

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESINA**

**ANÁLISIS DE EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICOS DE LAS  
AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO NORTE DEL  
DISTRITO DE CHUCUITO, PROVINCIA DE PUNO – 2020.**

**PRESENTADO POR:**

**JULIO CESAR ARIAS TITO**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2021**

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESINA

**ANÁLISIS DE EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICOS DE LAS  
AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO NORTE DEL  
DISTRITO DE CHUCUITO, PROVINCIA DE PUNO – 2020.**

PRESENTADO POR:

JULIO CESAR ARIAS TITO

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:


BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:


PRESIDENTE

  
: \_\_\_\_\_  
Dr. SERGIO PAUL GUTIERREZ CASTILLO

PRIMER MIEMBRO

  
: \_\_\_\_\_  
M. Sc. YESSICA MAGNOLIA MAMANI ARPASI

ASESOR DE TESIS

  
: \_\_\_\_\_  
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

Área: Ciencias Naturales.

Disciplina: Oceanografía, Hidrología y Recursos del Agua.

Especialidad: Contaminación y Mitigación de Aguas Superficiales.

Puno, 29 de noviembre de 2021

**DEDICATORIA**

A DIOS. por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todos mis años de estudio superior.

MI MADRE, Isabel Tito Choque por la comprensión y por ser la persona que siempre estuvo a mi lado en todo momento; apoyándome para seguir adelante y no dar un paso atrás, agradecer sus consejos para hacer de mí una buena persona.

A mis hermanos Marleny Apaza Tito y Jhon L. Apaza Tito por brindarme su apoyo incondicional y estar en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi amigo, Jimmy Antony Turpo Condori, por su asesoramiento y mentor en los últimos semestres de lo que son en la universidad.

**Julio Cesar Arias Tito**

## AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento inmenso a la Universidad Privada San Carlos S.A.C. por la formación académica durante estos 5 años. A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y a todos los docentes, porque fueron ellos los que me ayudaron a formarme como profesional competitivo.

Agradezco a mi asesor de tesina Ing. Katia Andrade Herrera por su apoyo constante en la realización de esta tesis.

Agradezco a la MSc. Yesica Magnolia Mamani Arpasi. y al Dr. Sergio Paul Gutierrez Castillo por su participación en la realización de esta tesina.

Expresar también mis más sinceros agradecimientos al M.Sc., Mg. Elvira Ananí Durand Goyzuela, Dr. Ernesto J. Chura Yupanqui y al Dr. Ernesto F. Corrales Herrera, por su importante aporte en mi formación académica.. .

**Julio Cesar Arias Tito.**

**ÍNDICE GENERAL**

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE ANEXOS	viii
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
<b>INTRODUCCIÓN.</b>	<b>1</b>

**CAPÍTULO I****PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>2</b>
1.1.1 Problema	2
1.1.2 Formulación del Problema	3
1.1.3 Justificación	4
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>5</b>
1.2.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	5
1.2.2 ANTECEDENTES NACIONALES	6

1.2.3 ANTECEDENTES LOCALES	7
<b>1.3 OBJETIVOS.</b>	<b>9</b>
1.3.1 Objetivo General	9
1.3.2 Objetivos Específicos	9

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>2.1 MARCO TEÓRICO</b>	<b>10</b>
2.1.1 Aguas Residuales.	10
2.1.2 Evaluación de plantas de Tratamiento de Aguas Residuales	10
2.1.3 Descripción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Norte del distrito de chucuito	11
2.1.4 Eficiencia de Remoción	16
2.1.5 Parámetros para análisis de agua residual.	16
<b>2.2 MARCO CONCEPTUAL.</b>	<b>18</b>
<b>2.3 HIPÓTESIS</b>	<b>19</b>
2.3.1 Hipótesis General.	19
2.3.2 Hipótesis Específicas.	19

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

<b>3.1 ZONA DE ESTUDIO.</b>	<b>20</b>
3.1.1 Ubicación Geográfica.	20

iv

3.1.2 Límites.	21
<b>3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>22</b>
<b>3.3 METODOLOGIA Y TECNICAS</b>	<b>23</b>
3.3.1 Tipo de estudio y diseño de investigación	23
3.3.2 Técnica e instrumentos de recolección de datos.	24
3.3.3 Metodología para el análisis de datos.	24
3.3.4 Evaluación de la eficiencia del sistema de aguas residuales.	25
<b>3.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>25</b>
<b>3.5 DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>26</b>
<b>3.6 MATERIALES Y EQUIPOS</b>	<b>27</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS</b>	
<b>4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>28</b>
4.2 Eficacia de remoción de la PTAR Norte del Distrito de Chucuito, Puno.	36
4.2.1 Evaluación del cumplimiento del D.S. 003-2010-MINAM.	37
4.3 Diferencia de los parámetros fisicoquímicos entre el afluente y efluente de la PTAR Norte del Distrito de Chucuito, Puno.	38
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>41</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>42</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>43</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>47</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Ubicación de puntos de muestra	23
Tabla 02: Metodologías para el análisis de datos por parámetro	25
Tabla 03: Operacionalización de variables	26
Tabla 04: Eficiencia de remoción de la PTAR Norte del Distrito de Chucuito, Puno	36
Tabla 05: Cumplimiento de los LMP de los efluentes para la PTAR Norte del Distrito de Chucuito, Puno	38
Tabla 06: Resultados de la Diferencia para cada uno de los parámetros analizados entre las muestras de los puntos MA y ME, en la primera y segunda repetición	39



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Desarenador de aguas residuales	11
Figura 02: Cámara de rejillas colmatada	12
Figura 03: Trampa de grasa colmatada	12
Figura 04: Sedimentador secundario	13
Figura 05: Filtros verticales	14
Figura 06: Reactor Biológico	14
Figura 07: Pozas de macrófitas con totora	15
Figura 08: Pozas de macrófitas con lenteja de agua	15
Figura 09: Digestor de lodos	16
Figura 10: Límites y ubicación del distrito de Chucuito, Puno	21
Figura 11: Área de influencia directa de la zona de estudio de investigación	22
Figura 12: Resultados obtenidos del pH en los puntos de muestreo en las dos repeticiones realizadas	28
Figura 13: Resultados obtenidos de los Sólidos Totales en Suspensión en los puntos de muestreo en las dos repeticiones realizadas	30
Figura 14: Resultados obtenidos de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en los puntos de muestreo en las dos repeticiones realizadas	31
Figura 15: Resultados obtenidos de la Demanda Química de Oxígeno en los puntos de muestreo en las dos repeticiones realizadas	33
Figura 16: Resultados obtenidos de la Temperatura en los puntos de muestreo en las dos repeticiones realizadas	34

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Operacionalización de variables	48
Anexo 02: Resultados de laboratorio para las dos repeticiones de toma de muestra de estudio	50
Anexo 03: Reporte del tiempo del SENAMHI de las fechas de tomas de muestras	52
Anexo 04: Límites Máximos Permisibles del D.S. 003-2010-MINAM	56
Anexo 05: Cadena de Custodia	57
Anexo 06: Registro fotográfico de la zona de estudio	59

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AyG	Aceites y grasas.
C.E.	Conductividad eléctrica.
cm	Centímetros.
D.S	Decreto Supremo.
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno.
DQO	Demanda Química de Oxígeno.
Km	Kilómetros.
LMP	Límite Máximo Permisible.
MINAM	Ministerio del Ambiente.
mg/L	Miligramos sobre el Litro.
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar.
O.D	Oxígeno Disuelto.
pH	Potencial del Hidrógeno.
ppm	Partes por millón.
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
PELT	Proyecto Especial del Lago Titicaca.
MA-001	Primer punto de muestreo afluente, primera repetición.
ME-001	Segundo punto de muestreo, efluente, primera repetición.
MA-002	Primer punto de muestreo afluente, segunda repetición.
ME-002	Segundo punto de muestreo, efluente, segunda repetición.
STS	Sólidos Totales en Suspensión
T °C	Temperatura grados centígrados.

## RESUMEN

La contaminación de los cuerpos de agua superficiales y su agotamiento en el mundo, son factores importantes a tomar en cuenta y a su vez su impacto en la salud pública. Por lo que el presente trabajo de investigación buscó determinar la eficiencia del tratamiento físico-químico en las aguas de la Planta de Tratamiento Norte del Distrito de Chucuito, provincia de Puno, para lo cual se tomaron muestra de los parámetros físicos-químicos (DBO, DQO, pH y STS) in situ, siguiendo los protocolos de monitoreo establecidos por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) para luego ser analizados por el laboratorio de aguas del INIA y ser evaluados los resultados con la fórmula de eficiencia de Parra (2006) obteniéndose resultados para el pH 7.99%, valor más alto de eficiencia, para la DBO5 de 2.60% y para el DQO de 1.85% y en negativo de eficiencia se encuentra los sólidos totales en suspensión con -7.48% para la segunda repetición. Así mismo al analizar la primera repetición se tiene al pH con 1.75% de efectividad, y los valores del STS, DBO Y DQO en orden correlativo con valores negativos de -19.69%, -0.01% y -17.86%, concluyendo con esto que la eficiencia de remoción del tratamiento físico-químico del PTAR Norte del Distrito de Chucuito Puno, es deficiente, con valores que no superan el 08% de eficiencia; la diferencia y/o concentración de la DBO, DQO, pH y STS entre el afluente y efluente de la PTAR Norte del distrito de Chucuito, Puno no es significativa; y que de cada uno de los cuatro parámetros evaluados se tiene que la DBO, DQO y los STS sobrepasan los Límites Máximos Permisibles; siendo solo el pH el único que cumple la norma con un valor promedio de 7.26 neutro con tendencia alcalina.

**Palabras Clave:** Análisis de calidad de agua residual, Distrito de Chucuito, eficiencia de remoción, evaluación de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Límites Máximos Permisibles.

x

## ABSTRACT

The contamination of surface water bodies and their depletion in the world are important factors to take into account and in turn their impact on public health. Therefore, the present research work sought to determine the efficiency of the physical-chemical treatment in the waters of the North Treatment Plant of the District of Chucuito, province of Puno, for which a sample of the physical-chemical parameters (BOD, COD, pH and STD) in situ, following the monitoring protocols established by the National Water Authority (ANA) to then be analyzed by the INIA water laboratory and the results be evaluated with the efficiency formula of Parra (2006) obtaining results for the pH 7.99%, the highest efficiency value, for the BOD<sub>5</sub> of 2.60% and for the COD of 1.85% and in negative of efficiency the total dissolved solids in suspension -7.48% for the second repetition. Likewise, when analyzing the first repetition, the pH is 1.75% effective, and the STS, BOD and COD values in correlative order with negative values of -19.69%, -0.01% and -17.86%, concluding with this that the removal efficiency of the physical-chemical treatment of the North WWTP of the District of Chucuito Puno, is deficient, with values that do not exceed 08% efficiency; the difference and / or concentration of BOD, COD, pH and STD between the tributary and effluent of the North WWTP of the district of Chucuito, Puno is not significant; and that of each of the four parameters evaluated, the BOD, COD and STDs exceed the Maximum Allowable Limits; being only the pH the only one that complies with the norm with an average value of 7.26 neutral with an alkaline tendency.

**Keywords:** District of Chucuito, evaluation of the Wastewater Treatment Plant, Maximum Permissible Limits, removal efficiency, Waste water quality analysis.

## INTRODUCCIÓN

Son diferentes las metodologías utilizadas para el tratamiento de las aguas residuales, las que pueden sistematizarse de diferentes formas, lo que traerá una variedad de secuencias de procesos y operaciones de tratamientos físicos, químicos y biológicos; siendo los más utilizados los procesos biológicos (Rolim, 2000). En el tratamiento de las aguas residuales domésticas y la operatividad del sistema de tratamiento de aguas residuales es de vital importancia, para así cumplir con las normas establecidas, y así poder evitar la contaminación ambiental (Callata, 2014). La entrega de aguas residuales al río o cualquier cuerpo de agua superficial sin tratar de una ciudad, implica riesgos de salud y contaminación ambiental, ya que esto tiene graves consecuencias, que afectan indirectamente a la salud humana, a través de la contaminación de fuentes de aguas superficiales y subterráneas.

