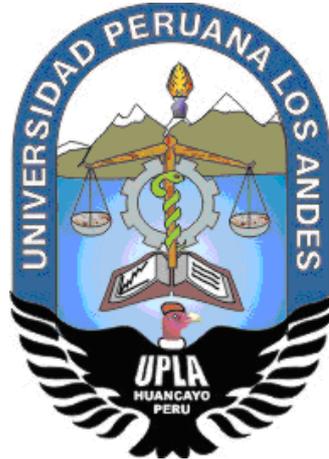


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE
LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN DEL CENTRO
POBLADO DE YAURECCAN, HUANCVELICA - 2018**

PRESENTADO POR:

Bach. PACO ARROYO, PAUL ANGEL.

Bach. ROJAS PAUCAR, DANTE CIPRIANY.

Línea de Investigación Institucional:

Nuevas tecnologías y procesos.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

Huancayo – Perú

2020

Ing. Vladimir Ordoñez Camposano.

Asesor

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres y hermanas por ser mi apoyo y sostén diario en todo este tiempo de arduo esfuerzo.

Paul Ángel Paco Arroyo.

Dedico mi tesis a Dios y a mis padres por darme la oportunidad de lograr escalar profesionalmente y por ser el soporte principal en este largo camino que me ha tocado recorrer.

Dante Cipriany Rojas Paucar.

Agradecimientos

Agradezco con todo mi corazón a todos los profesionales y docentes que me apoyaron en el desarrollo de este trabajo de investigación

Paul Ángel Paco Arroyo.

Agradezco desde lo más profundo de mi ser a todos los docentes que han sido parte de mi formación profesional y del desarrollo y culminación de esta investigación.

Dante Cipriany Rojas Paucar.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Casio Aurelio Torres López.
Presidente

Mg. Henry Gustavo Pautrat Egoavil.
Jurado

Ing. Rando Porras Olarte.
Jurado

Ing. Edmundo Muñico Casas.
Jurado

Mg. Miguel Ángel Carlos Canales.
Secretario docente

ÍNDICE

Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1. Planteamiento del problema	16
1.2. Formulación y sistematización del problema	17
1.2.1. Problema general	17
1.2.2. Problemas específicos	17
1.3. Justificación	17
1.3.1. Práctica	17
1.3.2. Metodológica	18
1.4. Delimitación	18
1.4.1. Espacial	18
1.4.2. Temporal	18
1.4.3. Económica	19
1.5. Limitaciones	19
1.6. Objetivos	19
1.6.1. Objetivo general	19
1.6.2. Objetivos específicos	19
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes	20
2.1.1. Nacionales	20
2.1.2. Internacionales	21
2.2. Marco conceptual	22
2.2.1. Laguna de estabilización	22
2.2.2. Laguna aerobia	23
2.2.3. Laguna anaerobia	23
2.2.4. Diseño de lagunas anaerobias	24

2.2.5. Laguna facultativa	27
2.2.6. Diseño de lagunas facultativas	27
2.2.7. Tiempo de retención hidráulica	28
2.2.8. Calidad de efluentes de lagunas de oxidación	28
2.3. Definición de términos	29
2.4. Hipótesis	29
2.4.1. Hipótesis general	29
2.4.2. Hipótesis específicas	30
2.5. Variables	30
2.5.1. Definición conceptual de las variables	30
2.5.2. Definición operacional de las variables	30
2.5.3. Operacionalización de las variables	30
CAPÍTULO III	32
METODOLOGÍA	32
3.1. Método de investigación	32
3.2. Tipo de investigación	32
3.3. Nivel de investigación	32
3.4. Diseño de la investigación	32
3.5. Población y muestra	33
3.5.1. Población	33
3.5.2. Muestra	33
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
3.7. Procedimiento de recolección de datos	33
3.7.1. Pre campo	33
3.7.2. Campo	33
3.7.3. Gabinete	34
3.7.4. Elaboración del informe	34
3.8. Técnicas y análisis de datos	34
CAPÍTULO IV	35
RESULTADOS	35
4.1. Características fisicoquímicas, bioquímicas, químicas y bacteriológicas del afluente y efluentes de las lagunas de estabilización	35
4.1.1. Características fisicoquímicas	35
4.1.2. Características bioquímicas y químicas	37
4.1.3. Características bacteriológicas	39
4.1.4. Resumen de análisis	40
4.1.5. Comparación con los LMP para afluentes de plantas de tratamiento de	

aguas residuales	43
4.2. Eficiencia de remoción de las lagunas de estabilización	45
4.3. Diseño de lagunas de estabilización	46
4.3.1. Consideraciones para el diseño de la laguna anaerobia	46
4.3.2. Diseño de laguna anaerobia	47
4.3.3. Principales consideraciones para el diseño de la laguna facultativa	50
4.4. Prueba de hipótesis	53
4.4.1. Hipótesis específica A	53
4.4.2. Hipótesis específica B	54
4.4.3. Hipótesis específica C	54
CAPÍTULO V	55
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
5.1. Características fisicoquímicas, bioquímicas, químicas y bacteriológicas del afluente y efluentes de las lagunas de estabilización	55
5.2. Eficiencia de remoción de las lagunas de estabilización	56
5.3. Diseño de las lagunas de estabilización	56
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	63
Anexo N° 01: matriz de consistencia	64
Anexo N° 02: ensayos de laboratorio	66
Anexo N° 03: diseño de lagunas de estabilización	70
Anexo N° 04: Norma OS. 090	74
Anexo N° 05: panel fotográfico	90
Anexo N° 06: planos	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua.	29
Tabla 2. Operacionalización de las variables.	31
Tabla 3. Análisis fisicoquímico en el punto de muestreo N° 1.	35
Tabla 4. Análisis fisicoquímico promedio en el punto de muestreo N° 1.	35
Tabla 5. Análisis fisicoquímico en el punto de muestreo N° 2.	36
Tabla 6. Análisis fisicoquímico promedio en el punto de muestreo N° 2.	36
Tabla 7. Análisis fisicoquímico en el punto de muestreo N° 3.	36
Tabla 8. Análisis fisicoquímico promedio en el punto de muestreo N° 3.	37
Tabla 9. Análisis bioquímico y químico en el punto de muestreo N° 1.	37
Tabla 10. Análisis bioquímico y químico promedio en el punto de muestreo N° 1.	37
Tabla 11. Análisis bioquímico y químico en el punto de muestreo N° 2.	37
Tabla 12. Análisis bioquímico y químico promedio en el punto de muestreo N° 2.	38
Tabla 13. Análisis bioquímico y químico en el punto de muestreo N° 3.	38
Tabla 14. Análisis bioquímico y químico promedio en el punto de muestreo N° 3.	38
Tabla 15. Análisis bacteriológico en el punto de muestreo N° 1.	39
Tabla 16. Análisis bacteriológico promedio en el punto de muestreo N° 1.	39
Tabla 17. Análisis bacteriológico en el punto de muestreo N° 2.	39
Tabla 18. Análisis bacteriológico promedio en el punto de muestreo N° 2.	39
Tabla 19. Análisis bacteriológico en el punto de muestreo N° 3.	40
Tabla 20. Análisis bacteriológico promedio en el punto de muestreo N° 3.	40
Tabla 21. Resumen de análisis fisicoquímico en los tres puntos de muestreo.	40
Tabla 22. Resumen de análisis bioquímico y químico en los tres puntos de muestreo.	41
Tabla 23. Resumen de análisis bacteriológico en los tres puntos de muestreo.	42
Tabla 24. Comparación del resultado análisis fisicoquímico del punto de muestreo N° 2 con los límites máximos permisibles.	43
Tabla 25. Comparación del resultado análisis fisicoquímico del punto de muestreo N° 3 con los límites máximos permisibles.	44
Tabla 26. Comparación del resultado análisis bioquímico y químico del punto de muestreo N° 2 con los límites máximos permisibles.	44
Tabla 27. Comparación del resultado análisis bioquímico y químico del punto de muestreo N° 3 con los límites máximos permisibles.	44
Tabla 28. Comparación del resultado análisis bacteriológico del punto de muestreo N° 2 con los límites máximos permisibles.	45
Tabla 29. Comparación del resultado análisis bacteriológico del punto de muestreo N° 3 con los límites máximos permisibles.	45
Tabla 30. Eficiencia de remoción considerando el punto de muestreo N° 1 y N° 2.	46
Tabla 31. Eficiencia de remoción considerando el punto de muestreo N° 1 y N° 3.	46

