada en la planta de tratamiento y la naturaleza de los contaminantes presentes en el afluente inicial.

Intensidad de acidez o alcalinidad: Se puede tratar con energía potencial de hidrógeno.

Olor: La alteración de la MO en las aguas residuales provoca la liberación de gases. Esto se debe en gran medida a la presencia de sustancias volátiles como ácido sulfúrico, indol, escatoles, mercaptanos y otras, que se crean durante la alteración anaeróbica en cuanto a la materia orgánica. Las aguas frescas sobrantes no deben tener olores fuertes o desagradables. El olor empeora con el tiempo debido a la descomposición de compuestos sulfúricos y amoniacales producidos anaeróbicamente (Espinoza, 2022).

Sólidos totales: Los sólidos residuales totales del agua se originan en el suministro de agua, contaminación del agua por el uso industrial y doméstico, así como por la filtración de aguas subterráneas a través de estanques y acuíferos, como se mencionó antes. El término disolventes domésticos se refiere a los productos de desecho de varios electrodomésticos como refrigeradores, lavavajillas, lavadoras, compactadores de basura y rociadores de agua (Pinazo Tito, 2022).

Temperatura: Este parámetro juega un papel importante ya que afecta la vida acuática y desencadena reacciones químicas. Agregar agua caliente de hogares y fábricas significa que las temperaturas del agua superficial a menudo exceden las alturas de las tuberías de suministro de agua, las temperaturas residuales suelen ser más altas que las del aire circundante y sólo más bajas durante los meses más calurosos del año. Las temperaturas medias anuales de las aguas superficiales oscilan entre los 10 y los 21 grados centígrados, con unos 15 grados centígrados que sirven como un buen término medio (Rojas, 2018).

Turbidez: Debido a la presencia de elementos coloidales, el agua adquiere un tono grisáceo que es poco atractivo y potencialmente dañino.

Parámetros Biológicos

Microorganismos: Uno de los aspectos más criticados del agua residual es su biodegradabilidad en ella deberíamos esperar encontrar un gran número de

microorganismos de varios tipos de microorganismos incluyendo virus, bacterias, protozoos, algas, hongos e incluso algunos tipos de metazoos (Chuquilin, 2017).

2.3. MARCO NORMATIVO

2.3.1. LEY GENERAL DEL AMBIENTE - LEY N° 28611

Esta ley establece lineamientos para garantizar el derecho de un entorno saludable, equilibrado y propicio, así como promover la gestión ambiental efectiva y la protección de la naturaleza con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y alcanzar un desarrollo sostenible del país (Ley General del Ambiente, 2005).

2.3.2. LEY DE RECURSOS HÍDRICOS - LEY N° 29338

Esta Ley tiene como objetivo establecer los lineamientos para la gestión y uso sostenible de los recursos hídricos en el país, abarcando la gestión integral de recursos hídricos, derechos de uso de agua, protección de fuentes de agua y de la calidad de agua; así como la participación ciudadana en la gestión y toma de decisiones relacionadas con los recursos hídricos (Ley de Recursos Hídricos, 2009).

2.3.3. DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM - APRUEBA LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES DOMÉSTICAS O MUNICIPALES.

Decreto que define las concentraciones máximas de diferentes contaminantes que pueden estar presentes en el agua ya tratada antes de ser vertida al medio ambiente, con el objetivo de proteger la calidad de los cuerpos de agua, del suelo y del entorno natural; controlando la contaminación y garantizando que los vertidos cumplan con los estándares ambientales adecuados (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM,2010).

Tabla 01: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPO DE AGUA
Aceites y Grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100MI	10000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	Unidad	6.5 – 8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

FUENTE: Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM

2.3.4. LEY GENERAL DE SALUD - LEY N° 26842

Esta ley define el acceso al agua como un derecho fundamental de todas las personas garantizando que las fuentes de agua sean seguras y saludables; también establece medidas para prevenir la contaminación del agua y proteger la salud de la población, regulando el acceso al agua potable, así como la gestión adecuada de las aguas residuales (Ley General de Salud - Ley N° 26842,2002).

2.3.5. REGLAMENTO DE LA LEY DE LOS RECURSOS HÍDRICOS LEY N° 29338 - DECRETO SUPREMO N° 001-2010-AG

Esta normativa regula la gestión, protección y uso sostenible de los recursos hídricos, así como promover la calidad del agua, la preservación de los ecosistemas acuáticos y define los mecanismos para la planificación y gestión de los recursos hídricos (Decreto Supremo N° 001-2010-AG, 2010).

2.3.6. Política Nacional del Ambiente al 2030 - Decreto Supremo N°23-2021-MINAM

Esta política establece medidas para proteger y mejorar la calidad del agua, así como el control de las descargar o vertidos de aguas residuales, la promoción de prácticas de gestión ambiental con el fin de prevenir la contaminación de los cuerpos de agua; y para garantizar la disponibilidad de agua segura (Política Nacional del Ambiente al 2030, 2021).

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

HIPÓTESIS GENERAL

Los parámetros físico-químicos del afluente son altos y del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica - Puno 2023 no cumplen con lo establecido por el DS. N° 003-2010-MINAM.

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Los resultados de los parámetros fisicoquímicos del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica – Puno, son altos.
- Los parámetros fisicoquímicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica – Puno, no cumplen con LMP según DS. N° 003-2010-MINAM.
- La planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica - Puno es ineficiente

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La investigación se desarrolló en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Capachica, provincia de Puno, departamento de Puno, esta PTAR atiende a una población de 7540 habitantes según el censo llevado el año 2017 (Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas - INEI); el efluente de la PTAR desemboca mediante una tubería al Lago Titicaca, en la desembocadura final se pudo observar que pocos metros alrededor el terreno es usado para la actividad agrícola y ganadera por los habitantes del sector Toctoro del distrito de Capachica..

Delimitación de la zona de estudio

Norte: Distrito de Pusi

Este: Lago Titicaca

Sur: Lago Titicaca

Oeste: Distrito de Huata y Coata

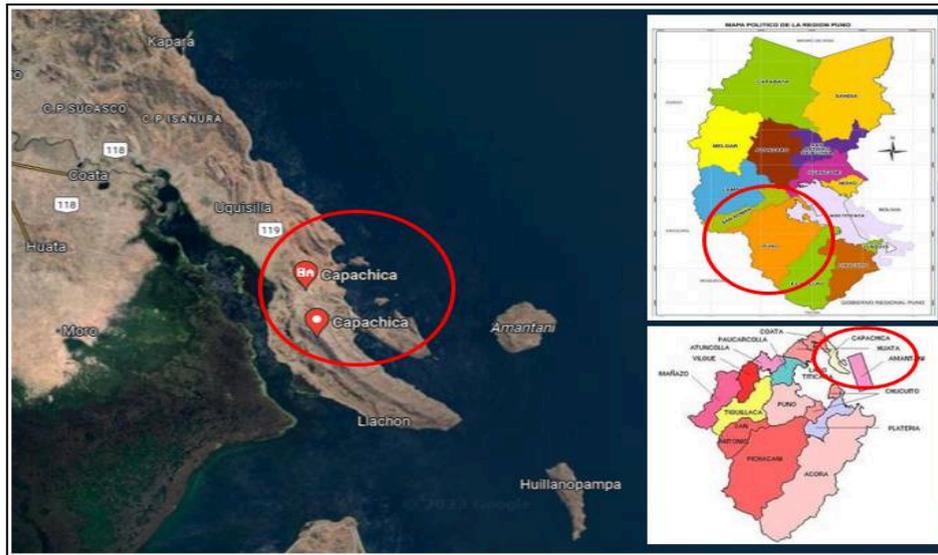


Figura 02: Delimitación del área de estudio del distrito de Capachica.

La planta de tratamiento de aguas residuales se ubica a 583.56 metros de la plaza de armas del distrito de Capachica, la tubería del efluente que pasa por el Sector Toctoro se encuentra a 3,67 km de la plaza de Capachica.