La implementación de las lagunas de estabilización en algunos municipios, es atractiva en términos económicos, detectando un mal funcionamiento de las mismas, por aspectos constructivos y/o de operación y mantenimiento; sin embargo la Planta de tratamiento de aguas residuales Norte del distrito de Chucuito a pesar de contar con un sistema mejor diseñado y con varios procesos, tampoco cumpliría la normativa ambiental vigente para tratamiento de aguas residuales domésticas.

Por tal motivo se planteó el proyecto de investigación denominado “**Análisis de eficiencia del tratamiento físico-químico de las aguas residuales de la Planta de Tratamiento Norte del Distrito de Chucuito, Provincia de Puno – 2020**”, con el que se se busca evaluar la eficiencia del sistema planteado y en función de esta proponer estrategias y/o alternativas para el buen funcionamiento de la planta de tratamiento, y así poder mitigar la contaminación ambiental.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

##### 1.1.1 Problema

La ciudad de Puno, al igual que varios pueblos circunlacustres, tiene al Lago Titicaca como su principal reserva de fuente hídrica para consumo humano (Turpo & Cano, 2019), y el distrito de Chucuito no es una excepción, sin embargo gracias al turismo ha crecido poblacional e inmobiliariamente (Valdez, 2016), por lo que el sostén y cuidado del Lago Titicaca es esencial para las futuras generaciones. El Distrito de Chucuito en su afán de tratar sus aguas residuales cuenta con dos Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ubicadas al lado Sur y Norte de su territorio geográfico. La PTAR Norte y Sur presentan un solo diseño, operación y mantenimiento, por lo que se puede inducir que al analizar la calidad del agua residual de la PTAR Norte es similar al de la PTAR Sur, sin embargo su efecto en la contaminación estaría en función al punto de efluente y la geomorfología de la zona. hipótesis planteada debido a ambas PTAR no cumple su función de manera eficiente (Valdez, 2016), conllevado a contexto, en objetivo de la presente investigación realizar un estudio para determinar si el Potencial Hidrógeno

(pH), los Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) estarían por debajo del Límite Máximo Permisible en sus efluentes.

Los resultados obtenidos nos permitirán definir si el tratamiento con el que actualmente cuenta la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Norte del Distrito de Chucuito es eficiente o no para tratar las aguas residuales que son generadas en el área urbana del Distrito; determinar si el nivel de variación entre el afluente de entrada y el efluente de salida es significativo o no; y si se cumplen con los LMP para efluentes de aguas residuales municipales, factores esenciales para determinar si tales aguas residuales tratadas son parte de un foco de contaminación en el Lago Titicaca.

En tal sentido se planteó determinar la eficiencia de PTAR Norte del Distrito de Chucuito en base de los parámetros físico-químicos (DBO, DQO, pH y SST), y validar las hipótesis planteadas.

### **1.1.2 Formulación del problema**

#### **Problema General:**

¿Cuál será la eficiencia del tratamiento físico-químico en las aguas residuales de la Planta de Tratamiento Norte del distrito de Chucuito, provincia de Puno?

#### **Problemas Específicos:**

- ¿Cuál será la concentración de la DBO, DQO, pH y SST en el afluente y efluente de la PTAR Norte del distrito de Chucuito?
- ¿Cuál será el porcentaje de eficiencia en tratar los parámetros físico-químicos en las aguas residuales a analizarse de la PTAR Norte del distrito de Chucuito?
- ¿Cumplirán los Límites Máximos Permisibles (LMP) D.S. 003-2010-MINAM los parámetros evaluados?



### 1.1.3 Justificación

La creciente contaminación de los cuerpos superficiales de agua dulce, el cambio climático y sus efectos en el recurso hídrico, cabe decir de su escasez (World Water Assessment Programme, 2003), son el sustento necesario para llevar a cabo la presente investigación, dicha problemática toma importancia en nuestra región por el Lago Titicaca que es una de las reservas de agua dulce más importante del planeta y que aunado a la mala gestión para su aprovechamiento, viene agotándose cada vez más en sus recursos, siendo notorio la baja de nivel del agua e incluso se vienen presentando posibles hipótesis de un stress hídrico. Tomar medidas para su conservación, determinar el aporte de contaminación que se genera por la emisión de aguas residuales que se encuentra en el cuerpo receptor proveniente de la PTAR Norte del Distrito de Chucuito, nos permitirán dar una búsqueda de soluciones para mitigar sus efectos en la población que usa estas aguas para realizar sus necesidades básicas de consumo, que según reportes de la Dirección Regional de Salud Puno, se identificó el problema de enfermedades digestivas y parasitarias, como consecuencia de la deficiencia de los servicios básicos de agua potable en la población rural y urbana.

Los resultados de la presente investigación ayudarán para la toma de decisiones en medidas en mejoras estructurales y de diseño, así como del mantenimiento y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del Distrito de Chucuito, que asegure el tratamiento integral de sus aguas y lodos, que sea eficiente y que ayude a conservar el medio de desarrollo de los pobladores de Chucuito.

El presente proyecto busca también reducir la generación de aguas provenientes del rubro de restaurantes y hoteles, que sin un tratamiento adecuado terminan en el Lago Titicaca y a su vez reducen significativamente el tratamiento en todos sus componentes por sus altos contenidos en grasas.

Se debe recordar que la salud pública tiene como objetivos un manejo adecuado de sistemas pequeños y descentralizados del tratamiento de aguas residuales al punto de ser reutilizadas en retención de sólidos y líquidos, proteger de la degradación o la contaminación del ambiente receptor, y reducir los costos de tratamiento.

## 1.2 ANTECEDENTES

### 1.2.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Montejo & Contreras (2020), concluyó que de acuerdo con la caracterización física, química y microbiológica que se le realizó a la PTAR – Filipote, permitió determinar que la planta cumple con la mayoría de los parámetros establecidos por la resolución 0631 del 2015 “por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales de los sistemas de alcantarillado públicos”, con una remoción mayor al 90%, sin embargo hay un parámetro que no cumple con la normatividad como son los sólidos totales, ya que el parámetro aumenta considerablemente después de pasar por el sistema de tratamiento y esto se podría atribuir al poco tiempo de operación del sistema, posibles fallas en los procesos, al incumplimiento del mantenimiento periódico, entre otros.

Bayas (2019), concluye que por medio de la fórmula de la eficiencia se obtuvo el porcentaje de rendimiento de los parámetros determinados como: 0,00% en coliformes fecales, 98,32% en aceites y grasas, 36,96% en sulfatos, 72,47% en sólidos suspendidos totales, 34,59% en sólidos totales, 75,17% en demanda química de oxígeno (DQO), 68,49% en demanda bioquímica de oxígeno (DBO5).

Salazar et al. (2019), obtuvo resultados de la eficiencia media de los parámetros de DQO, DBO5 y SS se encontraron en el límite inferior de los rangos exigidos en documentos normativos y de recomendaciones de diseño para aguas residuales domésticas de baja carga orgánica: DQO entre 60 y 70 %, DBO5 entre 60 y 80 %, y SS entre 60 y 70 %; y por debajo de los reportados en reactores usados para el tratamiento de aguas residuales

de tipo industrial; cuyas eficiencias tendieron a ser mayores en relación a las eficiencias en aguas residuales de tipo doméstico.

Velasco (2017), analizó que en las lagunas anaerobias (etapa 1) las constantes de degradación de DQO 0,579 d-1 con una eficiencia de 63,46% y DBO 0,417 d-1 con eficiencia de 55.6% siendo parámetros importantes para caracterizar el proceso y que puede servir para estudios a futuro porque nos servirán para el diseño de las lagunas debido a que estas constantes dependen del tipo de agua residual, clase de laguna, carga orgánica y tiempo de retención.

Galvez (2013), menciona que los parámetros de DBO5, DQO, fósforo y nitrógeno son superiores a la carga que puede soportar la PTAR volviéndola no eficiente en todo su proceso de tratamiento.

Álvarez et al. (2011), obtuvo variaciones en sus parámetros analizados de pH de 4.39 a 6.04, en oxígeno disuelto de 0 a 2.4 mg O<sub>2</sub>/l y un incremento mínimo en sólidos sedimentables de 0.1 a 0.15 mg/l por efecto de la grava; al mismo tiempo reduce la concentración de sólidos suspendidos totales en un 78 %, la DBO5 en un 95 % y la DQO en un 82 %.

### **1.2.2 ANTECEDENTES NACIONALES**

Aspajo (2018), obtuvo resultados en relación al parámetro de aceites y grasas la PTAR del distrito de Elías Soplin Vargas posee 14.75 Mg/L mientras que la PTAR del distrito de Soritor 15 Mg/L, el parámetro de Coliformes termotolerantes nos dan que los efluentes poseen 6337.5 NMP/100 mL, 6975 NMP/100 mL. Así mismo, el parámetro de DBO indica las medias 57 Mg/L y 62 Mg/L, el parámetro DQO nos arroja 117 Mg/L y 108.75 Mg/L. Otros de los parámetros como SST nos dan como resultado 117 mL/L y 119.75 mL/L y el parámetro de temperatura nos 23.175 °C, 23.225 °C respectivamente.

Cedrón & Cribilleros (2017), concluyen que los valores obtenidos de DQO de 356 mg/L y de Coliformes Termotolerantes de  $1.7E+06$  mg/L, incumplen los LMP de DBO de 100 mg/L y de Coliformes Termotolerantes de  $1E$  mg/L, los que son evacuado por un canal abierto hacia cuerpos de agua superficial como es el mar, en las PTAR mencionadas en la investigación.

Villanueva & Yance (2017), calculo que la eficiencia de remoción de DBO, DQO y Coliformes termotolerantes de 23%, 25,61% y 27,78% , respectivamente en los componentes de la PTAR municipal del distrito de Huánchac.

Manzanares & Ricaldi (2017), recomienda que la temperatura promedio anual del ambiente, el caudal de ingreso, el cuidado para la correcta adecuación del proceso y la composición del agua residual, son condiciones esenciales para llevar a cabo un buen manejo de las PTAR.

Martínez (2016), concluye que la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín, con resultados de remoción de DBO, DQO y SST, nos da como resultado 91.507% de eficiencia para DBO, 91.095% para DQO, y 83.20% para SST.

Arce (2013), concluye en cuanto al manejo de Plantas de tratamiento de aguas residuales al país le falta asumir conocimientos técnicos actuales, planes de inversión en el saneamiento nacional, implementación de mantenimiento y operación eficientes.

### **1.2.3 ANTECEDENTES LOCALES**

Andrade (2020), concluyó que en la PTAR de Macusani en el efluente sus parámetros como el pH, temperatura, DBO5, DQO, coliformes termotolerantes SST, aceites y grasas cumplen con los LMP en temporada de sequía con una eficiencia de la DBO5 de 93.42 %, DQO de 94.88 %, SST de 67.16 % sin embargo en los coliformes termotolerantes tuvo una remoción de carga orgánica de 77.55%.

Mamani (2017), menciona que no se cumple con los Límites Máximos Permisibles, ni con lo Estándares de Calidad Ambiental en sistema de lagunas de estabilización de Chojjohahuire, el cual tuvo una eficiencia de 7.903%, por lo que el autor planteó un rediseño con un tren de tratamiento, obteniéndose una DBO de 11.68 mg/L y coliformes fecales de 5,910.00 NMP/100ml, tales resultados se hallan dentro de los LMP y los ECA's.

Valdez (2016), concluyó que la DQO al igual que la DBO tuvo disminución en el tratamiento de 367.67 mg/L (1% EMa), 327.27mg/L (1.5% EMa) y 293.33 mg/L (2% EMa); la DBO disminuye de 147.07 mg/L (1% EMa), 131.07 mg/L (1.5% EMa) y finalmente 117.33 mg/L (2% EMa).

Callata (2014), concluyó con una eficiencia de la DBO5 80.59%, DQO 80.59%, Sólidos totales en suspensión 7.77%. También comparó los valores determinados en el efluente con los LMP establecidos en el D.S. N° 003-2010- MINAM, donde concluye que el nivel de contaminación no cumple ya que los contaminantes potenciales como la DBO, DQO y coliformes totales son altos.