Tabla 32. Principales consideraciones para el diseño de la laguna anaerobia.	46
Tabla 33. Determinación del parámetro Kt.	47
Tabla 34. Coeficiente de mortalidad neto corregido por la temperatura.	47
Tabla 35. Tiempo de retención hidráulico.	47
Tabla 36. Volumen de la laguna sin considerar lodos.	47
Tabla 37. Volumen de acumulación de lodos.	48
Tabla 38. Volumen de la laguna con lodos.	48
Tabla 39. Área de la laguna.	48
Tabla 40. Carga superficial inicial sobre la laguna.	48
Tabla 41. Dimensionamiento de la laguna.	48
Tabla 42. Carga superficial recalculada.	49
Tabla 43. Periodo de retención.	49
Tabla 44. Consideraciones finales de la laguna anaerobia.	50
Tabla 45. Principales consideraciones para el diseño de la laguna facultativa.	50
Tabla 46. Carga superficial de diseño de la laguna facultativa.	51
Tabla 47. Área requerida de la laguna facultativa.	51
Tabla 48. Dimensiones de la laguna facultativa.	51
Tabla 49. Producción de lodos.	51
Tabla 50. Periodo de retención.	52
Tabla 51. DBO ₅ de salida.	52
Tabla 52. Parámetros permisibles según MINAM.	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio.	18
Figura 2. Esquema de una laguna anaerobia.	23
Figura 3. Ábaco de Thirumuthi.	25
Figura 4. Esquema de los mecanismos asociados a la depuración en lagunas facultativas.	27
Figura 5. Resumen de análisis fisicoquímico en los tres puntos de muestreos.	41
Figura 6. Resumen de análisis bioquímico y químico en los tres puntos de muestreos.	42
Figura 7. Resumen de análisis bacteriológico en los tres puntos de muestreos.	43
Figura 8. Vista de las dimensiones de la laguna anaerobia.	49
Figura 9. Dimensiones de la laguna facultativa.	52
Figura 10. Dimensiones de la laguna facultativa.	52

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cuál es el resultado de la evaluación de la eficiencia de remoción de lagunas de estabilización del centro poblado de Yaureccan, Huancavelica - 2018?, el objetivo general fue: Evaluar la eficiencia de remoción de lagunas de estabilización del centro poblado de Yaureccan, Huancavelica - 2018 y la hipótesis general que se verificó fue: La eficiencia de remoción de lagunas estabilización del centro poblado de Yaureccan, Huancavelica – 2018 es baja.

El método general de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicada de nivel descriptivo - explicativo y el diseño fue no experimental. La población correspondió al afluente y efluentes de las lagunas de estabilización del Centro Poblado de Yaureccan, los mismos que fueron estudiados en tres puntos (un ingreso y dos salidas), donde en cada uno se caracterizó tres veces; para la muestra no se aplicó técnica de muestreo pues comprendió a la totalidad de la población.

Como conclusión principal se obtuvo que, la eficiencia de remoción de lagunas estabilización del centro poblado de Yaureccan, es baja de acuerdo a la caracterización del afluente y efluentes, requiriendo su reformulación.

Palabras clave: afluente, efluente, laguna de estabilización, eficiencia de remoción.

ABSTRACT

The general problem of this research was: What is the result of the evaluation of the removal efficiency of stabilization ponds in the town center of Yaureccan, Huancavelica - 2018? The general objective was: To evaluate the removal efficiency of stabilization ponds in the town center of Yaureccan, Huancavelica - 2018 and the general hypothesis that was verified was: The removal efficiency of stabilization ponds in the town center of Yaureccan, Huancavelica - 2018 is low.

The general research method was scientific, the type of research was applied at a descriptive-explanatory level and the design was non-experimental. The population corresponded to the affluent and effluents of the stabilization ponds of the Yaureccan Town Center, which were studied at three points (one entrance and two exits), where each one was characterized three times; for the sample, no sampling technique was applied because it included the entire population.

The main conclusion was that the removal efficiency of the stabilization ponds of the Yaureccan town center is low according to the characterization of the influent and effluent, requiring reformulation.

Key words: influent, effluent, stabilization pond, removal efficiency.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada: Evaluación de la eficiencia de remoción de lagunas de estabilización del centro poblado de Yaureccan, Huancavelica - 2018, nace de la problemática que a pesar que las lagunas de estabilización corresponde a una forma popular de tratamiento de aguas residuales debido al bajo costo de inversión y operación, a su habilidad para asimilar cargas orgánicas y a su éxito para la eliminación de elementos patógenos; no obstante, el debido diseño y control hace que, no cumplan debidamente su función; y tal problemática se vio reflejada en el centro poblado Yaureccan del distrito de Lacroja en la provincia de Churcampa del departamento de Huancavelica, que a pesar de contar con dos lagunas de estabilización no se da un debido tratamiento de sus aguas residuales; por lo tanto, en esta investigación se consideró como objetivo evaluar la eficiencia de remoción de lagunas de estabilización del centro poblado de Yaureccan, para lo cual en primera instancia se caracterizó fisicoquímica, bioquímica, química y bacteriológicamente el afluente y efluente de las lagunas de estabilización a fin de determinar la eficiencia de remoción y si estos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para efluentes de plantas de tratamientos de aguas residuales domésticas o municipales (PTAR) establecidos por el Ministerio de Ambiente según decreto Supremo N° 003-2010-MINAM; finalmente a fin de optimizar el tratamiento de las aguas residuales se propone el diseño de dos lagunas anaerobias y una laguna facultativa.