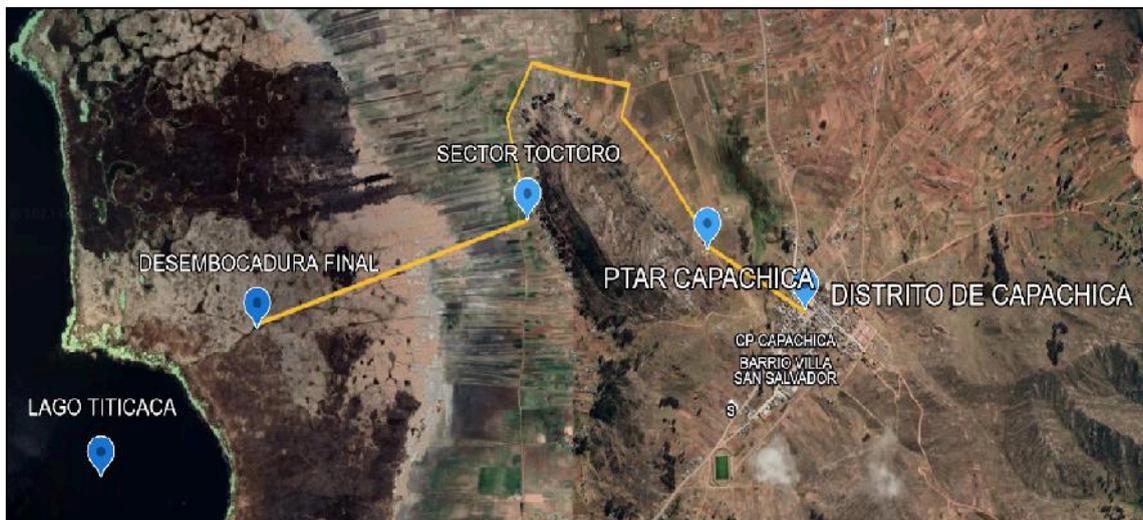


Figura 03: Ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – Capachica.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población corresponde a las aguas servidas que ingresan en la PTAR y las aguas que salen producto de la PTAR del Distrito de Capachica de la Provincia de Puno.

3.2.2. MUESTRA

La selección de puntos de muestreo en la PTAR Capachica (afluente y efluente), se determinará utilizando el sistema de posicionamiento satelital (GPS), mediante coordenadas UTM y en el sistema de coordenadas WGS84, identificando dos puntos de muestreo en la PTAR, siendo el primero el punto de ingreso y el segundo punto el de descarga; y el tercer punto de muestreo en la desembocadura final ubicado en el Sector Tuctoro del Distrito de Capachica y teniendo como recorrido final el Lago Titicaca.



Figura 04: Ubicación de Puntos de Muestreo M1 y M2

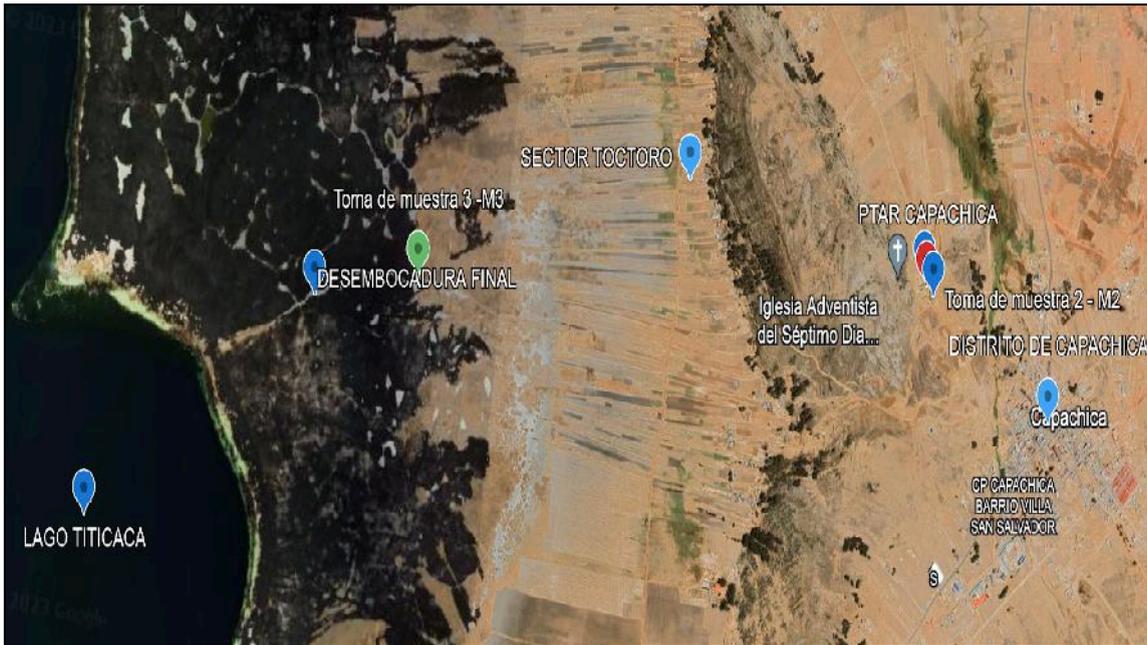


Figura 05: Ubicación de Punto de Muestreo M3

Tabla 02: Ubicación de los puntos de muestreo en la PTAR

Puntos de Muestreo	Coordenadas UTM		
	Latitud	Longitud	Altitud
M1	-15,6397618	-69,8353257	3855,64
M2	-15,6393472	-69,8357039	3852,59
M3	-15,6418751	-69,8541457	3.817,65

3.3. METODOS Y TECNICAS

Los parámetros a medir serán físicos y químicos, según el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM - Aprueba límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales, para la toma de muestras se consideró el protocolo establecido por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) para luego ser analizadas en el Laboratorio de Control de Calidad de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano ubicado en la ciudad de Puno

Toma de muestras en la PTAR Capachica

Las tomas de muestras fueron el día 29 de octubre del presente año durante la mañana a horas 7:30 am considerando que este horario es en el que la planta tendrá mayor

cantidad de desfogue de aguas residuales al punto de ingreso de la PTAR, estando en su máxima capacidad operativa; para el muestreo de los dos puntos (M1, M2 y M3) se utilizaron los siguientes materiales:

- Recipientes de vidrio con capacidad de un litro, tipo botella (2 unidades, uno para la muestra del afluente y otro para el efluente).
- Recipientes de boca con capacidad de un litro para el análisis de aceites y grasas, tipo tarro (3 unidades, uno para la muestra del afluente, otro para el efluente y el tercero para la desembocadura de la PTAR).
- Una caja de tecnopor con capacidad para 4 envases de vidrio de un 1 litro c/u.
- Hielo para la conservación de muestras.
- Etiquetas para los frascos.
- Mascarilla y guantes.
- Cámara fotográfica.
- Equipo GPS.
- Registros de campo.
- Formato de cadena de custodia.

Tabla 03: Horario de toma de muestras.

Puntos de Muestreo	Coordenadas UTM			Hora de Muestreo
	Latitud	Longitud	Altitud	
M1	-15,6397618	-69,8353257	3855,64	7:30 a. m.
M2	-15,6393472	-69,8357039	3852,59	7: 50 a.m.
M3	-15,6418751	-69,8541457	3.817,65	8:20 a.m.

Muestreo en el Punto M1 (Efluente), M2 (Afluente) y M3 (Desembocadura)

Durante la visita a la PTAR primeramente se tomaron los puntos GPS del afluente, efluente y la desembocadura de la PTAR, luego en los puntos de muestreo procedí a recolectar las muestras en los frascos de vidrio de un litro de capacidad, previo enjuague con las aguas residuales de los envases; una vez llenado los envases de vidrio proseguí a etiquetar las muestras y asegurarlos para que durante el viaje no haya derrames ni fugas, finalmente los envases de vidrio se colocaron dentro de la caja de tecnopor con hielo para conservar la temperatura. Además, la información levantada en el campo se registró en la cadena de custodia, durante toda la toma de muestras se tuvo la compañía del responsable de la PTAR Capachica el señor Cesar Pancca Umiña.