Arocutipa (2013), concluye que al evaluar los parámetros del afluente con los LMP establecidos en el D.S. N° 003-2010-MINAM, estos son superados en más del doble, afectando la vida acuática existente en el río Inambari, por presentar valores altos en los contaminantes potenciales (DBO5, DQO).

Quispe (2013), determinó una eficiencia de remoción de Coliformes Totales 69.44% y Coliformes Fecales 61.07%” del sistema; y de los parámetros: DBO5 37.04%, DQO 34.06%, Aceites y Grasas 54.04%, Sólidos totales en suspensión 46.41%.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo General

Determinar la eficiencia del tratamiento físico-químico en las aguas de la Planta de Tratamiento Norte del Distrito de Chucuito, Provincia de Puno.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la concentración de la DBO, DQO, pH y SST en el afluente y efluente de las aguas residuales de la PTAR Norte del Distrito de Chucuito.
- Determinar el porcentaje de eficiencia que tiene la PTAR Norte para tratar los parámetros físico-químicos del Distrito de Chucuito.
- Comparar los parámetros evaluados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) D.S. 003-2010-MINAM.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1 MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1 Aguas Residuales

Son las aguas provenientes del uso doméstico, agrícola, industrial u otros, como las que se evacúan junto a estas en tiempos de estiaje y las de los drenes pluviales que fluyen y se recogen de superficies edificadas y urbanizadas, cuyas propiedades se hayan alterado de sus estado original por el uso de los mencionados. (Martínez, 2016)

##### 2.1.2 Evaluación de Plantas de tratamiento de Aguas Residuales

Salguero & Oakley (2011) propone que para evaluar una laguna de estabilización se debe evaluar las características ambientales de la zona, además del tipo de obras presentes dentro del sistema, como estructuras para la medición de caudales, rejillas desarenadores, tipo de entradas y salidas, interconexiones, etc. Evaluar una planta de tratamiento de aguas residuales también consiste en realizar un número de mediciones y análisis que al compararlos con los parámetros, normas y métodos preestablecidos que permite un control y manejo adecuado del proceso o sistema de tratamiento. (Guevara, 1996)

### 2.1.3 Descripción de la Planta de tratamiento de Aguas Residuales Norte del distrito de Chucuito

#### a) Desarenador

El desarenador de la PTAR Norte del distrito de Chucuito no tiene la ubicación idónea en el tren de tratamiento, puesto que la función del desarenador es de separar las arenas de las aguas residuales, siendo necesario contar antes con un sistema de cribas para separar a los sólidos de gran tamaño (Mellado, 2017), para luego separar partículas de arena con un peso específico cercano de  $2.65 \text{ g/cm}^3$  (Lozano, 2012) y estar lista para pasar al tratamiento biológico (Cedrón & Cribilleros, 2017).



**Figura 01: Desarenador de aguas residuales. La imagen muestra un desarenador completamente abandonado, sin ningún tipo de mantenimiento.**

#### b) Cámara de Rejas

El sistema de cribas o cámara de rejas es instalada generalmente al inicio del tren de tratamiento para retener el material grueso del agua (Cedrón & Cribilleros, 2017). Para la PTAR Norte de Chucuito su ubicación no es la adecuada, por lo que se encuentra colmatada, así como la cantidad de rejas colocadas que son innecesarias para el caudal del afluente. (Mellado, 2017)





*Figura 02: Cámara de rejas colmatada.*

### c) Desengrasador

Denominado también tanque de grasa o trampa de grasas (Lozano, 2012), para la PTAR Norte se encuentra totalmente colmatada y con riesgo de desborde, debido a que dicho componente no fue diseñado como tal, puesto que necesita más de un deflector y las dimensiones no son las adecuadas para tratar el caudal de ingreso. (Mellado, 2017)



*Figura 03: Trampa de grasa colmatada.*

#### d) Sedimentador secundario

Luego del paso del pretratamiento se da inicio al tratamiento primario, donde se encuentran los sedimentadores que separan los lodos iniciales del digestor de lodos (Lozano, 2012), sin embargo estos sedimentadores por tratarse de separadores de lodos, hace necesario su mantenimiento cada 15 días (Guillermo, 2011), de lo contrario se formará acumulación de lodos impidiendo el caudal a los siguientes componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales, como se muestran en las imágenes, no ayudan a mejorar con la operación constante. (Mellado, 2017)



**Figura 04: Sedimentador secundario.**

#### e) Batería de filtros verticales

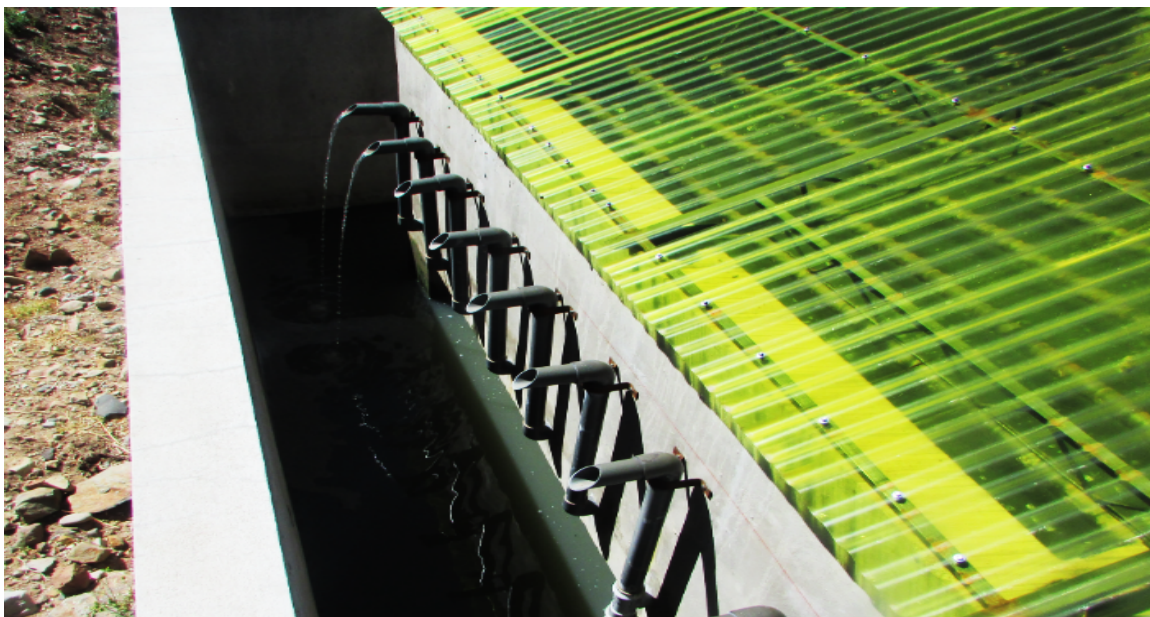
La batería de filtros verticales es un componente utilizado en agua potable para quitarle turbidez en uno de los tratamientos casi finales (Callata, 2014), antes de los filtros lentos de arena; sin embargo, este componente fue utilizado como tratamiento primario en dicha planta de tratamiento de aguas residuales. (Mellado, 2017)



**Figura 05: Filtros verticales.**

#### **f) Reactores biológicos**

El tipo de sistema no es el más idóneo para la depuración o tratamiento de las aguas residuales dispuestas en el reactor. (Mellado, 2017), el que opera con un sistema aerobio a 35°C (Lozano, 2012), con tuberías sobresalientes lateral, así como su a colmatación de lodos. (Callata, 2014)



**Figura 06: Reactor Biológico.**

### **g) Pozas de macrófitas sembradas con totora**

El serpentín de humedales artificiales no cuentan con la cantidad necesaria de totora para realizar un tratamiento biológico de aguas residuales (Lozano, 2012) la que usada para la remoción de nutrientes que puedan dañar o contaminar (Callata, 2014) los cuerpos superficiales de agua, lo indica que el serpentín no realiza una remoción confiable de nutrientes contaminantes. (Mellado, 2017)



**Figura 07: Pozas de macrófitas con totora.**

### **h) Pozas de macrófitas con lenteja de agua**

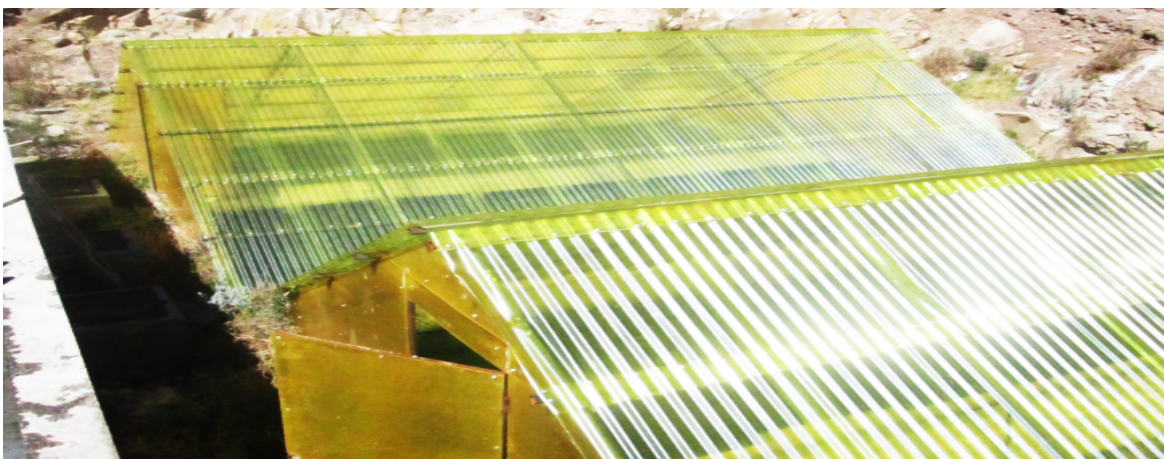
El tratamiento biológico con lenteja de agua mediante pozas consecutivas por rebose no cuenta con el agrupamiento necesario de lentejas que realicen el trabajo. (Mellado, 2017)



**Figura 08: Pozas de macrófitas con lenteja de agua.**

### i) Digestor de lodos

Durante todo el proceso de tratamiento se pudo evidenciar que cada componente se encuentra con una cantidad considerable de lodos, imposibilitando así el tratamiento debido, siendo mejorable el tratamiento con la colocación, luego del digestor de lodos, de una losa de compostaje. (Mellado, 2017) y finalizar con un proceso final denominado deshidratación de lodos (Lozano, 2012)



**Figura 09: Digestor de lodos.**

#### 2.1.4 Eficiencia de Remoción

La eficiencia de remoción se describe en el modelo de un sistema de tratamiento de aguas residuales dada por:

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} * 100$$

Donde:

- $E$  = Eficiencia de remoción del sistema (%)
- $S$  = Carga contaminante de efluente (mg DQO, DBO5, o STS/l)
- $S_0$  = Carga contaminante de afluente (mg DQO, DBO5, o STS/l)

#### 2.1.5. Parámetros para análisis de agua residual

**a) Demanda bioquímica de oxígeno**

Es la cantidad total de oxígeno necesarios para que los microorganismos puedan oxidar la materia orgánica biodegradable (Sánchez Marín et al., 2004). La DBO en el control de la contaminación es un indicador importante donde la carga orgánica se debe restringir para mantener los niveles deseados de oxígeno disuelto (Sawyer, McCarthy, Parkin, 2001). El agotamiento de oxígeno es causa de la de una excesiva carga orgánica acelera la proliferación de bacterias, provocando que algunas especies de peces y otras especies acuáticas deseables, no puedan sobrevivir en las aguas donde están presentes dichos microorganismos. (Cortés et al., 2011)

**b) Demanda química de oxígeno**

Mide el nivel de contaminación, expresado en miligramos de oxígeno diatómico por litro (Correa et al., 2012) de las sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que están disueltas o en suspensión en una muestra líquida.

**c) Potencial de hidrógeno**

El pH es uno de los parámetros más importantes y frecuentes aplicados en el agua, usado en medidas de alcalinidad, dióxido de carbono y muchos otros equilibrios ácido-base. (Rodríguez, 2009)

**d) Sólidos disueltos totales**

Su presencia es notoria en las aguas de consumo procedente de fuentes naturales, aguas residuales, escorrentía urbana y aguas residuales industriales (Organización mundial de la Salud, 2005). Comprenden las sales inorgánicas y en menor grado cantidades de materia orgánica disueltas en el agua.