Esta investigación está estructurada en 5 capítulos, que se describen a continuación:

El Capítulo I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN, donde se desarrolla el planteamiento, formulación y sistematización del problema: problema general y específicos, la justificación práctica o social y metodológica, las delimitaciones tanto espacial, temporal y económica, las limitaciones y los objetivos tales como general y específicos.

El Capítulo II: MARCO TEÓRICO, aquí se trata de los antecedentes: internacionales y nacionales, el marco conceptual, la definición de términos, las hipótesis: general y específica, las variables: definición conceptual y operacional de la variable y la operacionalización de las variables.

El Capítulo III: METODOLOGÍA, donde se desarrolla el método de investigación, el tipo, nivel y diseño de la investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, el procesamiento de la información y las técnicas y análisis de datos.

El Capítulo IV: RESULTADOS, en este capítulo se presentan los resultados del estudio y las pruebas de las hipótesis.

El Capítulo V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS, donde se analizan las características fisicoquímicas, bioquímicas, químicas y bacteriológicas del afluente y efluentes de las lagunas de estabilización, la eficiencia de remoción y diseño de las lagunas de estabilización.

Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

Bach. Paco Arroyo, Paul Angel.

Bach. Rojas Paucar, Dante Cipriany.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial las lagunas de estabilización constituyen una forma popular de tratamiento de aguas residuales debido al bajo costo de inversión y operación, a su habilidad para asimilar cargas orgánicas y a su éxito para la eliminación de elementos patógenos; no obstante, el debido diseño y control hace que, no cumplan debidamente su función (Silva, 2004).

La situación de las aguas residuales en el Perú, y al igual que los demás países de Latinoamérica, es alarmante, debido a que son vertidos a ríos, lagunas y otros cuerpos de agua sin tratamiento o con tratamientos obsoletos tan desfigurados que perjudican y van contra la conservación del medioambiente (Moret, 2014); el caso de la región Ica y Lima según información de Rosales (2013) menciona que, desde hace años las lagunas de oxidación que concentran las aguas residuales están colapsadas, trayendo consigo contaminación que pone en peligro la salud de los pobladores; esto debido a las faltas de consideraciones en el diseño de mencionadas lagunas y el debido control.

En la región Huancavelica, se ha identificado un problema, y es que existe poca cobertura de tratamientos de aguas residuales y de contarlos se opta por lagunas de estabilización (por el bajo costo de implementación y mantenimiento); sin embargo, el efluente de estas lagunas de estabilización no cuenta un monitoreo para la determinación de la calidad y que cumplan con los límites máximos permisibles que exigen los reglamentos y normas que se aplican en el Perú.

Como no existe monitoreo para determinar la eficiencia de remoción de lagunas de estabilización ni monitoreo para determinar las características fisicoquímicas,

bioquímicas, químicas y bacteriológicas del afluente y efluentes de las lagunas de estabilización de la región Huancavelica; no sabemos si estas lagunas cumplen eficientemente su cometido para lo que han sido construidos. Del mismo modo se sospecha, que no cumplen con el diseño correcto que exige la Norma OS.090, respecto a las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Observando estos problemas mencionados, hemos creído por conveniente, realizar una investigación a una de las lagunas de estabilización ubicado en la región Huancavelica (Yaureccan), para determinar si los resultados de la evaluación de la eficiencia de remoción de lagunas de estabilización, son las esperadas y cumplen con los Límites Máximos permisibles y con la Norma OS.090 en cuanto al diseño de la laguna de estabilización.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el resultado de la evaluación de la eficiencia de remoción de lagunas de estabilización del centro poblado de Yaureccan, Huancavelica - 2018?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son las características fisicoquímicas, bioquímicas, químicas y bacteriológicas del afluente y efluentes de las lagunas de estabilización?
- b) ¿Cuál es el porcentaje de eficiencia de remoción de las lagunas de estabilización?
- c) ¿El diseño de las lagunas de estabilización cumple con la norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica

La justificación práctica de la presente investigación, se da porque se pretendió solucionar un problema real que aqueja al centro poblado Yaureccan, que se da por el ineficiente tratamiento de sus aguas residuales domésticas que, a pesar de contar con lagunas de estabilización, el afluente de las mismas no cumple con los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM, por lo tanto, se planteó otro sistema de tratamiento

conformado por dos lagunas anaerobias y una facultativa.

1.3.2. Metodológica

La presente investigación presenta justificación metodológica pues, se estableció una secuencia de pasos para la determinación de la eficiencia de remoción de un sistema de tratamiento conformado por lagunas de estabilización en base a los parámetros fisicoquímicas, bioquímicas, químicas y bacteriológicas del afluente y efluente en concordancia con los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM; a su vez se muestra las consideraciones mínimas para el diseño de lagunas anaerobias y facultativas, lo cual servirá en investigación similares.

1.4. Delimitación

1.4.1. Espacial

La presente investigación se desarrolló en el centro Poblado de Yaureccan, distrito de Locroja, provincia de Churcampa y departamento Huancavelica.

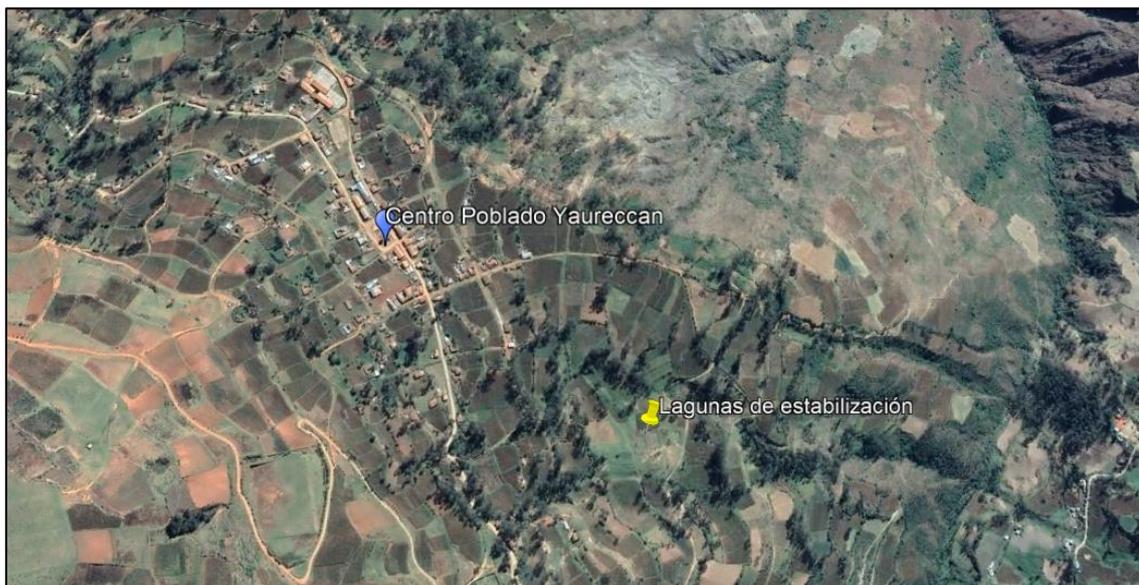


Figura 1. Ubicación del área de estudio.
Fuente: Google Earth (2020).