Para el análisis de laboratorio se llevó la caja de tecnopor con las muestras de las aguas residuales, del distrito de Capachica hacia el laboratorio de control de calidad de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano ubicada en la ciudad de Puno, el viaje para trasladar las muestras duró aproximadamente 50 minutos.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 04: Operacionalización de variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente: Parámetros Físicos - Químicos del afluente y efluente	Parámetros Físicos	pH
		Temperatura
		Turbidez
	Parámetros Químicos	Demanda química de oxígeno
		Demanda bioquímica de oxígeno
		Aceites y grasas
		Sólidos totales
		Sólidos disueltos totales
		Es eficiente
		No es eficiente
Variable Dependiente: Planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica	Funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo descriptivo-analítico

Diseño de investigación:

La presente investigación es no experimental, analiza y describe los parámetros físico-químicos del afluente, efluente de la PTAR y de la desembocadura de la PTAR.

Método de investigación:

El método de investigación a aplicarse es deductivo cuantitativo.

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE RESULTADOS

4.1. EXPOSICION Y ANALISIS DE RESULTADOS

4.1.1. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL AFLUENTE

Los resultados para la muestra M1 – Afluente de la PTAR Capachica según el certificado de análisis del Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano son los siguientes:

Tabla 05: Resultados para el afluente

PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS	UNIDAD	AFLUENTE RESULTADOS	MÉTODO ANALÍTICO
Potencial de Hidrógeno	Ph	7.57	Electrométrico
Temperatura	°C	16.50	Termómetro
Sólidos Totales	mg/L	1695.00	Gravimétrico
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	220.58	Digestión Cerrada
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	17.06	Método Respiro métrico
Aceite y Grasas	mg/L	35.00	Soxhlet
Turbiedad	NTU	262.00	Electrométrico
Conductividad Eléctrica	μS/cm	702.00	Electrométrico

Sólidos Totales mg/L 702.00 Electrométrico
Disueltos

Estos resultados sirvieron para poder comparar la eficiencia de la PTAR Capachica siendo el punto de partida el análisis e interpretación de resultados.

4.1.2. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS EFLUENTE Y DESEMBOCADURA

Parámetros Físicos

a) Potencial de hidrógeno

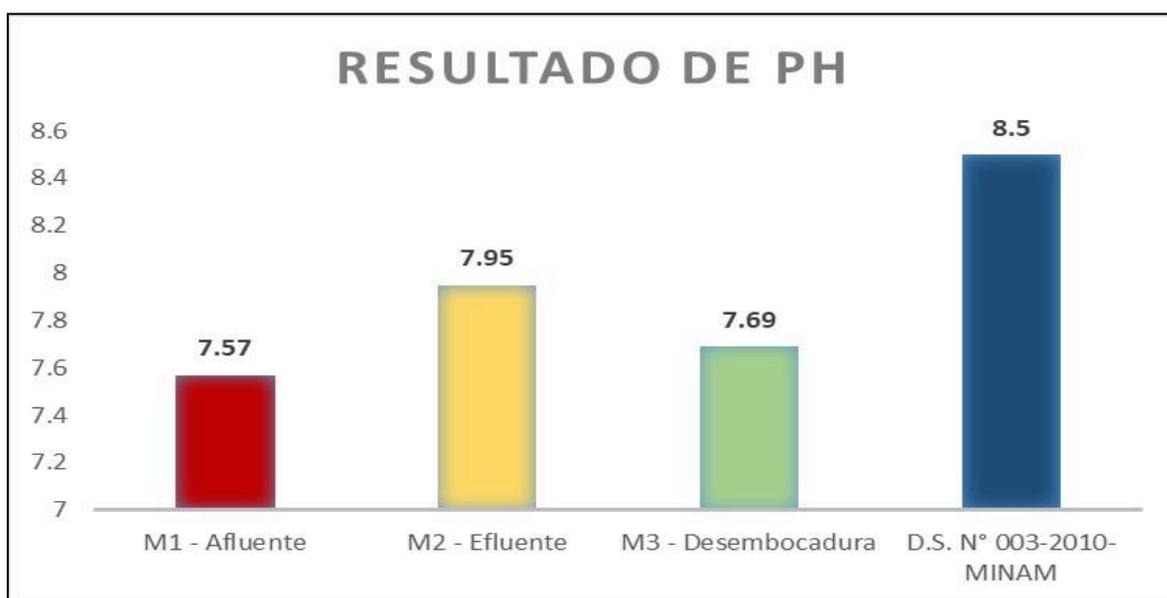


Figura 06: Resultados de los análisis de laboratorio del pH.

En la figura 06 se muestra los resultados obtenidos con respecto al pH, para el afluente muestra M1 nos dio un valor de 7.57, para el efluente muestra M2 el resultado del laboratorio fue de 7.95 y finalmente para la muestra M3 de la desembocadura de la PTAR Capachica se tiene un resultado de 7.69 estos tres resultados están dentro del rango de neutralidad de la escala de ph, además, se encuentran dentro del LMP aceptable para el parámetro del ph que debe estar entre 6.5 y 8.5, del D.S. N° 003-2010-MINAM - Límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales.

El resultado de pH de la muestra M3 de 7.69 varía por 0.19 décimas al resultado de 7.5 unidades de Ph que Ledesma (2021) reporta en su investigación, asimismo, Barrantes y

Cartin (2017), no encontraron variaciones significativas al medir el pH encontrándose dentro de la legislación, con el cual se coincide con los análisis, no se encuentra cambios significativos y está dentro del margen de un pH adecuado.

b) Temperatura

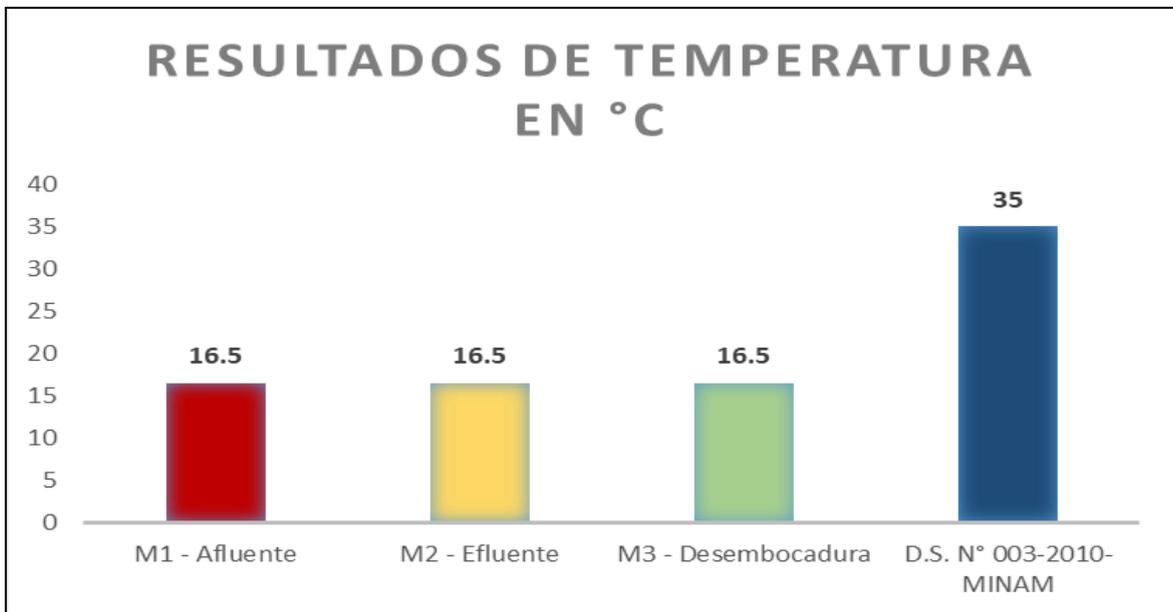


Figura 07: Resultados de los análisis de laboratorio de la Temperatura.