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL

- **Aguas residuales:** Las aguas de composición variada proveniente de las descargas de usos poblacionales, industriales, agrícolas, pecuarios, y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.
- **Cadena de Custodia:** Ficha de entrega al laboratorio donde se registra la información de la toma de muestra, para su posterior análisis.
- **Caja Conservadora:** Llamada también caja térmica que permite mantener la temperatura de 4°C, para el transporte de la muestra al laboratorio.
- **Calidad del Agua:** Determinación de la calidad del agua suministrada por el proveedor, de acuerdo a los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano.
- **Contaminación del agua:** Cambio físico o químico en el agua de superficie o subterránea de cualquier índole, nocivo para los organismos vivos o volverla no apta para ciertos usos.
- **Frasco para Muestreo:** Recipientes de vidrio borosilicato o de plástico de boca ancha con tapa rosca, resistentes a esterilización por autoclave a una temperatura de 121 °C por 15 minutos.
- **Límite máximo permisible:** Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua.
- **Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano:** Conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua.

- **Toma de Muestra:** Procedimientos destinados a obtener una parte representativa cuantitativamente a partir de un todo.

## 2.3 HIPÓTESIS

### 2.3.1 Hipótesis General

La eficiencia del tratamiento físico-químico en las aguas residuales de la Planta de Tratamiento Norte del Distrito de Chucuito es deficiente.

### 2.3.2 Hipótesis Específicas

- La concentración de la DBO, DQO, pH y SST en el afluente y efluente de las aguas residuales de la PTAR Norte del Distrito de Chucuito es alta.
- El porcentaje de eficiencia que tiene la PTAR Norte del Distrito de Chucuito en los parámetros analizados es baja.
- Los parámetros evaluados no cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) D.S. 003-2010-MINAM.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 ZONA DE ESTUDIO

La zona en estudio se ubica geográficamente se encuentra en el cuadrante 32-X Acora de la carta nacional en el Departamento de Puno, Provincia de Puno y Distrito de Chucuito, políticamente pertenece:

- País : República del Perú
- Región : Puno
- Provincia : Puno
- Distrito : Chucuito

##### 3.1.1 Ubicación Geográfica

El distrito de Chucuito es una de los 15 distrito de la Provincia de Puno, ubicado a 18 km de la capital de la provincia, situada a 3875 msnm, en la parte sur del país bajo las siguientes coordenadas:

- Latitud Sur : 15°53'40"
- Longitud Oeste: 69°53'24"
- Altitud : 3 883 m.s.n.m.

El distrito de Chucuito cuenta con una población de 7019 habitantes (INEI, 2017), con una densidad poblacional de 78.8 hab./km<sup>2</sup> y una superficie de 8900 hectáreas.

### 3.1.2 Límites

- **Por el norte** : Con la ciudad Puno
- **Por el sur** : Con el distrito de Plateria
- **Por el este** : Con el Lago Titicaca
- **Por el oeste** : Con el distrito de Laraqueri

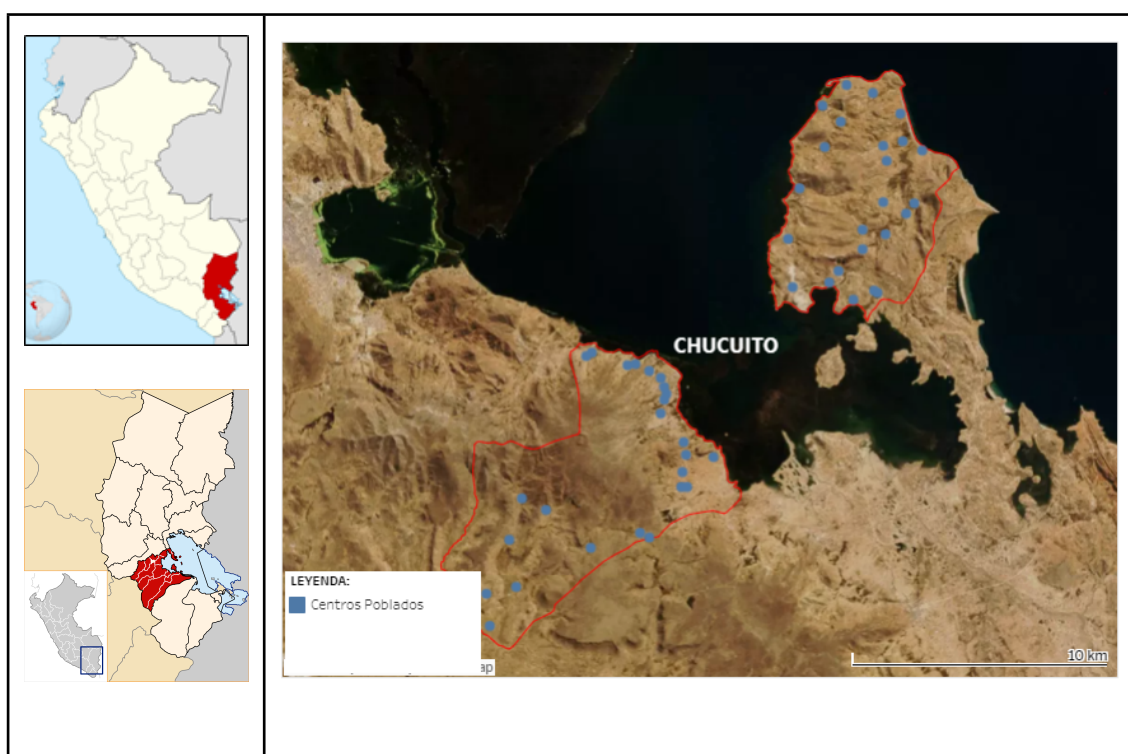


Figura 10: Límites y ubicación del distrito de Chucuito, Puno.



Figura 11: Área de influencia directa de la zona de estudio de investigación.

### 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

#### Población

La población total se basa en el área total de la planta de tratamiento de aguas residuales norte del Distrito de Chucuito, con todo el tren de tratamiento que involucra el tratamiento de aguas residuales, con un área total de 3 123.13 m<sup>2</sup> y un perímetro de 266.76 m l.

#### Muestra

La muestra se tomó de forma instantánea e integrada, que representa las condiciones del agua al momento de ser recolectada (Sierra, 2011). Las muestras fueron manuales, porque este método permitió corregir inmediatamente las fallas o tomar cualquier característica especial considerado importante para la presente investigación. (Sierra, 2011)

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 PQN}{Z_{\alpha/2}^2 PQ + (N-1)\epsilon^2} \quad (\text{Bernal, 2006})$$

Donde:

- n = Tamaño de la muestra.

- Z = Nivel de confianza ( $Z_T = Z_\alpha = Z_{0.05} = 0.95$ ).
- P = Variabilidad positiva ( $P = 73\% = 0,73$ ).
- Q = Variabilidad negativa ( $Q = 100 - P = 100 - 73\% = 27\% = 0,27$ ).
- N = Tamaño de la población ( $N=2$ ).
- $\epsilon$  = Precisión o Error ( $\epsilon = 0.05$ ).

Aplicada la fórmula de Bernal (2006) se tuvo un total de dos (02) muestras las que fueron tomadas una en el afluente y otra en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en dos repeticiones; las muestras fueron tomadas en un tiempo de estiaje (18 de octubre) y otra en tiempos de lluvias (22 de noviembre), lo que conlleva dos periodos.

Tabla 01: Ubicación de puntos de toma de muestra.

LUGAR	CÓDIGO	HORA	COORDENADAS UTM		ALTITUD (m.s.n.m.)	UBICACIÓN
			ESTE	NORTE		
<b>18 DE OCTUBRE</b>						
Entrada de la PTAR	MA001	16:30	404745	8243264	3832	Afluente
Salida de la PTAR	ME001	17:23	404787	8243290	3828	Efluente
<b>22 DE NOVIEMBRE</b>						
Entrada de la PTAR	MA002	11:10	404745	8243264	3832	Afluente
Salida de la PTAR	ME002	12:40	404787	8243290	3828	Efluente

### 3.3 METODOLOGÍA Y TÉCNICAS

#### 3.3.1 Tipo de estudio y diseño de investigación

El tipo de estudio es descriptivo porque describe los hechos como son observados y analizados. (Song & Hedrick, 2004)

Se recolectó los datos de las tomas de muestra en un tiempo y momento único como diseño de investigación (Sánchez Marín et al. 2004). Mediante esta metodología se buscó describir las variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento específico.

### **3.3.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se aplicó toma de muestras in situ, para los parámetros físicos y químicos para luego ser trasladadas al laboratorio de aguas del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), muestras que fueron tomadas en un periodo de 02 meses según cronograma para los tiempos de estiaje y lluvias.

Los instrumentos utilizados fueron los siguientes:

- D.S. N° 003-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, domésticas o municipales.
- Oficio N° 506-2010-DGCAVMGA/MINAM, Protocolo de Muestra de Aguas Superficiales Continentales del Perú.
- Protocolo de Muestra de la Calidad de los Recursos Hídricos. Autoridad Nacional del Agua.

### **3.3.3 Metodología para el análisis de datos**

Se siguió los protocolos de monitoreo establecidos por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) para su posterior análisis en el laboratorio de aguas del INIA para analizar los parámetros físicos-químicos (DBO, DQO, pH y STS) tomados in situ, dentro de las 24 horas de tomadas las muestras.

Tabla 02: Metodologías de análisis de datos por parámetro.

PARÁMETRO	VARIABLE	UNIDAD	MÉTODO	EQUIPO	MEDICIÓN
Físicos	pH	pH	Electrometría	Multiparámetro	
	STS	mL/L	Gravimetría	Filtro y horno	
Químicos	DBO	mg/L	Cinco días de incubación	VWRP/DBO	Laboratorio de Aguas del INIA
	DQO	mg/L	Digestión cerrada por Dicromato de Potasio	HACH DBR 200 Reactor de digestión para DQO doble block	

FUENTE: APHA, WEF y AWWA, 1995

### 3.3.4 Evaluación de la eficiencia del sistema de aguas residuales.

La eficiencia se atendió mediante la siguiente fórmula:

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} * 100 \text{ (Parra, 2006)}$$

Donde:

- E = Eficiencia de remoción del sistema (%)
- S = Carga contaminante de efluente (mg DQO, DBO5, SST, etc.)
- S<sub>0</sub> = Carga contaminante de afluente (mg DQO, DBO5, SST, etc.)

### 3.4 Identificación de variables

Tabla 03: Operacionalización de variables.

VARIABLE DE ESTUDIO	DIMENSIONES	INDICADORES	UNID. MEDIDA
Agua residual de entrada a la PTAR	Físicos	pH	pH
		Sólidos Totales Suspendidos	mL/L
	Químicos	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L
		Demanda Química de Oxígeno	mg/L
Agua residual de salida a la PTAR	Físicos	pH	pH
		Sólidos Totales Suspendidos	mL/L
	Químicos	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L
		Demanda Química de Oxígeno	mg/L

### 3.5 Diseño estadístico

Se determinó la diferencia entre cada punto de muestreo en las dos repeticiones, complementado ello con el análisis de la varianza en un diseño de bloque completo al azar, para lograr determinar la hipótesis general,

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij}$$

Donde:

- $i$  : Puntos de muestreo ( $i=1,2$ ).
- $j$  Repeticiones expresado en meses ( $j=1,2$ ).
- $Y_{ij}$  : Variable de medición del parámetro.
- $\mu$  Media general.
- $\alpha_i$  Efecto del  $i$ ésimo punto de muestreo.

- $\beta_j$  : Efecto de bloque por mes de muestreo.
- $e_{ij}$  : Error experimental (0.05).

Según lo determinado, se obtendrá la Desviación Estándar y el Coeficiente de variación para una mejor interpretación.

### 3.6 Materiales y equipos

#### a. Materiales de campo y laboratorio.

- Cooler para transportar muestras
- Fichas de registro (Cadena de custodia).
- Frascos de polietileno (Reserva).
- Frascos de vidrio esterilizados.
- Lapicero.
- Libreta de apuntes.
- Mandil.

#### b. Equipos

- GPS.
- Multiparámetro
- VWR P/DBO
- HACH DRB Reactor de digestión de DQO doble block.
- Instrumento SOXHLET
- Cámara fotográfica.