1.4.2. Temporal

La investigación se realizó en los meses de enero del 2018 hasta setiembre del 2018.

1.4.3. Económica

Los gastos relacionados con la ejecución de la presente investigación fueron asumidos en su totalidad por los tesisistas.

1.5. Limitaciones

1.5.1. De información

No se cuenta con suficiente información concerniente a la eficiencia de remoción de lagunas de estabilización en la sierra peruana, lo cual permita establecer parámetros de corrección durante el cálculo del mismo.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar la eficiencia de remoción de lagunas de estabilización del centro poblado de Yaureccan, Huancavelica - 2018.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Determinar las características fisicoquímicas, bioquímicas, químicas y bacteriológicas del afluente y efluentes de las lagunas de estabilización.
- b) Calcular el porcentaje de eficiencia de remoción de las lagunas de estabilización.
- c) Determinar si el diseño de las lagunas de estabilización cumple con la norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nacionales

Chupayo (2016) realizó la investigación: “Influencia del tiempo de retención hidráulica en la planta de tratamiento de la provincia de Jauja”, donde llegó a las siguientes conclusiones: Que el tiempo de retención hidráulica influye en la depuración de las aguas residuales, el tiempo crítico viene a ser aquel pasado el periodo de limpieza de las lagunas estabilización, cantidad que se incrementa al transcurso de los años por la acumulación de lodos y que el tiempo de retención hidráulica son por lo general valores teóricos pero se procura que estos se asemejen a lo real.

Moret (2014) realizó la investigación: “Optimización de lagunas de estabilización mediante el uso de macrofitas”, “llegando a las siguientes conclusiones: Que el agua residual, debe recuperarse al máximo posible para ser utilizada, las tareas fundamentales que deben cumplir las plantas de tratamiento de agua son la separación de sustancias particuladas y la extracción o destrucción de bacterias y virus patógenos, el diseño de un sistema de tratamiento de agua residual mediante lagunas de estabilización determina la capacidad y la eficiencia del mismo;” asimismo, se debe analizar el crecimiento poblacional al mediano y largo plazo, “y prever las áreas necesarias para la ampliación de los sistemas, además de ello, es necesario conocer también la calidad de los afluentes y el posible cuerpo receptor final, es importante tener un pretratamiento eficaz que retenga sólidos gruesos, grasas y material sedimentable, los tratamientos terciarios

de desinfección como la cloración, los sistemas de ozono o el UV”, si bien ayudan a eliminar virus y bacterias también pueden generar males.

Silva (2004) realizó la investigación: “Evaluación y rediseño del sistema de lagunas de estabilización de la Universidad de Piura”, llegando a las siguientes conclusiones: Para el cumplimiento lo estipulado por la OPS (Organización Panamericana de la Salud) la integración de las aguas residuales con el entorno es necesario la “correcta realización de la operación y el mantenimiento de las diferentes etapas que conforman el sistema de tratamiento, las lagunas de estabilización constituyen un método extremadamente eficiente y altamente rentable para el tratamiento de aguas residuales urbanas, de acuerdo a las condiciones de población y caudal afluente es necesario la determinación de los parámetros de diseño” o de la ampliación del sistema, para que la depuración de aguas residuales sea de manera eficiente es necesario mantener el control correspondiente y por último concluye que es importante el continuo registro de datos y el control de los diferentes parámetros que permitan evaluar la eficiencia de la operación así como la situación temporal del sistema de tratamiento.

2.1.2. Internacionales

Balaguer (2012) realizó la investigación: “Estudio de la influencia del tiempo de retención hidráulico en un reactor biológico secuencial (SBR) de depuración de aguas residuales procedentes de una tenería y optimización de la fase de sedimentación”, llegando a las siguientes conclusiones: Que la adición de fósforo es necesario para el tratamiento biológico, la aclimatación contribuye a la eliminación de DQO hasta en un 90 %, es necesario controlar la conductividad y el pH para evitar que estos afecten a la actividad de los microorganismos, para un reactor biológico el tiempo de retención hidráulica óptimo es de 2 días pues se obtiene una buena calidad del efluente; asimismo el TRH ayuda a la sedimentabilidad.

Robledo (2012) en su investigación: “Propuesta de un sistema de lagunas de estabilización, para el tratamiento de las aguas residuales de la zona poniente de la ciudad de Tapachula, Chiapas” llegó a las siguientes conclusiones: “Que el sistema de lagunas de estabilización es un método sencillo para la remoción de patógenos (bacterias y protozoarios que pueden causar enfermedades a los humanos) y helmintos, una de las desventajas del sistema de lagunas de estabilización son las grandes extensiones de

terrenos que requieren tanto las lagunas facultativas y las lagunas de maduración, esto hace que el costo de la planta de tratamiento aumente, el sistema de lagunas de estabilización es viable puesto que no se requiere de sistemas mecánicos, el costo de construcción y operación es muy bajo respecto a otros sistemas de tratamiento y que el diseño hidráulico es muy importante para el funcionamiento de la planta de tratamiento, de no ser así puede ocasionar la inoperación de la planta y la baja calidad del efluente.

Martínez y Guzmán (2003) realizaron la investigación: “Estudio y evaluación de las lagunas de estabilización como tratamiento de las aguas residuales domésticas en la Base militar No. 10 de Jutiapa, Colonia militar de Jutiapa, Base aérea del sur en Retalhuleu y Escuela politécnica en San Juan Sacatepéquez”, llegando a las siguientes conclusiones: Que el periodo de retención de los sistemas lagunares en estudio es mayor a lo requerido considerando las poblaciones que se atiende, por lo que se encuentran operando sobre diseñadas y que los sistemas de lagunas en serie no realizan a remoción de bacterias adecuadamente, como se muestra teóricamente, puesto que a mayor cantidad de unidades en un sistema la remoción de los coliformes debe ser mayor.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Laguna de estabilización

Según Menéndez y Díaz (2006) son estructuras simples de fácil operación y mantenimiento que se basa en el proceso de autopurificación, por lo general constituyen embalses naturales o artificiales, en tierra, expuestos al aire y sol, siendo las condiciones climáticas influyen significativamente en su funcionamiento; asimismo las lagunas de estabilización pueden ser consideradas como un reactor horizontal de flujo disperso donde ocurren diversos procesos a través de los cuales se produce la remoción de la materia orgánica y organismos patógenos.

Considerando la naturaleza de la actividad biológica que se presenta en las mismas y el metabolismo que prevale durante el funcionamiento, las lagunas de oxidación se clasifican en:

- Aerobias.
- Anaerobias.

- Facultativas.