En la figura 07 se muestra los resultados de temperatura según certificados de análisis de laboratorio siendo para el afluente un valor de 16.50 °C, para el efluente un valor de 16.50 °C y la última muestra M3 desembocadura con un valor igual a 16.50 °C. Dichos valores se encuentran dentro del rango aceptable para el parámetro de temperatura del D.S. N° 003-2010-MINAM - Límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales. Para Ledesma (2021) el resultado para la temperatura es de 21 °C en la PTAR del Distrito de Palca - Huancavelica, siendo mayor que la PTAR de Capachica, tiene una temperatura ligeramente más alta que la del Distrito de Capachica, la variación de temperatura se da por la ubicación geográfica considerando a Huancavelica como sierra centra presentando un clima más calido que el Distrito de Capachica.

c)

d) Turbiedad

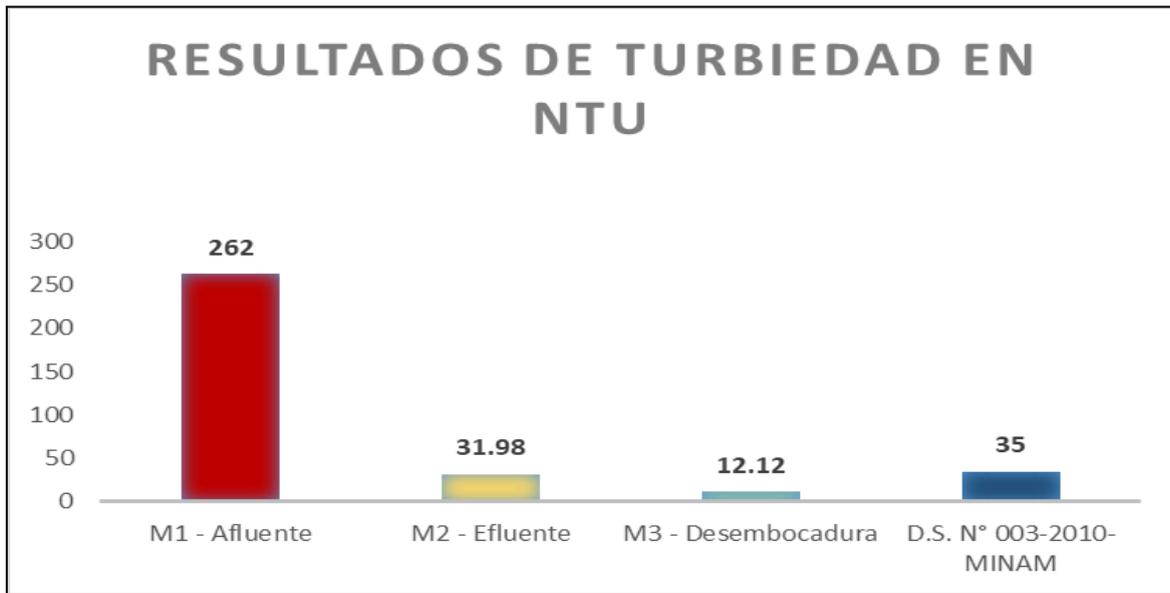


Figura 08: Resultados de los análisis de laboratorio de la Turbiedad.

En la figura 08 se muestra los resultados del parámetro de la Turbiedad para las tres muestras, para el afluente M1 se tiene un resultado de 262 NTU, para el efluente muestra M2 se tiene un valor de 31.98 y para la última muestra M3 desembocadura se tiene 12.12 NTU.

Parámetros Químicos

a) Demanda Química de Oxígeno

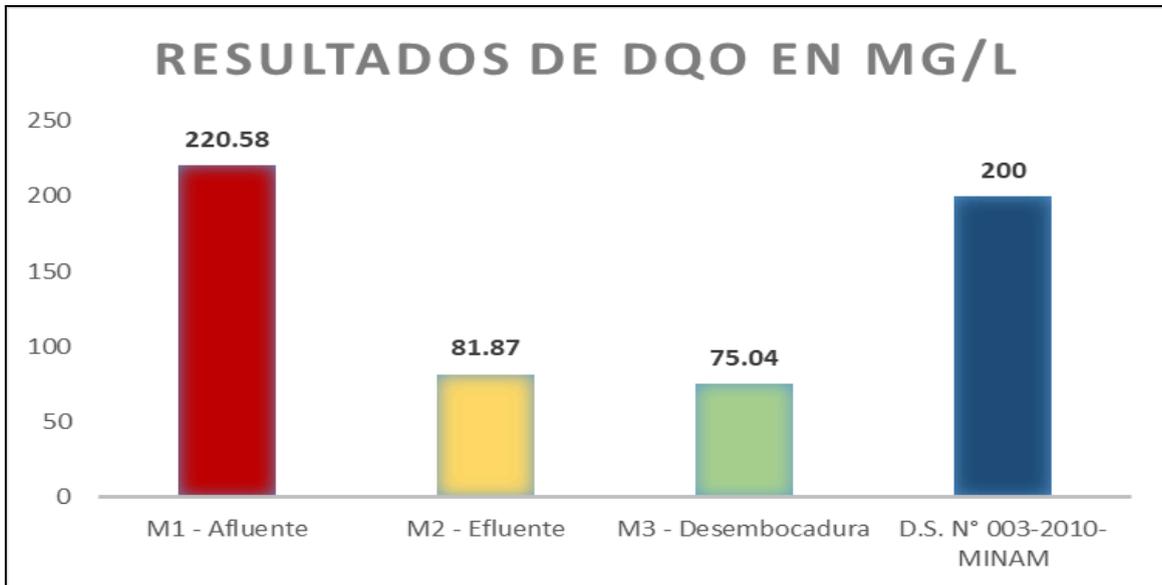


Figura 09: Resultados de los análisis de laboratorio del DQO

En la figura 09 se muestran los resultados del análisis de la Demanda Química de Oxígeno, en la muestra M1 correspondiente al afluente de la PTAR Capachica se tiene un resultado de 220.58 mg/L, para el caso del efluente muestra M2 se obtuvo un resultado de 81.87 mg/L y finalmente para la desembocadura de la PTAR muestra M3 se obtuvo un resultado de 75.04 mg/L; siendo aceptable y estando dentro de los LMP de 200 mg/L para DQO. Para Velasco (2017) en su investigación obtuvo un valor de 252 mg/L para el parámetro de DQO que difiere del resultado encontrado en la presente investigación