## CAPÍTULO IV

## EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

## 4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de laboratorio y de medición in situ en el afluente y efluente para los parámetros evaluados en la PTAR Norte de Chucuito se exponen a continuación:

## a. Potencial Hidrógeno

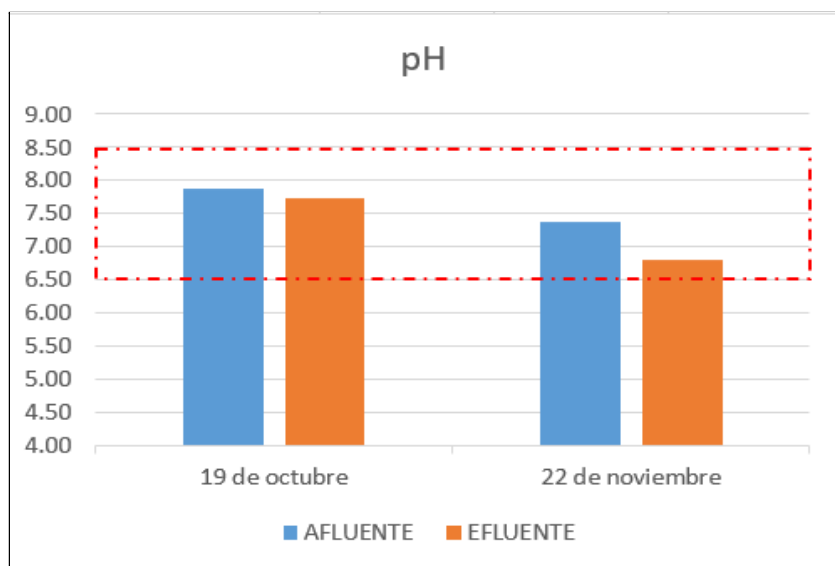
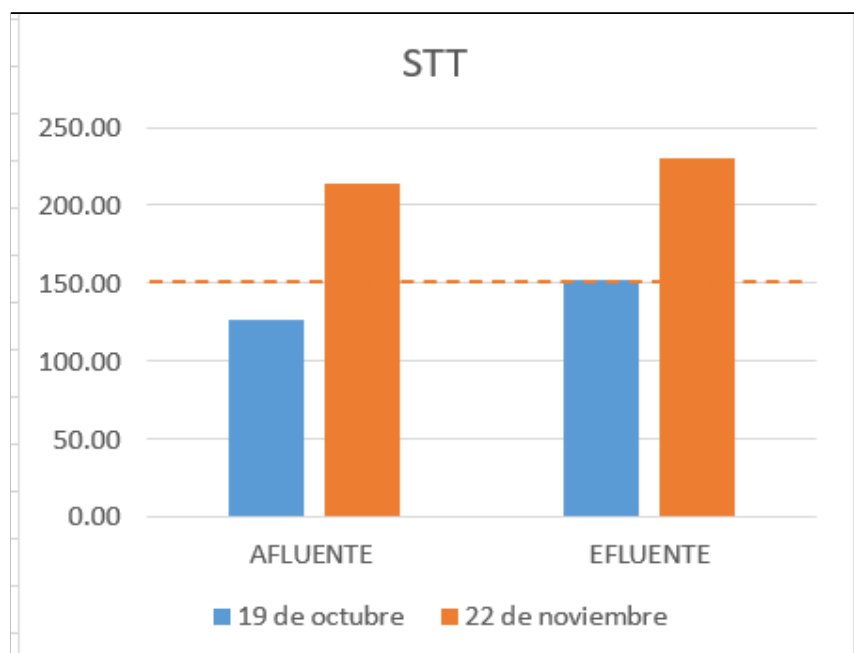


Figura 12: Resultados obtenidos del pH en los puntos de muestreo en las dos repeticiones realizadas.

La figura 12 retrata los resultados obtenidos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Chucuito (PTAR Chucuito), con una máxima en el afluente de 7.87 para la

primera muestra y un mínimo de 7.38 para la segunda muestra, factor que se vió afectado por el tiempo que aconteció en el momento de la toma de muestra, debido a que en la primera repetición se tuvo una precipitación pluvial que involucró el arrastre de diferentes componentes, que en su gran mayoría en la ciudad de Chucuito, son grandes cantidades de grasas y detergentes, proveniente de los restaurantes y hoteles, los que son dispuestos no solo en el sistema de desagüe, sino también en los drenes pluviales, que en época de lluvias incrementan el nivel de alcalinidad en las aguas residuales por estar conectados los drenes pluviales al sistema de desagüe y alcantarillado; efecto que se demuestra con la segunda muestra en la que se tuvo un periodo sin precipitación por al menos de una semana, lo que permite la entrada solo del sistema de desagüe y alcantarillado. Para el efluente se tiene una máxima de 7.38 para la primera muestra y una mínima de 6.79 para la segunda muestra, lo que demuestra que el sistema que presenta la PTAR Chucuito Norte es capaz de estabilizar las aguas residuales a valores más neutros.

Tales resultados guardan relación en relación a los valores obtenidos, pero se diferenciados en el tren de tratamiento, lo que produce que el pH se estabilice en la PTAR Chucuito Norte y en las demás PTAR, tiendan a alcalinizarse, tal es el caso de Quispe (2013), quien obtuvo valores de 7.6 y 7.9 para el afluente y 7.8 y 8.0 para el efluente, Callata (2014), con un afluente de 7.27 y un efluente de 7.30 para la PTAR de Ajoyani; y Correa et al. (2012), con un afluente de 7.47 a 8.34 y un efluente de 7.36 a 8.45 para la laguna del Espinar en la ciudad de Puno.

**b. Sólidos Totales en Suspensión**

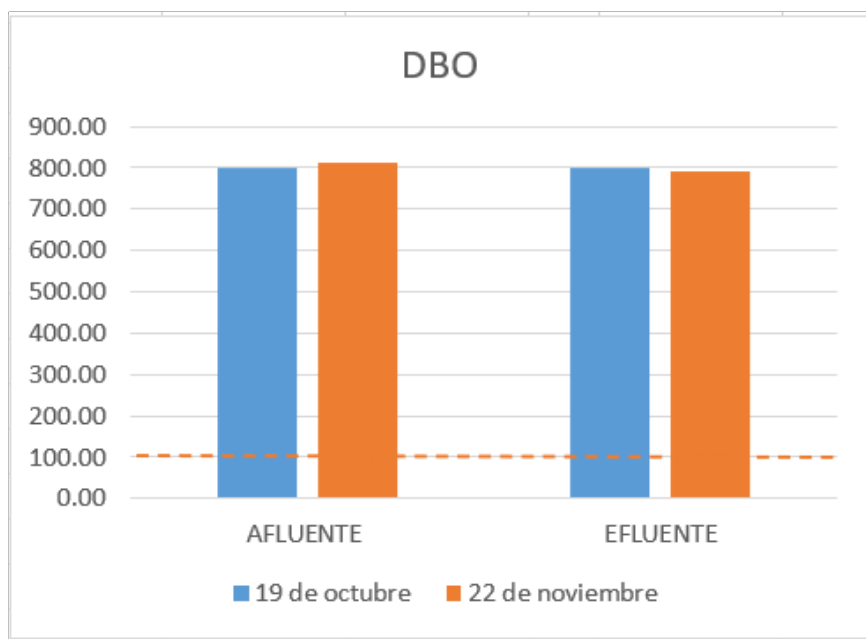
*Figura 13: Resultados obtenidos de los Sólidos Totales en Suspensión en los puntos de muestreo en las dos repeticiones realizadas.*

La figura 13 nos muestra los resultados obtenidos de la toma de muestra de agua del afluente y efluente en las dos repeticiones, superando las dos los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por el DS N° 003-2010-MINAM (150 mg/L.); obteniendo para la primera repetición un valor para el afluente de 127 mg/l y para el efluente de 152 mg/l, valores que se explican como resultados de la precipitación pluvial, la que permite una mejor mezcla de las aguas residuales, en el afluente, sin embargo se hace notoria que el valor en el efluente tiende a incrementarse, lo que nos da a conocer que a medida que el agua residual entra en contacto con los componentes del tren de tratamiento los sólidos totales incrementan, esto ocasionado posiblemente por la saturación del sistema en el sedimentador secundario y filtros verticales con lodos y flocs no sedimentados. Para los resultados de la segunda repetición se tiene en el afluente de 214 mg/l y 230 mg/l en el efluente, valores que se incrementan en comparación con la primera repetición, por ser estas aguas residuales crudas, con una mayor presencia de sólidos en suspensión y disueltos provenientes de las heces fecales y otros que son evacuados por el sistema de

alcantarillado y desagüe, repitiendo el mismo patrón de incremento a medida que se atraviesa por todo el tren de tratamiento, ya explicado líneas arriba.

Los resultados guardan relación con Ordoñez (2013) que en el afluente en sus dos repeticiones los STS variaron de 221 mg/l a 558 mg/l y para su efluente variaron entre 221 mg/l a 496 mg/l, similares a los de Callata (2014) con un afluente de 481.27 mg/l y un valor de efluente de 404.08 mg/L. En contraparte a los resultados obtenidos por Quispe (2013) presentó valores más altos con un promedio de 1296.25 mg/l en el afluente y 1088.17 mg/l en el efluente para las lagunas de estabilización de la ciudad de Azángaro.

**c. Demanda Bioquímica de oxígeno**



*Figura 14: Resultados obtenidos de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en los puntos de muestreo en las dos repeticiones realizadas.*

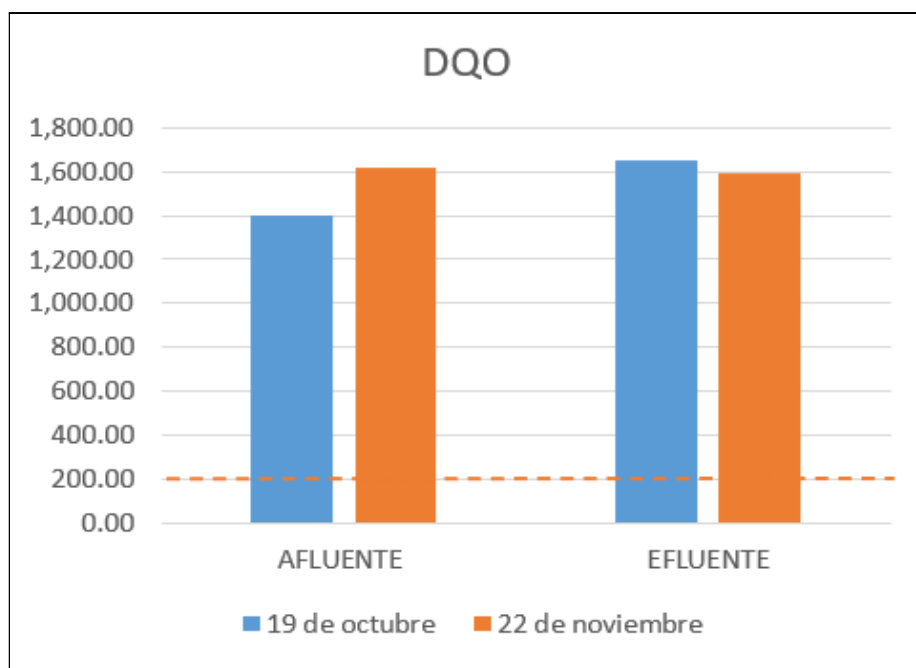
La figura 14 nos muestra los resultados obtenidos de la DBO en la toma de muestra de agua del afluente y efluente en las dos repeticiones, superándose por mucho los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por el DS N° 003-2010-MINAM (100 m/L.), con valores para el afluente de 799.90 mg/l y 811.10mg/l y un efluente de 800 mg/l y 790 mg/l sucesivamente para la primera y segunda repetición, que como se explicó en el punto b

posiblemente por la saturación del sistema en el sedimentador secundario y filtros verticales con lodos y flocs no sedimentados, aunados a estos el exceso de grasas que logran pasar por la trampa de grasas con que cuenta el tren de tratamiento, cabe indicar que cada proceso del sistema culmina por rebose de las aguas, por lo que el problema en los componentes mencionados no están cumpliendo su función, al igual que el manejo de lodos, lo que explicaría la ampliación del lecho de secado de lodos que no terminaría de abastecer la cantidad de lodo que llegaría a retirarse del sedimentador, incrementando la DBO a valores muy elevados.