2.2.2. Laguna aerobia

Según Moret (2014) son lagunas cuya profundidad oscila entre 1 a 1.5 m y tienen tiempo de residencia elevada (20 a 30 días), el grupo de algas, animales o especies de bacterias que se presentan dependen de la carga orgánica, el grado de mezcla de la laguna, el pH de los nutrientes, la luz solar y la temperatura; asimismo se pueden encontrar las siguientes:

- Aerobias: Con aireación natural, donde el oxígeno es suministrado por intercambio, a través de la interface aire – agua y principalmente por la actividad fotosintética de las algas.
- Aireadas: La cantidad de oxígeno suministrada por medios naturales es insuficiente para llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica necesitándose un suministro adicional de oxígeno por medios mecánicos.

2.2.3. Laguna anaerobia

Se caracterizan por la alta carga orgánica que presentan, son profundas y mantienen condiciones anaeróbicas en la mayor parte del volumen de la laguna. La parte superior de la laguna presenta una capa extremadamente delgada que mantiene contacto con el oxígeno, donde se tiene una influencia insignificante en la dinámica microbiana del medio acuático. Con el tiempo se forman natas por arriba del agua residual lo cual evita la presencia de las algas debido a la ausencia de luz solar e impide la difusión de oxígeno del aire; asimismo, en una laguna anaerobia que trabaja correctamente, las dos fases de digestión ocurren con equilibrio dinámico (Robledo, 2012).

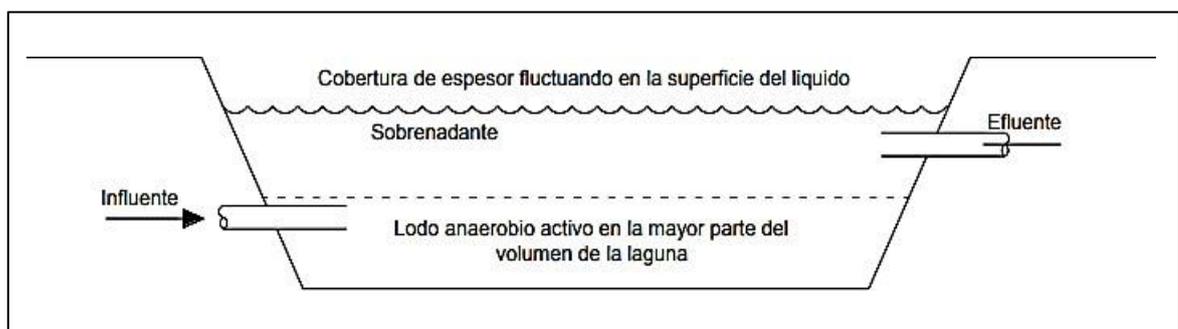


Figura 2. Esquema de una laguna anaerobia.
Fuente: Robledo (2012).

2.2.4. Diseño de lagunas anaerobias

Para el diseño de las lagunas anaerobias se considera lo estipulado por el Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2006), OPS (2005) y Peralta, Yungan y Ramírez (1999):

- Población actual.
- Tasa de crecimiento.
- Periodo de diseño.
- Población de diseño.

$$Pf = Po(1 + r) \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Dónde:

Pf : Población futura.

Po : Población inicial.

r : Tasa de crecimiento.

t : Periodo de diseño.

- Dotación.
- Contribución de desagüe (80 %).
- DBO₅ per cápita.
- Temperatura del agua en el mes más frío.
- Tasa de acumulación de lodos (100 – 120 L/hab/año).
- Caudal residual (Q).
- Relación entre el porcentaje remanente de DBO₅ después del tratamiento y el factor de dispersión de la laguna (Kt).

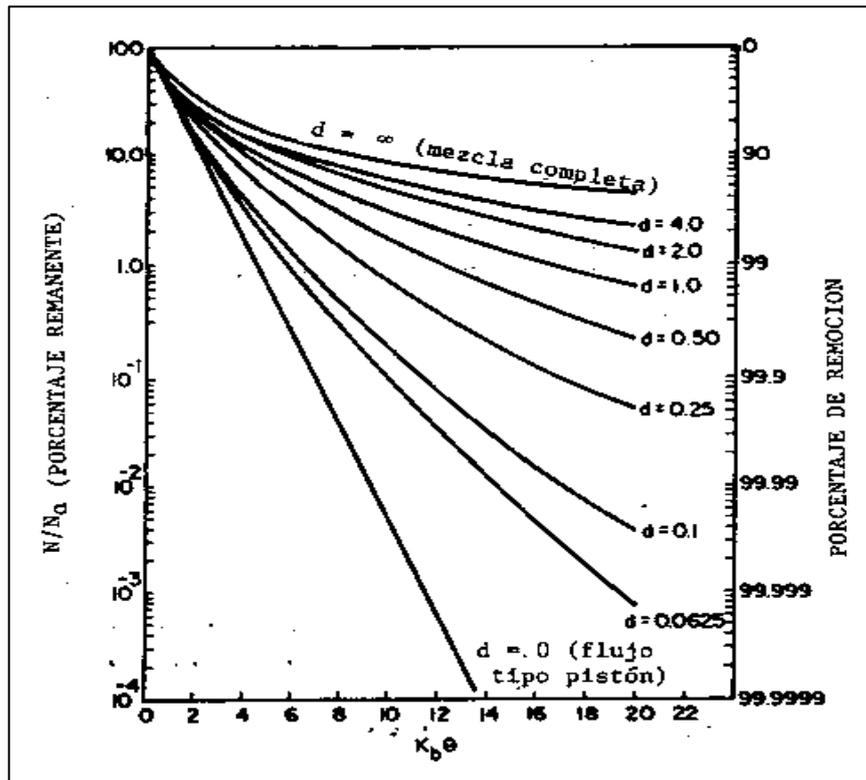


Figura 3. Ábaco de Thirumuthi.
Fuente: Menéndez y Díaz (2006).

- Coeficiente de mortalidad en dependencia de la temperatura.

$$K_T = K_{20}^{(T-20)} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde:

K_T : Coeficiente de mortalidad.

T : Temperatura del agua en el mes más frío.

Θ : Coeficiente de temperatura.

- El periodo de retención está dado por la siguiente fórmula:

$$t = \frac{K_t}{K_T} \quad (\text{Ecuación 3})$$

- Volumen de la laguna sin lodos:

$$V = Q \cdot t \quad (\text{Ecuación 4})$$

- Volumen de acumulación de lodos (VL):

$$V_L = \frac{\%T \cdot P_L \cdot N}{1000} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

%T : Tasa de acumulación de lodos.

PI : Periodo de limpieza.

N : Población.

- Volumen total de la laguna:

$$V_T = V_{sl} + V_L \quad (\text{Ecuación 6})$$

VT : Volumen total.

Vsl : Volumen sin lodos.

VL : Volumen de lodos.