b) Demanda Bioquímica de Oxígeno

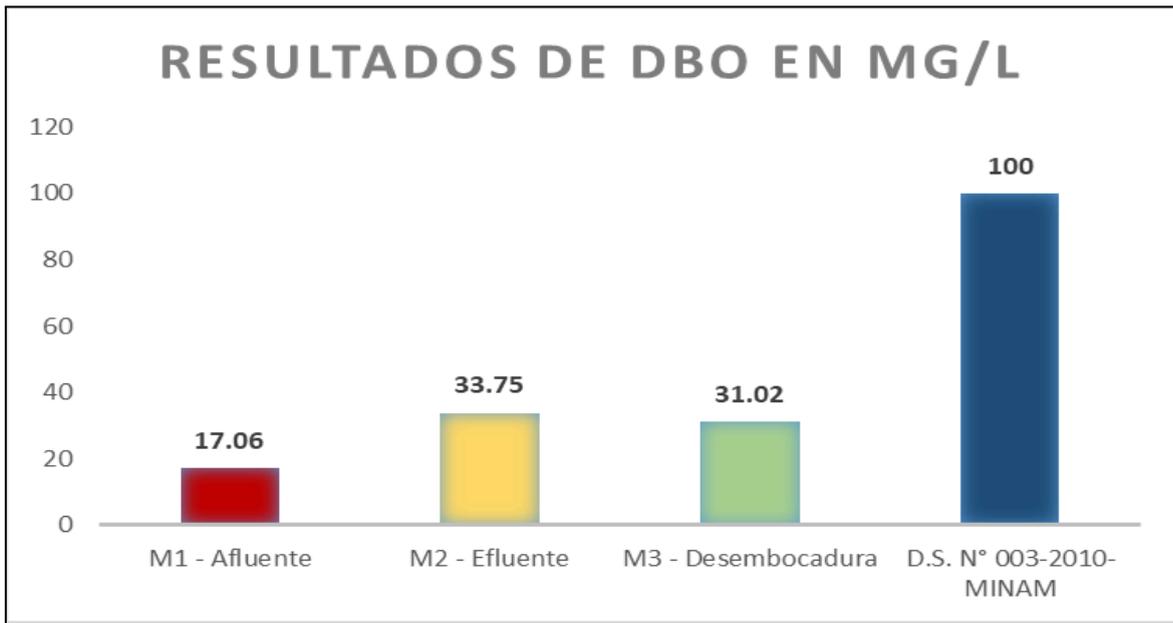


Figura 10: DBO del afluente, efluente y desembocadura

La figura 10, muestra los resultados de la DBO, para la primera muestra M1 afluente se tiene un valor de 17.06 mg/L, para la muestra M2 efluente un resultado de 33.75 mg/L y para el caso de la desembocadura un resultado de 31.02 mg/L; los dos últimos valores se encuentran dentro de los LMP para el parámetro de la DBO del D.S. N° 003-2010-MINAM - Límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales, resultado que difiere a la investigación de Cadena (2017) quien obtuvo un resultado de 695 mg/l para el DBO encontrándose altas concentraciones en la PTAR Chucuito que superan los LMP del DS N° 003-2010-MINAM concluyendo que la PTAR es ineficiente.

c) Aceites y Grasas

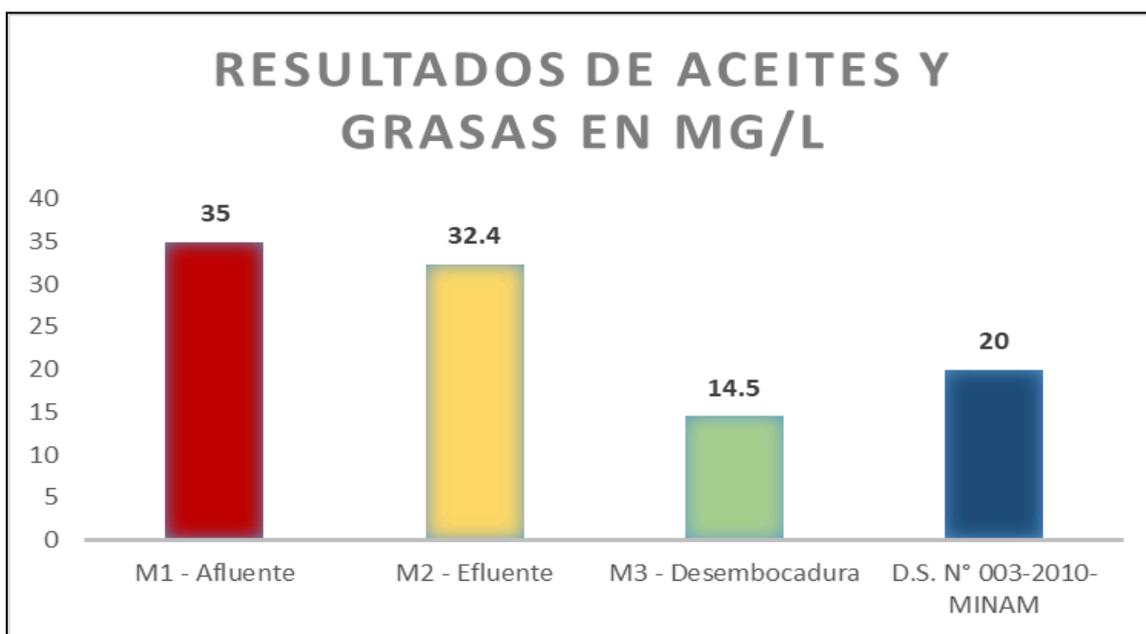


Figura 11: Resultados de los análisis de laboratorio de Aceites y Grasas

En la figura 11 se muestran los resultados de laboratorio para el parámetro de Aceites y Grasas, se obtuvo para la muestra M1 afluente un resultado de 35 mg/L, en la muestra M2 efluente un resultado 32.40 mg/L y en la muestra M3 desembocadura 14.50 mg/L; la muestra M2 no cumple con el LMP para el parámetro de DBO del D.S. N° 003-2010-MINAM - Límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales, superando el rango de 20 mg/L, en cambio en la muestras M3 el valor de 14.50 mg/L si está bajo el rango de 20 mg/L dando cumplimiento al D.S. N° 003-2010-MINAM, dicho resultado coincide con Taco (2021), en su investigación se realizaron análisis de las aguas residuales del afluente, efluente, vertimiento y agua del río Huaro (cuerpo receptor) mediante técnicas estándar de análisis de laboratorio para determinar las características y riesgo sanitario de la laguna de oxidación, para aceites y grasas con un resultado 25 mg/L.

d) Sólidos Totales

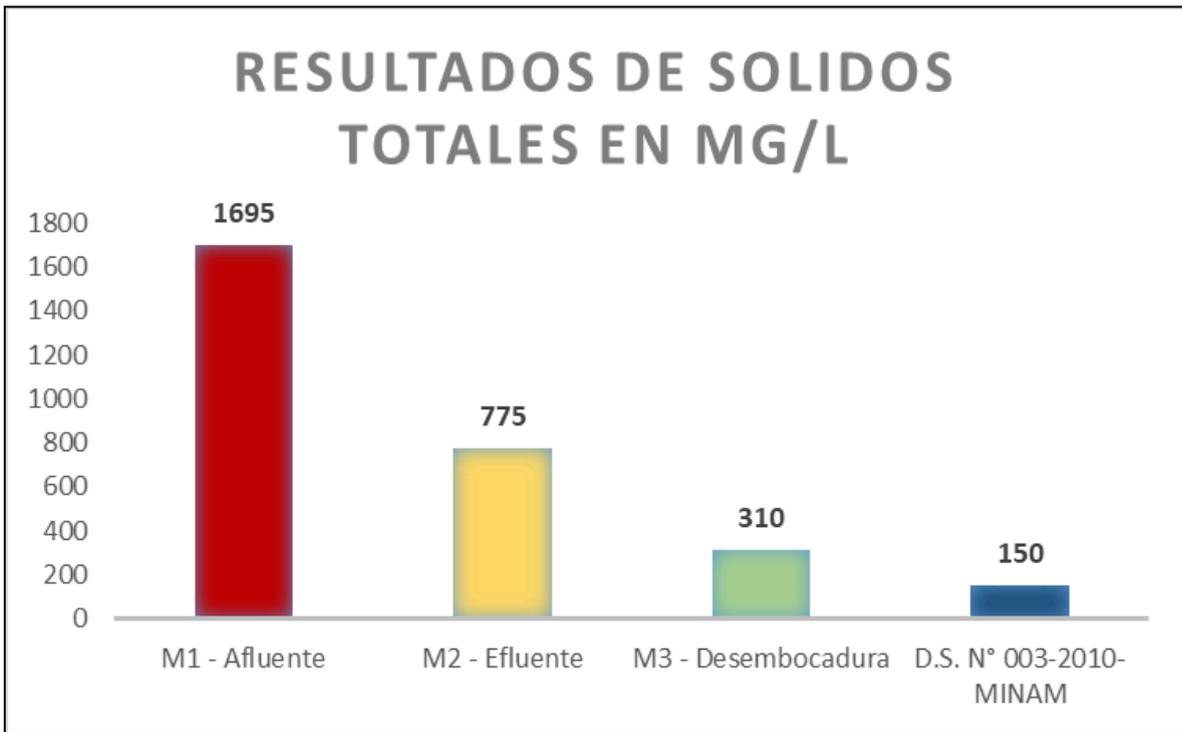


Figura 12: Resultados de los análisis de laboratorio de Sólidos Totales en Suspensión

En la figura 12 se pueden observar los resultados de laboratorio del parámetro Sólidos Totales siendo los resultados los siguientes: para la muestra M1 afluente se tiene el valor de 1695 mg/L, para la muestra M2 efluente un resultado de 775 mg/L y para la muestra M3 310 mg/L, superando los LMP.