Los resultados guardan una relación con Callata (2014) cuyo valor de ingreso al sistema fue de 850.28 mg/L y un valor de salida del sistema de 165.01 mg/L, y Guillermo (2011) que en el afluente obtuvo 745.13 mg/l y en el efluente es de 413.70 mg/l; valores que se ven superados por las investigaciones de Arocutipa (2013) que en el afluente obtuvo 429 mg/l y 276 mg/l en el efluente, Ordoñez (2013) que obtuvo en el afluente 212,00 mg/L el valor mínimo y máximo fue de 312,53 mg/L y del efluente obtuvo 45,47 mg/L el valor mínimo y máximo fue de 122,47 mg/L y Quispe (2013) que en el afluente obtuvo 410.87 mg/l y 258.67 mg/l en el efluente.

Algo que cabe resaltar en la presente presentación de resultados es que cada valor obtenido en las investigaciones, superan los Límites Máximos Permisibles, siendo este parámetro, junto a la Demanda Química de Oxígeno uno de los principales retos para un buen diseño de planta de tratamiento de aguas residuales.

#### **d. Demanda Química de Oxígeno**



*Figura 15: Resultados obtenidos de la Demanda Química de Oxígeno en los puntos de muestreo en las dos repeticiones realizadas.*

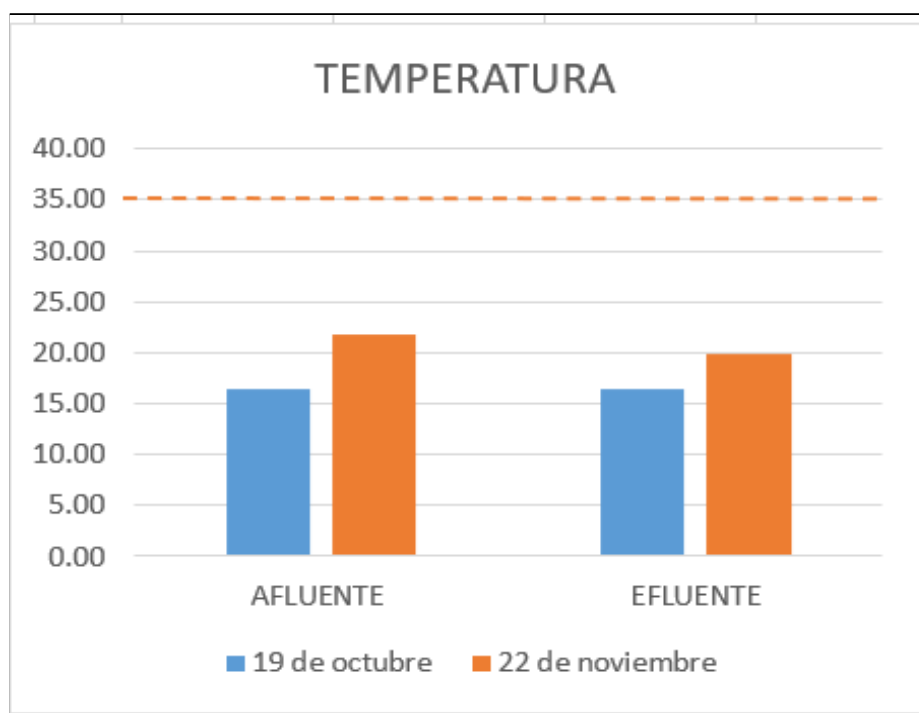
La figura 14 nos muestra los resultados obtenidos de la DQO en la toma de muestra de agua del afluente y efluente en las dos repeticiones, superándose por mucho los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por el DS N° 003-2010-MINAM (200 mg/L.), con valores para el afluente de 1400.00 mg/l y 1620.00 mg/l y un efluente de 1650.00 mg/l y 1590.00 mg/l sucesivamente para la primera y segunda repetición, superándose en casi 1300.00 mg/l promedio para cada muestra tomada, valores que se enmarcan en la saturación del sedimentador secundario, filtros verticales y el lecho de secado de lodos; la diferencia entre lo periodos en que se tomaron las muestras no alteró en gran manera a los parámetros de la DBO Y DQO, por los problemas mencionados anteriormente en el tren de tratamiento, lo que hace saltar también a la luz que el sistema de filtro percolador con el que cuenta el sistema compuesto por piedra pómez, no está recibiendo el mantenimiento adecuado.

La Demanda Química de Oxígeno guarda relación con Callata (2014) cuyo afluentes de 1700.48 mg/L y el valor de salida de 330.03 mg/L, logrando así una eficiencia de 80.59 %

de remoción de DQO. Valores que son superados por Arocutipa (2013) que obtuvo 904 mg/l en el afluente y 620 mg/l en el efluente, Quispe (2013) con 892.67 mg/l. en el afluente y 568.67 mg/l. en el efluente; y Guillermo (2011) cuya concentración promedio de este parámetro en el afluente es de 877.03 mg/l, disminuyendo dicha concentración en el efluente del sistema teniendo un promedio de 516.03 mg/l.

Un factor que se debe tomar en cuenta es el número de población a la que abastece la PTAR, las actividades comerciales, las costumbres y educación ambiental que presenta una comunidad o ciudad; tales factores influyen en el sistema que se propuso en su tiempo para tratar las aguas residuales y por ende la varianza entre los resultados.

#### e. Temperatura



*Figura 16: Resultados obtenidos de la Temperatura en los puntos de muestreo en las dos repeticiones realizadas.*

La figura 16 nos muestra los resultados obtenidos de la Temperatura en la toma de muestra de agua del afluente y efluente en las dos repeticiones, no se supera los Límites Máximos Permisibles (LMP) por encontrarse la localidad de Chucuito a una altura mayor

a los 3800 m.s.n.m. en un clima altiplánico con predominancia de temperaturas de bajas SENAMHI (2020), por los que el valor máximo registrado en el afluente de 21.70 °C, y una mínima de 19.80 °C para el efluente, con una media de 20.75°C para la segunda repetición y una mínima de 16.50°C para el afluente y efluente de la primera repetición, valor afectado por la precipitación pluvial ocurrida el mismo día de la toma de muestra, valor corroborado por el SENAMHI (2020), que registró una temperatura de máxima de 15.4 y una mínima de 1.4°C con una precipitación de 4.2 mm/día; esta situación ocasionó que la temperatura del agua residual se redujera a diferencia de la segunda repetición que no fue influenciada por alguna lluvia y el hecho de que el sistema de drenes pluviales se encuentran conectados al sistema de desagüe y alcantarillado, presentando valores más altos, tantos en el afluente como en el efluente, por la presencia de gran número de restaurantes que emiten sus aguas residuales con elevadas temperaturas elevandolas aun por encima de la temperatura ambiental.

La temperatura guarda relación con Ortega (2018), Ordoñez (2013), y Quispe (2013) los registran valores promedio en sus aguas residuales en orden correlativo de 16.30 °C, 15.35 °C y de 16.00 °C a diferencia de Callata (2014) que registra valores más bajos de ingreso al sistema de 12.67 °C y con una salida de 12.33 °C, por encontrarse tal planta de tratamiento en la localidad de Ajoyani, provincia de Carabaya a una altura de 4400 m.s.n.m. lo que hace que las aguas residuales sean muy propensas al clima ambiental de la zona.



**4.2 EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LA PTAR NORTE DEL DISTRITO DE CHUCUITO**

Tabla 04: Eficiencia de remoción de la PTAR Norte del Distrito de Chucuito, Puno.

PARÀMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	PTAR NORTE CHUCUITO		REMOCIÓN (%)
		AFLUENTE	EFLUENTE	
19 de octubre				
Ph	Unidades de pH	7.87	7.73	1.75
Sólidos Disueltos en Suspensión	mg/l	127.00	152.00	-19.69
DBO	mg/l	799.90	800.00	-0.01
DQO	mg/l	1,400.00	1,650.00	-17.86
22 de noviembre				
pH	Unidades de pH	7.38	6.79	7.99
Sólidos Disueltos en Suspensión	mg/l	214.00	230.00	-7.48
DBO	mg/l	811.10	790.00	2.60
DQO	mg/l	1620.00	1590.00	1.85

Se puede apreciar en la tabla 04 que el nivel de eficiencia en porcentajes de la PTAR Norte del distrito de Chucuito no supera el 08% de efectividad según la fórmula aplicada de Parra (2006), apreciándose a simple vista que la PTAR Norte es mucho más efectiva en vistas generales cuando no se mezclan las aguas residuales con las aguas de lluvias, resultando para la segunda repetición del día 22 de noviembre eficiencias positivas para el pH de 7.99%, qué es el valor más alto de eficiencia, para la DBO5 de 2.60% y para el DQO de 1.85% valores más bajos poco significativos en tratamiento de aguas residuales; y ya con un valor negativo de eficiencia se encuentra los sólidos totales disueltos con -7.48% valor que demuestra que tal parámetro incrementa su nivel a medida que van las

aguas residuales atravesando el tren de tratamiento, lo que demuestra que no existe en el tratamiento un buen tratamiento en la sedimentación de sólidos totales en suspensión. Así mismo al analizar la primera repetición realizada el día 19 de octubre del 2020, se tiene como característica del tiempo, una lluvia ligera que habría afectado la eficiencia de remoción de las características del agua residual con valores negativos en tres de los cuatro parámetros analizados y con una eficiencia mínima en el único parámetro positivo encontrado que es el pH, con un valor de 1.75% de efectividad, y los valores del STS, DBO Y DQO en orden correlativo con valores negativos de eficiencia de remoción de -19.69%, -0.01% y -17.86%, analizando de estos resultados los más significativos negativos los STS y la DQO, valores que también en la segunda repetición recibieron valores no significativos de remoción, en esta oportunidad influenciados por las aguas de lluvias conectadas al sistema de desagüe que elevaron los niveles de sólidos totales en suspensión en el tren de tratamiento por el arrastre de un mayor contenido de arenillas, polvo como PM10 y PM2.5, depositadas en los drenes pluviales y demás sustancias propias arrastrados por las lluvias.que a su vez afectaron negativamente a la demanda química de oxígeno en el proceso de tratamiento, demostrándose con esto que el sistema de drenes pluviales no debe de conectarse al sistema de alcantarillado y desagüe de los centros urbanos de las municipalidades por traer cortocircuitos en el sistema de tratamiento.

#### **4.2.1 Evaluación del cumplimiento del D.S. 003-2010-MINAM, Límite Máximo Permisible de Efluentes de PTAR para vertidos en cuerpos de agua.**

Tabla 05: Cumplimiento de los LMP de los efluentes para PTAR Norte del distrito de Chucuito, Puno.

PARÀMETR O	UNIDA D DE MEDID A	REPETICIONES		PROMEDI O	LM P	OBSERVACI ÒN
		OCTUBR E	NOVIEMBR E			
pH	Unidad es de pH	7.73	6.79	7.26	6.5- 8.5	CUMPLE
Sólidos totales en suspensión	mg/l	152.00	230.00	191.00	150	NO CUMPLE
DBO	mg/l	800.00	790.00	795.00	100	NO CUMPLE
DQO	mg/l	1,650.00	1590.00	1,620.00	200	NO CUMPLE

Según los parámetros analizados y sometidos a la normativa nacional del D.S. N° 003-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles para efluentes de plantas de tratamientos de aguas residuales domésticas o municipales, se puede apreciar que la PTAR de Norte de Chucuito, Puno, solo cumple tres de los cuatro parámetros analizados, sobrepasando en él los tres casos mencionados por mucho el límite establecido, como es el caso de la DQO que sobrepasa el límite permisible en 1,420 mg/l, la DBO en 695 mg/l por encima de la norma, y ya un poco más cercano a la normativa se encuentran los Sólidos Totales en Suspensión que sobrepasan en 41 mg/l; siendo el único que cumple la norma el pH con un valor promedio de 7.26 neutro con tendencia alcalina.