- Carga superficial (Cs):

$$C_S = \frac{V_T(mgDBO_5/L)}{A} \quad (\text{Ecuación 7})$$

- Área requerida a la mitad de la laguna:

$$A_{requerido} = \frac{\text{Carga orgánica}}{\text{Carga volumétrica}} \quad (\text{Ecuación 8})$$

- Periodo de retención corregido (PR):

$$P_{Rr} = P_{Rt} \cdot F_{ch} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Dónde:

Fch: Factor de corrección hidráulico (0.3 – 0.8).

PRr: Periodo de retención corregida real.

PRt: Periodo de retención corregida teórica.

$$P_{Rt} = \frac{V_T}{Q} \quad (\text{Ecuación 10})$$

2.2.5. Laguna facultativa

Para Menéndez y Díaz (2006) en las “lagunas facultativas se distinguen dos zonas de trabajo características: una región aerobia en la superficie y cercana a ésta y una región anaerobia en el fondo. Entre ambas existe una zona, no muy bien delimitada”, facultativa (Ver Figura 4). Asimismo, menciona que las lagunas facultativas operan correctamente hasta cuando todo el volumen contenido no se encuentre oxigenado.

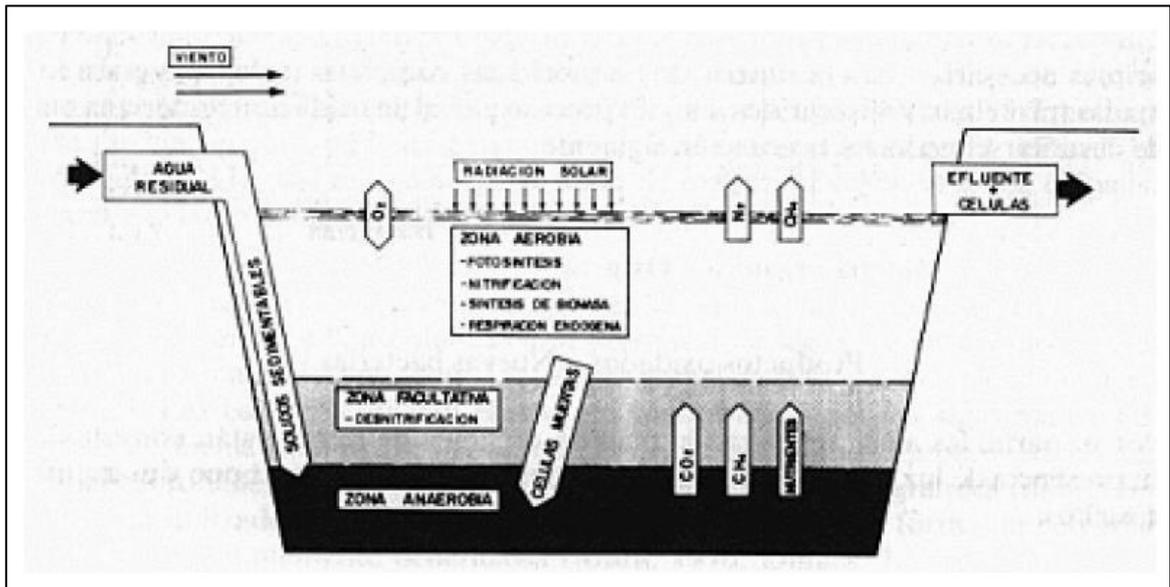


Figura 4. Esquema de los mecanismos asociados a la depuración en lagunas facultativas. Fuente: Menéndez y Díaz (2006).

2.2.6. Diseño de lagunas facultativas

Para el diseño de las lagunas anaerobias se considera lo estipulado por el Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2006), OPS (2005) y Peralta, Yungán y Ramírez (1999):

- Población actual.
- Tasa de crecimiento.
- Periodo de diseño.
- Población de diseño (Ecuación 1).
- Dotación.
- Contribución de desagüe (80 %).
- DBO₅ per cápita.
- Temperatura del agua en el mes más frío.

- Tasa de acumulación de lodos (100 – 120 L/hab/año).
- Carga orgánica.
- Caudal residual (Q).
- Carga superficial (Ecuación 7).
- Área requerida a la mitad de la laguna.
- Volumen de acumulación de lodos:
- Periodo de retención:
- DBO₅ de salida:

$$DBO_{\text{último de salida}} = \frac{DBO_{\text{último entrada}}}{1 + K'1} \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$K'1 = K_{20}(1.05)^{T-20} \quad (\text{Ecuación 12})$$

2.2.7. Tiempo de retención hidráulica

Corresponde al más importante “parámetro que interviene en la eficiencia de una laguna de oxidación, pues este periodo que esta cumpla su función de remoción de microorganismo, así como mejorar las condiciones de calidad de las aguas” (Martínez y Guzmán, 2003).

Cabe mencionar que el tiempo de retención hidráulica “no está asociado con tan sólo la obtención de bajos valores de concentración de DBO en el efluente, sino con la intervención de favorecer la eliminación de patógenos a través de la sedimentación” (Menéndez y Díaz, 2006).

2.2.8. Calidad de efluentes de lagunas de oxidación

La calidad del efluente de las lagunas de oxidación se fundamentan si es el agua cumple con los Límites Máximos Permisibles establecidos por el Ministerio del Ambiente, esto a fin de controlar los excesos de concentración de sustancias físicas, químicas y biológicas para evitar el daño a la salud y al ambiente (MINAM, 2010).

Estos Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR) se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua.

Parámetro	Unidad	L.M.P. de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	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: MINAM (2010).

2.3. Definición de términos

Agua residual. - Son producto de las distintas funciones que se realizan en las viviendas ya sea el “lavado de vajillas, desechos humanos, grasas, entre otros; representa una fuente de agua indirecta contaminada por su procedencia” (Moret, 2014).

Afluente. - Corriente de agua que abastece a otro curso de agua o alimenta una instalación (Martínez y Guzmán, 2003).

Cribado. - Es un proceso unitario que elimina los contaminantes más voluminosos, pueden ser flotantes o suspendidos del agua residual; estas se clasifican en función del tamaño de las partículas removidas, como finas o gruesas (Robledo, 2012).

Demanda bioquímica de oxígeno. - Es el parámetro “de polución orgánica más utilizado, que se aplica a las aguas residuales u superficiales, corresponde a la DBO a los 5 días” (DBO5) (Silva, 2004).

Demanda química de oxígeno. - Es la “cantidad de oxígeno necesario para oxidar químicamente los materiales orgánicos presentes en una muestra de agua” (Silva, 2004).

pH. - El pH es un “indicador de la concentración del ion hidrógeno, es muy importante para la calidad tanto de las aguas naturales como de las residuales” (Moret, 2014).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La eficiencia de remoción de lagunas estabilización del centro poblado de Yaureccan, Huancavelica – 2018 es baja.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Las características fisicoquímicas, bioquímicas, químicas y bacteriológicas del efluente y efluentes de las lagunas de estabilización no cumplen con los límites máximos permisibles (L.M.P) establecidos por el MINAM.
- b) El porcentaje de eficiencia de remoción de lagunas de estabilización es ser menor al 90 %.
- c) El diseño de las lagunas de estabilización no cumple con la norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de las variables

Variable independiente (X): Afluente y efluente de laguna de estabilización. – El afluente corresponde al agua residual que se descarga en la laguna de estabilización; mientras que, el efluente viene a ser lo que se descarga desde la laguna de estabilización posterior a su tratamiento.