4.1.3. EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

a) Potencial de hidrógeno

En cuanto a la eficiencia del parámetro pH en la PTAR de Capachica se obtiene lo siguiente:

$$\%E = \frac{(7.69-7.57)}{7.69} * 100$$

$$\%E = 1.56\%$$

El resultado para el parámetro de pH de la PTAR Capachica tiene una eficiencia de funcionamiento del 1.56%; según Cadena (2017) en su investigación de Evaluación de las Operaciones de Tratamiento Físico Químico de Aguas Residuales de la Planta de

Tratamiento de Aguas Residuales Chucuito, en la ciudad de Puno – Perú en el año 2021, el resultado de la eficiencia de pH sigue siendo positivo, oscilando entre un mínimo de 1,75% y un máximo de 7,99 % (manera equivalente a valores inferiores de 7,99 % a un máximo de 1,75 %).

b) Turbiedad

En cuanto a la eficiencia en cuanto a la Turbiedad en la PTAR de Capachica se obtiene lo siguiente:

$$\%E = \frac{(262-12.12)}{262} * 100$$

$$\%E = 95.37\%$$

El resultado nos dice que la PTAR Capachica tiene una eficiencia de funcionamiento del 95.37%.

Parámetros Químicos

e) Demanda Química de Oxígeno

En cuanto a la eficiencia sobre la DQO en la PTAR se obtiene lo siguiente:

$$\%E = \frac{(220.58-75.04)}{220.58} * 100$$

$$\%E = 65.98\%$$

Para la DQO se tiene un porcentaje de eficiencia del 65.98%, el cual tiene una proximidad a los resultados de Urbina (2018), en su investigación la Evaluación de la efectividad de la planta de tratamiento de aguas residuales (ESPE) de la Universidad de las Fuerzas Armadas, Este estudio de investigación se realizó en Sangolquí – Ecuador en el año 2018, el cual analizó la efectividad de la PTAR de la Universidad de las Fuerzas Armadas, tuvo un 93.13% de eficiencia estando por encima del resultado de la PTAR de Capachica. Ledesma (2021), En su investigación Caracterización del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la municipalidad de Palca – Huancavelica, Perú en el año 2021, obtuvo como resultado para el DQO de 5.5%.

Por su parte Cadena (2017), en su investigación Evaluación de las Operaciones de Tratamiento Físico Químico de Aguas Residuales de la Planta de Tratamiento de Chucuito, en la ciudad de Puno – Perú en el año 2021, obtuvo resultados que sobrepasa los LMP del DS N° 003-2010-MINAM con 1.420 mg/l para DQO, en su investigación las muestras fueron tomadas en época de lluvia alterando la eficiencia y operatividad de la PTAR.

f) Demanda Bioquímica de Oxígeno

En cuanto a la eficiencia en cuanto al DBO en la PTAR se obtiene lo siguiente:

$$\%E = \frac{(31.02-17.06)}{31.02} * 100$$

$$\%E = 45\%$$

Para la DBO se tiene un porcentaje de eficiencia de la PTAR de 45%.

Para Velasco (2017), en su investigación que lleva por título Evaluación de la eficiencia en la remoción de materia orgánica en una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de manta del año 2017, el resultado del efluente final de descarga se obtuvo un resultado de 128 mg/L de DBO parámetro que no cumple con las regulaciones de los LMP.

g) Aceites y Grasas

En cuanto a la eficiencia en cuanto a los Aceites y Grasas en la PTAR se obtiene lo siguiente:

$$\%E = \frac{(35-14.5)}{35} * 100$$

$$\%E = 58.57\%$$

Para el parámetro de Aceites y Grasas se tiene un porcentaje de eficiencia de la PTAR de 58.57%, resultado que está por encima de Ledesma (2021), En su investigación de caracterización del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la

municipalidad de Palca – Huancavelica, obtuvo como resultado del 41% de eficiencia en la remoción.

h) Sólidos Totales

En cuanto a la eficiencia de los Sólidos Totales en la PTAR se obtiene lo siguiente:

$$\%E = \frac{(1695-310)}{1695} * 100$$

$$\%E = 81.71\%$$

Para el parámetro de Sólidos Totales se tiene un porcentaje de eficiencia de la PTAR de 81.71%, Diaz (2021), en su investigación tiene como objetivo evaluar la efectividad de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Lajas en la remoción de materia orgánica. Entre noviembre de 2020 y febrero de 2021. Se determinó que, la PTAR de la ciudad de Lajas remueve un total de 73.79 % de SST, con una determinación de análisis de una alta eficiencia de remoción de materia orgánica.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Los parámetros físico-químicos del afluente y efluente de la PTAR Capachica cumplen con los LMP, con la excepción de los parámetros Aceites y Grasas con 32.40 mg/L y Sólidos Totales Disueltos con 757 mg/L correspondientes a la muestra M2 del efluente, así como la muestra M3 desembocadura con 310 mg/L superando dichos parámetros en ambas muestras los LMP establecidos en el DS. N° 003-2010-MINAM.

SEGUNDA: Los parámetros fisicoquímicos del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Capachica se obtuvieron de acuerdo al objetivo correspondiente con la finalidad de calcular la eficiencia de la PTAR, cuyos resultados fueron pH 7.57, Temperatura 16.50 °C, Sólidos Totales 1695.00 mg/L, DQO 220.58 mg/L, DBO 17.06 mg/L, Aceite y Grasas 35.00 mg/L, Turbidez 262.00 NTU, CE 702.00 μ S/cm; como es lógico, están por encima de los LMP con excepción del pH, T° y DBO , debido a su eutrofización por exceso de MO y el bajo volumen de agua.

TERCERA: Comparados los parámetros fisicoquímicos entre el efluente y la desembocadura de la PTAR, se observan ligeras diferencias como DBO 33.75 mg/L y 31.02 mg/L, DQO en 81.87 mg/L y 75.04 mg/L, PH 7.69 y 7.69; respectivamente.

CUARTA: Luego de realizar los cálculos para determinar la eficiencia de la PTAR para cada uno de los parámetros se obtuvieron: Turbidez 95.37%, DQO 65.98%, DBO 45%, Aceites y Grasas con 58.57% de eficiencia por parámetro y, una eficiencia global del 66.23% para la PTAR de Capachica, calificandola como Regular.

RECOMENDACIONES

PRIMERA. Se recomienda a los tesisistas realizar el análisis de los suelo ya que, las aguas del efluente vienen siendo utilizadas para el riego de cultivos agrícolas especialmente tubérculos por los agricultores de la zona cercanos al ducto de desagüe, ubicado en el Sector Toctoro del Distrito de Capachica, constituyendo un riesgo para el ambiente y la salud de los consumidores debido a que las aguas residuales podrían contener elementos tóxicos como metales pesados y patógenos.

SEGUNDA. Se recomienda a las autoridades de la Municipalidad Distrital de Capachica mantener la óptima operatividad de la PTAR, así como brindar las herramientas necesarias para el operador encargado de la PTAR.

TERCERA. Se recomienda dar charlas de sensibilización a la población del distrito de Capachica preferentemente a los del Sector Toctoro sobre el uso y consumo del agua del efluente.

CUARTA. Se recomienda realizar el análisis de metales pesados del efluente y suelos debido a que las aguas están siendo utilizadas para el riego de cultivos agrícolas.

QUINTA. Se recomienda al MINAM actualizar el DS. N° 003-2010-MINAM que Aprueba límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales, a razón de los años transcurridos hasta el 2024.