**4.3 DIFERENCIA DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS ENTRE EL AFLUENTE Y EFLUENTE DE LA PTAR NORTE DEL DISTRITO DE CHUCUITO, PUNO.**

Tabla 06: Resultados de la Diferencia para cada uno de los parámetros analizados entre las muestras de los puntos MA y ME, en la primera y segunda repetición.

<b>OCTUBRE, 2020</b>					
<b>CLAVE USUARIO</b>	<b>pH</b>	<b>sólidos totales en suspensión mg/l</b>	<b>oxígeno Disuelto mg/l</b>	<b>DBO mg/l</b>	<b>DBQ mg/l</b>
MA-001 AFLUENTE	7.87	127.00	1.70	799.90	1,400.00
ME-001 EFLUENTE	7.73	152.00	1.20	800.00	1,650.00
PROMEDIO	7.80	139.50	1.45	799.95	1525.00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.09758074	17.6776695	0.35355339	0.07071068	176.776695
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.01251195	0.12672165	0.24382992	8.8394E-05	0.11591914
SIGNIFICANCIA	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO
<b>NOVIEMBRE, 2020</b>					
<b>CLAVE USUARIO</b>	<b>pH</b>	<b>sólidos totales en suspensión mg/l</b>	<b>oxígeno Disuelto mg/l</b>	<b>DBO mg/l</b>	<b>DBQ mg/l</b>
MA-002 AFLUENTE	7.38	214.00	1.70	811.10	1620.00
ME-002 EFLUENTE	6.79	230.00	1.20	790.00	1590.00
PROMEDIO	7.08	222.00	1.45	800.55	1605.00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.41365747	11.3137085	0.35355339	14.9199531	21.2132034
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.05838908	0.05096265	0.24382992	0.01863713	0.01321695

---

SIGNIFICANCIA	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO
---------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

---

El pH, los Sólidos Totales en Suspensión, la DBO y la DQO no mostraron un coeficiente de variación significativo donde la media es altamente representativa, debido a que la dispersión de los resultados obtenidos son muy bajas durante la primera y segunda repetición realizada; concluyendo que la variación en el pH, los Sólidos Totales en Suspensión, la DBO y la DQO entre los puntos de muestras MA y ME no son significativas, encontrándose valores similares o parecidas en los puntos de muestreo

## CONCLUSIONES

- La eficiencia de remoción del tratamiento físico-químico del PTAR Norte del Distrito de Chucuito Puno, es deficiente, con valores que no superan el 08% de eficiencia y en el peor de los casos al mezclarse las aguas residuales con las aguas de lluvias su eficiencia disminuye aún más con valores negativos de hasta -19.69% para el caso de los STS y de -17.89% para la DQO, siendo el pH el único parámetro que se mantiene positivo en su eficiencia con una mínima de 1.75% y una máxima de 7.99%, similar pero en valores más bajos se encuentra la DBO con una mínima de -0.01% y una máxima de 2.60%, afirmando la hipótesis de la presente investigación.
- La diferencia y/o concentración de la DBO, DQO, pH y STS entre el afluente y efluente de la PTAR Norte del distrito de Chucuito, Puno no es significativa, encontrándose valores similares o parecidas en los puntos de muestreo, con concentraciones altas en ambos puntos.
- De cada uno de los cuatro parámetros evaluados se tiene que la DBO, DQO y los STS sobrepasan los Límites Máximos Permisibles establecidos por el D.S. N° 003-2010-MINAM con valores por encima del límite de 695 mg/l, 1,420 mg/l y 41 mg/l sucesivamente; siendo solo el pH el único que cumple la norma con un valor promedio de 7.26 neutro con tendencia alcalina.

### RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los hoteles y restaurantes instalados en el área urbana del Distrito de Chucuito hacer un manejo adecuado de sus aguas residuales, instalando trampas de grasas que ayudan a reducir las altas concentraciones de aceites, grasas, detergentes, restos de comida entre otros que ingresan a la Planta de Tratamiento y no permiten que el sistema pueda funcionar correctamente.
- Se recomienda un mantenimiento periódico de la Planta de Tratamiento por parte del operario encargado de su mantenimiento, de por lo menos tres veces por semana, para la limpieza del sistema de cribado, trampa de grasas, filtro percolador, pozas de sedimentación y manejo de lodos.
- Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Chucuito, gestionar la documentación necesaria para acelerar el proceso de construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales de la que es beneficiaria de las diez que se ejecutarán en todo el anillo circunlacustre anunciada por el Estado Peruano.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Álvarez, Javier, Hugh, Nicanor y Loza, Manuel (2011). «Evaluación de un sistema de tratamiento de aguas residuales del prebeneficiado de café (*Coffea arabica*) implementado en la comunidad Carmen Pampa provincia Nor Yungas del Departamento de La Paz». *Journal of the Selva Andina Research Society* 2(1):34-42.
- Andrade, Reyna (2020). «Evaluación de la eficiencia en la Planta de tratamiento de Aguas residuales, Distrito de Macusani, Región Puno - 2020». Tesis de Grado, Universidad Privada San Carlos, Puno.
- Arce, Luis (2013). «Urbanizaciones sostenibles: Descentralización del tratamiento de aguas residuales residenciales». Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Arocutipa, Juan (2013). «Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en Massiapo del Distrito de Alto Inambari-Sandia». Tesis de Grado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Aspajo, Lolo (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». Tesis de Grado, Universidad Cesar Vallejo, Moyobamba.
- Bayas, Jessica (2019). «Análisis de Eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Sector el Camal del Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi, periodo 2018». Tesis de Grado, Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador, Latacunga.
- Callata, J. (2014). «Evaluación y propuesta de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Distrito de Ajoyani - Carabaya - Puno - 2013». Tesis de Grado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Cedrón, Olga, y Cribilleros, Ana (2017). «Diagnóstico del Sistema de Aguas Residuales en Salaverry y propuesta de solución». Tesis de Grado, Universidad Privada



Antenor Orrego, Trujillo.

Correa, G., Cuervo, H., Mejía, R. y Aguirre, N. (2012). «Monitoreo del sistema de lagunas de estabilización del municipio de Santa Fé de Antioquia, Colombia». *Producción + Limpia*, 36-51.

Cortés, F., A. Luévanos, A. Uranga, C. Ávila, y J. Gonzáles (2011). «Diseño de Lagunas de Estabilización en serie con diferentes configuraciones. (Caso Comarca Lagunera Estado de Durango, México)». *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 16.

Galvez, Carlos (2013). «Eficiencia de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de San Lucas Sacatepéquez». Tesis de Grado, Universidad Rafael Landívar, Guatemala de la Asunción.

Guillermo, K. (2011). «Calidad de aguas residuales del tratamiento primario en pozas de oxidación del distrito de Viques-Huancayo». Tesis de Grado, Universidad Nacional del Centro de Perú, Huancayo.

Lozano, R. (2012). «Fundamentos de Diseño de Plantas Depuradoras de Aguas Residuales». Curso, Universidad Piloto de Colombia, Bogotá.

Mamani, Y. (2017). «Evaluación de la operatividad y rediseño de la laguna de estabilización del Distrito de Ilave, Provincia de El Collao». Tesis de Grado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

Manzanares, Frescia y Fisher, Antony (2017). «Remoción de materia orgánica de agua residual con filtros aerobios en medio sintético reciclable a escala piloto». Tesis de Grado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.

Martínez, Manuel (2016). «Eficiencia en la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno y Sólidos Suspendidos Totales en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Celendín». Tesis de Grado, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

Mellado, Z. (2017). *Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Localidad de Chucuito - PTAR Norte. Informe Técnico*. Puno: Municipalidad Distrital de Chucuito.

- Montejo, Angie y Contreras, Álvaro (2020). «Evaluación del nivel de eficiencia de la Planta de tratamiento de Aguas Residuales ubicada en el Sector de Filipote del Municipio de Ocaña Norte de Santander». Tesis de Grado, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Ocaña, Colombia.
- Organización mundial de la Salud (2005). «Guías para la calidad del agua potable». Pp. 590-607 en *Agua Urbana*. Ginebra.
- Ortega, Jhonny (2018). «Evaluación de la eficiencia de las lagunas de estabilización llave y Perú Biirf y su efecto en la Contaminación del río llave». Tesis de Grado, Universidad Privada San Carlos, Puno.
- Parra, L. (2006). «Operación de un filtro anaerobio de flujo ascendente (fafa) hasta alcanzar el estado estable». Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales, Manizales.
- Quispe, J. (2013). «Propuesta metodológica para la evaluación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante lagunas de estabilización - Azángaro». Tesis de Grado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Rodríguez, J. (2009). «Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio , pH , conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto , ( ASADAS ), de cada distrito de Grecia , cantón de Alajuel». *Revista Pensamiento* 9(12):125-34.
- Rolim, Sérgio (2000). *Lagunas de Estabilización*. Santa fe de Bogotá: Mc Graw Hill.
- Salazar Larrota, Luis, Ludwing Uribe García, Luisa Gómez Torres, y Carlos Zafra Mejía. 2019. «Análisis de la eficiencia de reactores UASB en una planta de tratamiento de aguas residuales municipales». *DYNA* 86(209):319-26. doi: 10.15446/dyna.v86n209.70332.
- Sánchez, F., Molina, F., Martínez, M., Sánchez, F., Cifuentes, M., Martínez, M., y Cánovas, J. (2004). «Cuencas hidrográficas. fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión». *Atencion Primaria* 33(6):312-19.
- Sawyer, C., McCarthy, P. y Parkin, G. (2001). *Química para Ingeniería Ambiental*. 4.<sup>a</sup> ed.

Bogotá: MCGRAW-HILL.

Sierra, Carlos. (2011). *Calidad del agua, Evaluación y Diagnóstico*. editado por Editores de la U. Medellín: Universidad de Medellín.

Song, B., y Hedrick, J. (2004). «Observer-based dynamic surface control for a class of nonlinear systems: An LMI approach». *IEEE Transactions on Automatic Control* 49(11):1995-2001.

Turpo, Jimmy y Cano, Wilfredo (2019). *Evaluación de parámetros de agua de la PTAP Aziruni, Puno 2017*. Crihan, Ecaterina. Puno: Editorial Académica Española.

Valdez, Atilio (2016). «Aplicación de microorganismos eficaces (EM) para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la localidad de Chucuito». Tesis de Grado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

Velasco, Paola (2017). «Evaluación de la eficiencia en la remoción de materia orgánica en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la Ciudad de Manta». Tesis de Grado, Universidad Central del Ecuador, Manabí.

Villanueva, Lizeth y Yance, Jackeline (2017). «Mejoramiento de la eficiencia de remoción de materia orgánica y coliformes termotolerantes en la PTAR del Distrito de Huáchac-Chupaca». Tesis de Grado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.

World Water Assessment Programme (2003). *Agua para todos, agua para la vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*. París: UNESCO - WWAP.

**ANEXOS**

**Anexo 1. Operacionalización de variables**

**Problema General**

- ¿Cuál será la eficiencia del tratamiento físico-químico de las aguas residuales de la Planta de Tratamiento Norte del Distrito de Chucuito, Provincia de Puno?

**Problemas Específicos**

- ¿Cuál será la concentración de la DBO, DQO, pH y SST en el afluente y efluente de las aguas residuales de la PTAR Norte del Distrito de Chucuito?
- ¿Cuál será el porcentaje de eficiencia en tratar los parámetros físico-químicos a analizarse en la PTAR Norte del Distrito de Chucuito?
- ¿Cumplirán los Límites Máximos Permisibles (LMP) D.S. 003-2010-MINAM los parámetros evaluados?