Variable dependiente (Y): Eficiencia de remoción. - La eficiencia de remoción corresponde al porcentaje de reducción de un componente que ingresa en el afluente en relación a lo que sale en el efluente de la laguna de estabilización.

2.5.2. Definición operacional de las variables

Variable independiente (X): Afluente y efluente de laguna de estabilización. - Se optó su medición en base a los ensayos de parámetros fisicoquímicos, orgánicos y biológicos del afluente y efluente de la laguna de estabilización.

Variable dependiente (Y): Eficiencia de remoción. - La eficiencia de remoción se determinó de los sólidos totales en suspensión, la demanda química y bioquímica de oxígeno considerando al efluente y el afluente del proceso de tratamiento.

2.5.3. Operacionalización de las variables

Tabla 2. Operacionalización de las variables.

Variable	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente (X): Afluente y efluente laguna de estabilización	Calidad del afluente y efluentes	Parámetros fisicoquímicos Parámetros orgánicos Parámetros biológicos
Variable dependiente (Y): eficiencia de remoción	Eficiencia de remoción de sólidos totales en suspensión	STS del afluente STS del efluente
	Eficiencia de remoción de demanda bioquímica de oxígeno	DBO ₅ del afluente DBO ₅ del efluente
	Eficiencia de remoción de demanda química de oxígeno	DQO del afluente DQO del efluente

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

El método de investigación fue el científico, pues este rechaza o elimina todo procedimiento que busque manipular la realidad en forma caprichosa, tratando de imponer prejuicios, creencias o deseos que no se ajusten a un control adecuado de la realidad y de los problemas que se investigan.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue la aplicada considerando que, se pretendió resolver problemas prácticos con el conocimiento generado por la investigación básica con el propósito de cambio y asimismo será instrumento para la toma de decisiones.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de la investigación fue descriptivo – explicativo, por haber considerado al fenómeno de estudio y sus componentes, medición y definición de las variables; a su vez, se determinó las causas de dicho fenómeno y se generó un sentido de entendimiento.

3.4. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue el no experimental de corte transeccional, lo que se define como la investigación que se realiza sin manipulación deliberadamente de la variable independiente, de corte transeccional pues se describió las relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población correspondió al afluente y efluentes de las lagunas de estabilización del Centro Poblado de Yaureccan, distrito de Locroja, provincia Churcampa del departamento de Huancavelica, los mismos que fueron estudiados en tres puntos (un ingreso y dos salidas), donde en cada una se caracterizó tres veces.

3.5.2. Muestra

La muestra correspondió a la totalidad de la población, por lo cual no se utilizó técnica de muestreo; es decir, se consideró los tres puntos de muestreo.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Observación directa. - Se realizó mediante un procedimiento sistematizado y controlado, a fin de obtener los datos concernientes a la población del Centro Poblado de Yaureccan, las lagunas de estabilización existentes entre otros.

Análisis de documentos. - Basada en información bibliográfica e Internet, para la elaboración del marco teórico y demás componentes de la investigación.

3.7. Procedimiento de recolección de datos

El procesamiento de los datos se realizó mediante matrices de tabulación y gráficos esto en base a los datos obtenidos en campo y laboratorio (concerniente a la calidad del afluente y efluente de la laguna de estabilización).

3.7.1. Pre campo

Recopilación de información referente al centro poblado de Yaureccan, distrito de Locroja, provincia de Churcampa y departamento de Huancavelica.

3.7.2. Campo

- Levantamiento topográfico de la zona de intervención.
- Toma de muestras del afluente y efluente de las lagunas de estabilización.
- Toma de datos concerniente a la población del centro poblado de

estudio.

3.7.3. Gabinete

- Procesamiento de la información relativa a la calidad del afluente y efluente de las lagunas de estabilización a fin de determinar si se encuentra dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM y estimar la eficiencia de remoción de las mismas.
- De lo determinado tal como se detalla en el párrafo anterior y al no cumplir las lagunas de estabilización existentes con el fin establecido, se procedió al nuevo diseño de las lagunas anaerobias y como tratamiento adicional se diseñó una laguna facultativa.

3.7.4. Elaboración del informe

- Elaboración del marco teórico.
- Elaboración del marco metodológico.
- Redacción de los resultados, discusiones, conclusiones, recomendaciones y anexos.

3.8. Técnicas y análisis de datos

Las técnicas y análisis de datos para la presente investigación fueron de acuerdo a lo considerado al análisis cuantitativo, para lo cual se hizo uso de la estadística descriptiva tal como la medida de tendencia central (media) y figuras.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Características fisicoquímicas, bioquímicas, químicas y bacteriológicas del afluente y efluentes de las lagunas de estabilización

4.1.1. Características fisicoquímicas

Son las propiedades físicas que se pueden medir sin que se afecte la composición o la identidad de la sustancia.

Punto de muestreo N° 1

Tabla 3. Análisis fisicoquímico en el punto de muestreo N° 1.

Ensayo	Unidad	Resultado M-1	Resultado M-2	Resultado M-3
pH	Unidades de pH	8.7	8.5	8
T° de la muestra	°C	8.6	8	8.1
Aceites y grasas	mg/L	42.2	43.1	42.5
Sólidos totales en suspensión	mL/L	530	535	532

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3 se muestra el análisis fisicoquímico del punto de muestreo N° 1, para esto se ha considerado 3 muestras a fin de determinar el pH, temperatura, aceites y grasas y sólidos totales en suspensión.

Tabla 4. Análisis fisicoquímico promedio en el punto de muestreo N° 1.

Ensayo	Unidad	Promedio
pH	Unidades de pH	8.4
T° de la muestra	°C	8.23
Aceites y grasas	mg/L	42.6
Sólidos totales en suspensión	mL/L	532.33

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4 se muestra el promedio análisis fisicoquímico del punto de muestreo N° 1.

Punto de muestreo N° 2

Tabla 5. Análisis fisicoquímico en el punto de muestreo N° 2.

Ensayo	Unidad	Resultado M-4	Resultado M-5	Resultado M-6
pH	Unidades de pH	6.8	6	6.5
T° de la muestra	°C	7	7.3	7.2
Aceites y grasas	mg/L	25	24	26
Sólidos totales en suspensión	mL/L	162	160	164

Fuente: Elaborado propia.

En la Tabla 5 se muestra el análisis fisicoquímico del punto de muestreo N° 2, para esto se ha considerado 3 muestras a fin de determinar el pH, temperatura, aceites y grasas y sólidos totales en suspensión.