BIBLIOGRAFÍA

- Ancalle Espeza, C., & Ledesma Giraldez, W. (2020). *Caracterización de las aguas residuales en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yauli – Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Alva Mendoza, D. M. (2021). *Eficiencia en la remoción de materia orgánica de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Lajas, 2020*. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA.
- Aro, B. (2021). *Evaluación técnica para la recuperación de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Cuturapi, provincia de Yunguyo – Puno*. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.
- Aspajo, L. (2018). “Evaluación de la eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales respecto a los límites máximos permisibles de aguas residuales de los distritos de Elías Soplín Vargas y Soritor – 2017.” In *Universidad Cesar Vallejo*.
- Auccatinco, R. (2021). *Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cusipata, provincia Quispicanchi – Cusco*. Universidad continental.
- Barrantes, E., & Cartin, M. (2017). Eficacia del tratamiento de aguas residuales de la Universidad de Costa Rica en la Sede de Occidente, San Ramón, Costa Rica. *UNED Research Journal*, 9(1), 193–197
- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la investigación* (3a ed.). Pearson Educación.
- Burga, R., & Tantalean, V. (2020). Caracterización y evaluación de los parámetros físico-químicos de las aguas del río Tacabamba para uso agropecuario – Chota. *Universidad César Vallejo*.
- Cadena, A. (2017). *Evaluación De La Eficiencia De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas Ubicada En El Municipio De La Tebaida*. (Vol. 1). Universidad del Quindío facultad.
- Carcache Téllez, Julio Cesar, Obregon Mena, Emilio José, & murillo barrios, Ariel José. (2018). *Evaluación de la Eficiencia de los Parámetros de Vertido de la Planta de*

Tratamiento de Aguas Residuales de la Urbanización Sierra Dorada, según la Norma Nacional NTON 05-027-05 con Énfasis en Carga Orgánica [Universidad nacional de ingeniería].

Chuquilin, C. (2017). Evaluación de la calidad del agua con estándares de calidad ambiental para el agua, categoría 4, en la microcuenca del río grande, caserío río grande – Cajamarca, 2015. En la Universidad *Alas peruanas*.

DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM «Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales». (2010). Ministerio del Ambiente.
https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf

Diaz, L. (2021). *Eficiencia en la remoción de materia orgánica de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Lajas, 2020* (Issue March). Universidad nacional autónoma de Chota.

Diaz Meza, J. F. (2018). *CONTROL DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO SAN JOSÉ DE LOS EFLUENTES DOMÉSTICOS CON LA FINALIDAD DE OPTIMIZAR SU FUNCIONAMIENTO, EN LA EMPRESA MINERA PAN AMERICAN SILVER S.A.C.-UNIDAD OPERATIVA HUARON.* Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion.

Espinoza, A. (2022). Determinación de los parámetros físicos y químicos en las aguas superficiales del río Coata, (puente independencia) zona baja – distrito de Coata 2022. Universidad *privada san Carlos-puno* (vol. 1).

Huamán Salhuana, M. M. L. (2019). Contaminantes del ecosistema del lago Titicaca de la región Puno y la gestión ambiental del turismo. Universidad San Martín de Porres.

Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). McGraw-hill / interamericana editores, S.A.

Ledesma, W. (2021). Caracterización del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la municipalidad de palca– Huancavelica 2020 línea. in *Universidad Nacional de Huancavelica*.

- Llive, W., & Albuja, M. (2012). *Análisis y evaluación de una planta de tratamiento de aguas residuales de una industria textil*. [Universidad san francisco de quito]
- Pinazo Tito, M. Z. (2022). Evaluación de parámetros físicos de agua del río Illpa - hito puente Illpa - puno, 2021. In *Universidad Privada San Carlos-Puno*
- Ramírez, C. A. S. (2021). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico*. Ediciones de la U.
- Rojas-Remis, R., & Mendoza-Espinosa, L. (2015). Plantas de tratamiento de aguas residuales: Una visión como sistema complejo. *Revista Iberoamericana Universitaria en Ambiente, Sociedad y Sustentabilidad*, 1, 179-199. <https://doi.org/10.22395/ambiens.v1n1a9>
- Rojas, O. (2018). Evaluación de parámetros físico-químico y microbiológico del río Ragra afluente del río San Juan, para determinar la categoría de sus aguas – Simón Bolívar – Pasco – 2018 [Pasco - Perú]. In *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*
- Rojas-Remis, R., & Mendoza-Espinosa, L. (2015). Plantas de tratamiento de aguas residuales: Una visión como sistema complejo. *Revista Iberoamericana Universitaria en Ambiente, Sociedad y Sustentabilidad*, 1, 179-199. <https://doi.org/10.22395/ambiens.v1n1a9>
- Taco, P. (2021). Eficiencia de la laguna de oxidación para el tratamiento de aguas residuales domésticas, localidad de Huaró – Cusco. *Cantua*.
- Urbina, R. (2018). *Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE* [Universidad de las fuerzas armadas]
- Vega, M. (2012). Eficiencia en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. In *Refugia centro de la conservación de la Ecobiodiversidad, A.C.*
- Vintimilla Herbas, M. B. (2022). *EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "LAURELES" UBICADO EN LA PARROQUIA SANTA ANA DEL CANTÓN CUENCA*. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA.

Velasco, G. (2017). Evaluación de la eficiencia en la remoción de materia orgánica en una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Manta. In *Universidad central de ecuador* (Vol. 87, Issue 1,2). Universidad central de ecuador.

Villanueva Benites, L. A. (2011). *Diseño del Proyecto e Informe de Investigación*.

ANEXOS

Anexo_01: Matriz de Consistencia

ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AFLUENTE Y EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CAPACHICA - PUNO 2023

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>General ¿Los parámetros físico-químicos del afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica - Puno 2023 cumplirán con lo establecido por el DS. N° 003-2010-MINAM?</p> <p>Específicos ¿Cómo serán los resultados de los parámetros físico-químicos del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica – Puno?</p>	<p>General Evaluar los parámetros físico-químicos del afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica - Puno 2023. de acuerdo al DS. N° 003-2010-MINAM.</p> <p>Específicos Analizar los parámetros físico-químicos del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica – Puno. Comparar los resultados de los</p>	<p>General Los parámetros físico-químicos del afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica - Puno 2023 no cumplen con lo establecido por el DS. N° 003-2010-MINAM.</p> <p>Específicas Los resultados de los parámetros físico-químicos del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica – Puno, son altos.</p> <p>Los parámetros</p>	<p>Independiente Parámetros físicoquímicos</p> <p>Dependiente Planta de</p>	<p>Parámetros Físicos Temperatura Ph Turbidez</p> <p>Parámetros Químicos Aceites y grasas Demanda bioquímica de oxígeno Demanda química de oxígeno Sólidos disueltos totales Sólidos suspendidos totales</p>	<p>Población: Planta de Tratamiento de aguas residuales.</p> <p>Muestra: M1: Afluente M2: Efluente M3: Desembocadura</p> <p>Diseño de inv.: Investigación no experimental</p> <p>Tipo de inv.: Descriptivo</p>

<p>¿ Los parámetros fisicoquímicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica - Puno, cumplirán con los LMP según DS. N° 003-2010-MINAM?</p> <p>¿Cómo será la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica - Puno?</p>	<p>parámetros fisicoquímicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica – Puno, con los LMP. establecido por el DS. N° 003-2010-MINAM.</p> <p>Determinar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica - Puno.</p>	<p>fisicoquímicos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica – Puno, no cumplen con los LMP según DS. N° 003-2010-MINAM</p> <p>La planta de tratamiento de aguas residuales de Capachica - Puno es ineficiente</p>	<p>Tratamiento de Aguas Residuales de Capachica</p>	<p>Funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales</p> <p>La PTAR es eficiente.</p> <p>La PTAR no es eficiente</p>
--	--	---	---	---

Anexo 02: LMP – Para aguas residuales.