<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>
<b>Objetivos General</b>	<b>Hipótesis General</b>
Determinar la eficiencia del tratamiento físico-químico de las aguas de la Planta de Tratamiento Norte del Distrito de Chucuito.	La eficiencia del tratamiento físico-químico de las aguas residuales de la Planta de Tratamiento Norte del Distrito de Chucuito es deficiente.
<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar la concentración de la DBO, DQO, pH y SST en el afluente y efluente de las aguas residuales de la PTAR Norte del Distrito de Chucuito.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La concentración de la DBO, DQO, pH y SST en el afluente y efluente de las aguas residuales de la PTAR Norte del Distrito de Chucuito es alta.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar el porcentaje de eficiencia que tiene la PTAR Norte para tratar los parámetros físico-químicos del Distrito de Chucuito.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El porcentaje de eficiencia que tiene la PTAR Norte del Distrito de Chucuito en los parámetros analizados es baja.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparar los parámetros evaluados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) D.S. 003-2010-MINAM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los parámetros evaluados no cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) D.S. 003-2010-MINAM.</li> </ul>

VARIABLES	INDICADORES
Variable Dependiente	
Afluente	
DBO	mg/L
DQO	mg/L
SST	mg/L
pH	pH

Variables Independientes	
Efluente	
DBO	mg/L
DQO	mg/L
SST	mL/L
pH	pH

**Anexo 02: Resultados de laboratorio para las dos repeticiones de toma de muestra de estudio.**



**PERÚ** Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

**CERTIFICADO DE ANALISIS**

SOLICITANTE : Julio Cesar Arias Tito.  
 DIRECCION :  
 PROCEDENCIA : Puno PTAR Chucuito Puno.  
 LUGAR :  
 N° MUESTRAS : 02.  
 PRODUCTO : Análisis de Agua.  
 TIPO DE ANALISIS : Análisis Especial.  
 FECHA DE RECEPCION : 19 de Octubre de 2020.  
 FECHA DE CERTIFICACION : 27 de Octubre de 2020.

N°	Clave Usuario	pH	T° C	C.E µS/cm 25 °C	Solidos Suspendidos Totales mg/l	Oxígeno Disuelto mg/l	DBO mg/l	BOD mg/l
D1	MA-001 Afluente	7.666	16.50	1790	127	1.70	799.90	1400.06
D2	ME-001 Efluente	7.730	16.50	2100	152	1.20	800.00	1680.00

**Referencias:**  
 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimprisión, Octubre 1998. 199p.  
 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1968. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey.

**Conclusiones:**  
 La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

**Nota:**  
 Cualquier consulta pls entendida en este presente documento. (El informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo).

**Observaciones:** Ninguna.



**JORGE CAJALILLA ROSAS**  
 Jefe Laboratorio Análisis  
 S.A.L.C.O.

Los resultados son aplicables a esta muestra.

La Rinconada Salcedo S/N° - Puno  
 T: (061) 363812  
 www.inia.gob.pe  
 www.minagri.gob.pe





PERÚ

Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

**CERTIFICADO DE ANALISIS**

SOLICITANTE : Julio Cesar Arias Tito.  
 DIRECCION :  
 PROCEDENCIA : Puno PTAR Chucuito Puno.  
 LUGAR :  
 Nº MUESTRAS : 02.  
 PRODUCTO : Análisis de Agua.  
 TIPO DE ANALISIS : Análisis Especial.  
 FECHA DE RECEPCION : 23 de Noviembre de 2020.  
 FECHA DE CERTIFICACION : 02 de Diciembre de 2020.

Nº	Clave Usuario	pH	T° C	C.E µS/cm 25 °C	Sólidos Suspendidos Totales mg/l	Oxígeno Disuelto mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l
01	MA-002 Afluente	7.377	21.70	3000	214	1.70	811.10	1620.00
02	ME-002 Efluente	6.792	19.80	2655	230	1.20	790.00	1390.00

**Referencias:**

1. -Methods of analysis for soils, plants and water. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta edición. Octubre 1985.
2. - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey.

**Conclusiones:**

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

**Nota:**

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo).

**Observaciones:** Ninguna.



ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO  
 JULIO CESAR ARIAS TITO  
 Ing. JORGE CAMACHO ROSAS  
 Jefe Laboratorio Análisis  
 S.A.S. I.I.I.I.I.

Los resultados son aplicables a esta muestra.

La Rincónada Salcedo S/Nº - Puno  
 T: (051) 363812  
 www.inia.gob.pe  
 www.minagri.gob.pe

**EL PERÚ PRIMERO**



**Anexo 03: Reporte del tiempo del SENAMHI de las fechas de toma de muestras.**

Estación : RINCÓN DE LA CRUZ

Departamento :	PUNO	Provincia :	PUNO	Distrito :	ACORA
Latitud :	15°59'24.6"	Longitud :	69°48'34.6"	Altitud :	3887 msnm.
Tipo :	CO - Meteorológica	Código :	115052		

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/10/2020	15	4	93.1	27.5
2/10/2020	15.4	2.4	86.4	0.8
3/10/2020	15.2	2.4	86.2	0
4/10/2020	15.2	2.4	85.4	0
5/10/2020	16	3.4	82.7	0
6/10/2020	16.6	2.8	80	0
7/10/2020	15.2	7.2	84.5	0
8/10/2020	17.6	2.6	81.7	0
9/10/2020	18.2	2.8	79.5	0
10/10/2020	17	4.8	78	0
11/10/2020	17.8	2.2	80.3	1.2
12/10/2020	16.2	2.4	85.5	0
13/10/2020	15.4	2.6	80.3	7.2
14/10/2020	13.8	4.4	86.2	2.4
15/10/2020	13.6	4	86.5	13.4
16/10/2020	12.6	3.2	89.9	9.7
17/10/2020	15	3	85.2	9.8
18/10/2020	13.6	2.6	85.9	8
19/10/2020	15.4	1.4	88.2	4.2

20/10/2020	15.4	3.2	87.3	0.8
21/10/2020	15	4	86.8	7.2
22/10/2020	14	3.6	88.1	3.2
23/10/2020	16	2.8	86.5	0
24/10/2020	18.2	3	78.3	0
25/10/2020	17.8	2.4	82.1	0.4
26/10/2020	18.8	2.6	78.5	0
27/10/2020	19	2.6	66.9	0
28/10/2020	17	0.8	61.3	0
29/10/2020	17	-1.8	60.9	0
30/10/2020	16.6	4.8	74.4	0
31/10/2020	17.6	1.6	77.6	0

---

Estación : RINCÓN DE LA CRUZ

Departamento :	PUNO	Provincia :	PUNO	Distrito :	ACORA
Latitud :	15°59'24.6"	Longitud :	69°48'34.6"	Altitud :	3887 msnm.
Tipo :	CO - Meteorológica	Código :	115052		

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/11/2020	18.4	3.8	61	0
2/11/2020	16.8	5.4	77.9	0
3/11/2020	16.2	3.8	77.8	0
4/11/2020	16.4	2.2	68.5	0
5/11/2020	17.8	-0.8	68.4	0
6/11/2020	17.6	3.2	77.8	0
7/11/2020	14.2	2	S/D	0
8/11/2020	17	2	76.1	0
9/11/2020	18.2	1.8	71.3	0
10/11/2020	17.4	5.6	63.7	0
11/11/2020	17.8	2.8	82.8	0
12/11/2020	18.4	3.6	63.6	0
13/11/2020	17.4	-0.2	68.2	0
14/11/2020	18.2	0.8	70.1	0
15/11/2020	19.4	1	70.8	0
16/11/2020	18.4	3.6	81.8	0
17/11/2020	19.4	3.2	67.6	0
18/11/2020	19.2	0.8	63.8	0
19/11/2020	18.4	4	76.6	0
20/11/2020	18.6	4.2	71.5	0
21/11/2020	19.4	2.4	64.8	0

22/11/2020	18.4	3.6	57.3	0
23/11/2020	18.4	1	77.2	0
24/11/2020	20.4	5.4	70.9	0
25/11/2020	20.4	4.8	66.2	0
26/11/2020	19.4	4.6	72.6	0.5
27/11/2020	19.4	4	82.6	1.6
28/11/2020	18.2	4.8	78.4	3
29/11/2020	17.2	6.8	86.3	0
30/11/2020	18.8	5	72	0

---

**Anexo 04: Límites Máximos Permisibles del D.S. 003-2010-MINAM.**

PARÁMETROS	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDO A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	10,000
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	100
Demanda química de oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos totales en suspensión	mg/L	150
Temperatura	°C	Menor a 35

Anexo 5: Cadenas de custodias.

Anexo C. Cadena de custodia  
Cadena de Custodia  
LABORATORIO: Instituto Nacional de Información y Desarrollo Puno

AGUA

Solicitante : Julio Cesar Arico Tito Proyecto :  
 Dirección : PTAR Norte Chucuito Dist: Chucuito Prov. : Puno Dpto.: Puno Nº Informe de Ensayo: 001  
 Contacto : Julio Cesar Arico Tito Telefono : 992359952 Formulario Caja N° :  
 e-mail : julioj.yata@gmail.com Firma :  
 Responsable del muestreo: Julio Cesar Arico Tito

COD. LAB. (1)	COD. CAMPO	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	MATRIZ (2)	ORIGEN DE LA FUENTE (3)	LOCALIDAD	DISTRITO	PROVINCIA	DPTO.	U.T.M.		FRASCOS POR PUNTO DE MUESTREO		VOLUMEN TOTAL (ml)
										ESTE	NORTE	P	V	
		18-10-20	16:30	AR	AFuente	Chucuito	Chucuito	Puno	Puno	404742	8243269	01	1L	1000 mL
		18-10-20	12:23	AR	EFuente	Chucuito	Chucuito	Puno	Puno	404996	8243311	01	1L	1000 mL

ENTREGADO POR				RECEBIDO POR			
NOMBRE	INSTITUCIÓN	FIRMA	FECHA	HORA	NOMBRE	INSTITUCIÓN	FIRMA

Muestras recibidas en frascos  
 Tipo de recipiente adecuado  
 Muestras dentro del periodo  
 Conservación de las muestras:  
 Frío  Ambiente

SI No Comentarios

Entregado por: SHOTON REDMI 9  
 Recebido por: AI QUAD CAMERA  
 2020/10/19 08:01



Anexo A. Cadena de custodia

Cadena de Custodia

LABORATORIO: Instituto Nacional de Innovación Agraria

AGUA

Solicitante: Julio Cesar Arico Tito Proyecto: \_\_\_\_\_ N° Informe de Ensayo: \_\_\_\_\_  
 Dirección: PTAR Nari Dist.: Chucuito Prov.: Chucuito Dpto.: Chucuito  
 Contacto: Julio C. Arico Tito Teléfono: 992759957 Formulario Caja N°: \_\_\_\_\_  
 e-mail: Julio.g.yrat@gmail.com  
 Responsable del muestreo: Julio Cesar Arico Tito Firma: \_\_\_\_\_

COD. LAB. (1)	COD. CAMPO	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	MATRIZ (2)	ORIGEN DE LA FUENTE (3)	LOCALIDAD	DISTRITO	PROVINCIA	DPTO.	U.T.M.		N° DE FRASCOS POR PUNTO DEMUESTREO	VOLUMEN TOTAL (ml)
										ESTE	NORTE		
MA 067	22-11-20	11:10	AR	AF (canche)	Chucuito	Chucuito	Chucuito	Puno	404342	8245269	01	1L	1000 mL
ME 003	22-11-20	12:40	AR	EF (canche)	Chucuito	Chucuito	Chucuito	Puno	404346	8245311	01	1L	1000 mL

- (1) Campo exclusivo para el laboratorio
- (2) AP(Agua Potable), AR(Agua Residual), AS(Agua Superficial), AT(Agua Subterránea), AM(Agua de mar), AL(Agua Pluvial), EF(Efluente), VE(Ventilamientos)
- (3) AS origen de la muestra. Deben coincidir con las etiquetas de los frascos

ENTREGADO POR:	RECIBIDO POR:	ENTREGADO POR:	RECIBIDO POR:	ENTREGADO POR:	RECIBIDO POR:

SHOT ON REDMI 9  
AI QUAD CAMERA

2020/11/23 09:02



**Anexo 6: Registro fotográfico de la zona de estudio.**

Toma de muestras de agua para la primera repetición en la PTAR Norte de Chucuito, Puno





Toma de muestras de agua en el afluente para la segunda repetición en la PTAR Norte de Chucuito, Puno



Medición de parámetros de campo en el afluyente en el afluyente para la segunda repetición en la PTAR Norte de Chucuito, Puno.



Toma de muestras en el afluente en el efluente para la segunda repetición en la PTAR Norte de Chucuito, Puno.



Medición de parámetros de campo en el efluente en el afluente para la segunda repetición en la PTAR Norte de Chucuito, Puno.



Vista general de la PTAR Norte del Distrito de Chucuito, Puno.