El Peruano Lima, miércoles 17 de marzo de 2010	NORMAS LEGALES	415675
<p>de Impuestos o de derechos aduaneros de ninguna clase o denominación.</p> <p>Artículo 5º.- La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros.</p> <p>Regístrese, comuníquese y publíquese.</p> <p>ALAN GARCÍA PÉREZ Presidente Constitucional de la República</p> <p>JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN Presidente del Consejo de Ministros</p> <p>469446-6</p>	<p>Implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;</p> <p>De conformidad con lo dispuesto en el numeral 5) del artículo 115º de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11º de la Ley Nº 29155, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;</p>	
<p>AMBIENTE</p> <p>Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales</p>	<p>DECRETA:</p>	
<p>DECRETO SUPREMO Nº 003-2010-MINAM</p>	<p>Artículo 1º.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)</p> <p>Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.</p>	
<p>EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA</p>	<p>Artículo 2º.- Definiciones</p> <p>Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:</p>	
<p>CONSIDERANDO:</p>	<p>- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR): Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.</p>	
<p>Que, el artículo 3º de la Ley Nº 26611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;</p>	<p>- Límite Máximo Permisible (LMP): Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.</p>	
<p>Que, el numeral 32.1 del artículo 32º de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permisible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio;</p>	<p>- Protocolo de Monitoreo: Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.</p>	
<p>Que, el numeral 33.4 del artículo 33º de la Ley Nº 26611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;</p>	<p>Artículo 3º.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR</p> <p>3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.</p>	
<p>Que, el literal d) del artículo 7º del Decreto Legislativo Nº 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;</p>	<p>3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.</p> <p>3.3 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.</p>	
<p>Que, mediante Resolución Ministerial Nº 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permisible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de fuentes domésticas;</p>	<p>3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.</p>	
<p>Que el artículo 14º del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo Nº 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 26º el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios,</p>	<p>Artículo 4º.- Programa de Monitoreo</p> <p>4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.</p>	

Anexo 03: Certificado de Análisis - Afluente



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



FIQ Nro **LQ-2023**

Nº 002520

Certificado de Análisis

ASUNTO : ANALISIS FISICO QUIMICO DE AGUA RESIDUAL: AFLUENTE

PROCEDENCIA : PTAR - CAPACHICA
 INTERESADO : CARMEN ROCIO GALLEGOS SARAVIA
 PROYECTO : ANALISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AFLUENTE Y EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CAPACHICA, PUNO 2023.
 MOTIVO : ANALISIS DE AGUA RESIDUAL
 MUESTREO : 30/10/2023, por el interesado
 ANÁLISIS : 30/10/2023
 COD. MUESTRA : B009-00534

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS

ASPECTO : Líquido
 COLOR : Característico al agua residual

CARACTERÍSTICAS FISICO - QUÍMICAS

PARAMETROS FISICO QUIMICOS	UNIDAD	AFLUENTE RESULTADOS	METODO ANALITICO
Potencial de Hidrogeno	pH	7.57	Electrométrico
Temperatura	°C	16.50	Termómetro
Sólidos Totales	mg/L	1695.00	Gravimétrico
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	220.58	Digestión cerrada
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	17.06	Método Respirométrico
Aceites y grasa	mg/L	35.00	Soxhlet
Sal	%	0.40	Electrométrico
Turbiedad	NTU	262.00	Electrométrica
Conductividad Eléctrica	µS/cm	702.00	Electrométrico
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	702.00	Electrométrico

Puno, C.U. 14 de noviembre del 2023
 vºBº


 ING. LUZ MARINA TÉVES PONCE
 ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
 F.I.Q. - UNA - C.I.P. - 152393




 Walter B. Aparicio Aragón, Ph.D.
 DECANO - F.I.Q. - UNA

Ciudad Universitaria Av. Floral N° 1153, Facultad de Ingeniería Química - Cel.: 951755420

Anexo 04: Certificado de Análisis - Efluente



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



FIQ Nro **LQ-2023**

Nº 002522

Certificado de Análisis

ASUNTO : ANALISIS FISICO QUIMICO DE AGUA RESIDUAL: EFLUENTE
PROCEDENCIA : PTAR - CAPACHICA
INTERESADO : CARMEN ROCIO GALLEGOS SARAVIA
PROYECTO : ANALISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AFLUENTE Y EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CAPACHICA, PUNO 2023.
MOTIVO : ANALISIS DE AGUA RESIDUAL
MUESTREO : 30/10/2023, por el interesado
ANÁLISIS : 30/10/2023
COD. MUESTRA : B009-00534

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS

ASPECTO : Líquido
COLOR : Característico al agua residual

CARACTERÍSTICAS FISICO - QUÍMICAS

PARAMETROS FISICO QUÍMICOS	UNIDAD	EFLUENTE RESULTADOS	METODO ANALITICO
Potencial de Hidrogeno	pH	7.69	Electrométrico
Temperatura	°C	16.50	Termómetro
Sólidos Totales	mg/L	775.00	Gravimétrico
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	81.87	Digestión cerrada
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	33.75	Método Respirométrico
Aceites y grasa	mg/L	32.40	Soxhlet
Sal	%	0.10	Electrométrico
Turbiedad	NTU	31.98	Electrométrico
Conductividad Eléctrica	µS/ cm	241.00	Electrométrico
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	85.70	Electrométrico

Puno, C.U. 14 de noviembre del 2023
 vºgº


 ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
 ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
 FIQ - UNAL - CIP - 182093




 Walther B. Aparicio Aragón, Ph.D.
 DECANO - FIQ UNAL

Ciudad Universitaria Av. Floral N° 1153, Facultad de Ingeniería Química - Cel.: 951755420

Anexo 05: Certificado de Análisis - Desembocadura



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



FIQ Nro **LQ-2023**

Nº 002521

Certificado de Análisis

ASUNTO : ANALISIS FISICO QUIMICO DE AGUA RESIDUAL: DESEMBOQUE

PROCEDENCIA : PTAR - CAPACHICA
 INTERESADO : CARMEN ROCIO GALLEGOS SARAVIA
 PROYECTO : ANALISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AFLUENTE Y EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CAPACHICA, PUNO 2023.
 MOTIVO : ANALISIS DE AGUA RESIDUAL
 MUESTREO : 30/10/2023, por el interesado
 ANÁLISIS : 30/10/2023
 COD. MUESTRA : B009-00534

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS

ASPECTO : Líquido
 COLOR : Característico al agua residual

CARACTERÍSTICAS FISICO - QUÍMICAS

PARAMETROS FISICO QUIMICOS	UNIDAD	DESEMBOQUE RESULTADOS	METODO ANALITICO
Potencial de Hidrogeno	pH	7.69	Electrométrico
Temperatura	°C	16.50	Termómetro
Sólidos Totales	mg/L	310.00	Gravimétrica
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	75.04	Digestión cerrada
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	31.02	Método Respira métrico
Aceites y grasa	mg/L	14.50	Soxlet
Sal	%	0.10	Electrométrico
Turbiedad	NTU	12.12	Electrométrico
Conductividad Eléctrica	µS/ cm	124.00	Electrométrico
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	62.80	Electrométrico

Puno, C.U. 14 de noviembre del 2023
 VºBº


 ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
 ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
 FIQ - UNA - CIP - 152993



 Walter B. Aparicio Aragón, Ph.D.
 DECANO - FIQ - UNA

Ciudad Universitaria Av. Floral Nº 1153, Facultad de Ingeniería Química - Cel.: 951755420

Anexo 07: Panel Fotográfico



Figura 13: Llegada al Distrito de Capachica.



Figura 14: Visita a la PTAR de Capachica.



Figura 15: Medición de coordenadas con el GPS - Afluente



Figura 16: Medición de coordenadas con el GPS - Efluente



Figura 17: Toma de muestra M1 - Afluente



Figura 18: Toma de muestra M2 - Efluente



Figura 19: Medición de coordenadas con el GPS – Efluente Desembocadura



Figura 19: Toma de muestra M3 – Efluente Desembocadura



Figura 20: Efluente Desembocadura ubicado en el Sector Toctoro