Tabla 6. Análisis fisicoquímico promedio en el punto de muestreo N° 2.

Ensayo	Unidad	Promedio
pH	Unidades de pH	6.43
T° de la muestra	°C	7.17
Aceites y grasas	mg/L	25
Sólidos totales en suspensión	mL/L	162

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6 se muestra el promedio análisis fisicoquímico del punto de muestreo N° 2.

Punto de muestreo N° 3

Tabla 7. Análisis fisicoquímico en el punto de muestreo N° 3.

Ensayo	Unidad	Resultado M-7	Resultado M-8	Resultado M-9
pH	Unidades de pH	7.8	7.6	7.6
T° de la muestra	°C	7.3	7.2	7.5
Aceites y grasas	mg/L	32	31	32
Sólidos totales en suspensión	mL/L	189	184	192

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 7 se muestra el análisis fisicoquímico del punto de muestreo N° 3, para esto se ha considerado 3 muestras a fin de determinar el pH, temperatura, aceites y grasas y sólidos totales en suspensión.

Tabla 8. Análisis fisicoquímico promedio en el punto de muestreo N° 3.

Ensayo	Unidad	Promedio
pH	Unidades de pH	7.67
T°. de la muestra	°C	7.33
Aceites y grasas	mg/L	31.67
Sólidos totales en suspensión	mL/L	188.33

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 8 se muestra el promedio del análisis fisicoquímico del punto de muestreo N° 3.

4.1.2. Características bioquímicas y químicas

Punto de muestreo N° 1

Tabla 9. Análisis bioquímico y químico en el punto de muestreo N° 1.

Ensayo	Resultado M-1	Resultado M-2	Resultado M-3
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.) (mg/L.)	625	628	642
Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O5) (m.g./L.)	375	378	374

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 9 se muestra el análisis bioquímico y químico del punto de muestreo N° 1, para esto se ha considerado 3 muestras a fin de determinar la demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno.

Tabla 10. Análisis bioquímico y químico promedio en el punto de muestreo N° 1.

Ensayo	Promedio
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O) (m.g./L.)	631.67
Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O5) (m.g./L.)	375.67

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 10 se muestra el promedio del análisis bioquímico y químico del punto de muestreo N° 1.

Punto de muestreo N° 2

Tabla 11. Análisis bioquímico y químico en el punto de muestreo N° 2.

Ensayo	Resultado M-4	Resultado M-5	Resultado M-6
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.) (m.g./L.)	250	253	251
Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O5) (m.g./L.)	120	118	123

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 11 se muestra el análisis bioquímico y químico del punto de muestreo N° 2, para esto se ha considerado 3 muestras a fin de determinar la demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno.

Tabla 12. Análisis bioquímico y químico promedio en el punto de muestreo N° 2.

Ensayo	Promedio
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O) (m.g./L)	251.33
Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O5) (m.g./L)	120.33

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 12 se muestra el promedio del análisis bioquímico y químico del punto de muestreo N° 2.

Punto de muestreo N° 3

Tabla 13. Análisis bioquímico y químico en el punto de muestreo N° 3.

Ensayo	Resultado M-7	Resultado M-8	Resultado M-9
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O) (mg/L)	310	312	305
Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O ₅) (mg/L)	178	183	180

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 13 se muestra el análisis bioquímico y químico del punto de muestreo N° 3, para esto se ha considerado 3 muestras a fin de determinar la demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno.

Tabla 14. Análisis bioquímico y químico promedio en el punto de muestreo N° 3.

Ensayo	Promedio
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/L)	309
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (mg/L)	180.33

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 14 se muestra el promedio del análisis bioquímico y químico del punto de muestreo N° 3.

4.1.3. Características bacteriológicas

Punto de muestreo N° 1

Tabla 15. Análisis bacteriológico en el punto de muestreo N° 1.

Ensayo	Resultado M-1	Resultado M-2	Resultado M-3
N° de Coliformes Totales (NMP/100mL)	5.6×10^3	6.3×10^3	5.2×10^3
N° de Coliformes Fecales (NMP/100mL)	7.5×10^8	7.1×10^8	7.6×10^8

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 15 se muestra el análisis bacteriológico del punto de muestreo N° 1, para esto se ha considerado 3 muestras a fin de determinar el N° de coliformes totales y N° de coliformes fecales.

Tabla 16. Análisis bacteriológico promedio en el punto de muestreo N° 1.

Ensayo	Promedio
N° de Coliformes Totales (NMP/100mL)	5700
N° de Coliformes Fecales (NMP/100mL)	7400

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 16 se muestra el promedio del análisis bacteriológico del punto de muestreo N° 1.

Punto de muestreo N° 2

Tabla 17. Análisis bacteriológico en el punto de muestreo N° 2.

Ensayo	Resultado M-4	Resultado M-5	Resultado M-6
N° de Coliformes Totales (NMP/100mL)	2.1×10	2.4×10	2.3×10
N° de Coliformes Fecales (NMP/100mL)	3.4×10^4	3.7×10^4	3.5×10^4

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 17 se muestra el análisis bacteriológico del punto de muestreo N° 2, para esto se ha considerado 3 muestras a fin de determinar el N° de coliformes totales y N° de coliformes fecales.

Tabla 18. Análisis bacteriológico promedio en el punto de muestreo N° 2.

Ensayo	Promedio
N° de Coliformes Totales (NMP/100mL)	22.67
N° de Coliformes Fecales (NMP/100mL)	35333.33

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 18 se muestra el promedio del análisis bacteriológico del

punto de muestreo N° 2.

Punto de muestreo N° 3

Tabla 19. Análisis bacteriológico en el punto de muestreo N° 3.

Ensayo	Resultado M-7	Resultado M-8	Resultado M-9
N° de Coliformes Totales (NMP/100mL)	6.7x10	5.9x10	6.3x10
N° de Coliformes Fecales (NMP/100mL)	5.4x10 ⁴	5.8x10 ⁴	5.2x10 ⁴

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 19 se muestra el análisis bacteriológico del punto de muestreo N° 3, para esto se ha considerado 3 muestras a fin de determinar el N° de coliformes totales y N° de coliformes fecales.

Tabla 20. Análisis bacteriológico promedio en el punto de muestreo N° 3.

Ensayo	Promedio
N° de Coliformes Totales (NMP/100mL)	63
N° de Coliformes Fecales (NMP/100mL)	54666.67

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 20 se muestra el promedio del análisis bacteriológico del punto de muestreo N° 3.

4.1.4. Resumen de análisis

Análisis fisicoquímico

Tabla 21. Resumen de análisis fisicoquímico en los tres puntos de muestreo.

Ensayo	Unidad	Punto de muestreo N° 1	Punto de muestreo N° 2	Punto de muestreo N° 3
pH	Unidad de pH	8.4	6.43	7.67
T° de la muestra	°C	8.23	7.17	7.33
Aceites y grasas	mg/L	42.6	25	31.67
Sólidos totales en suspensión	mL/L	532.33	162	188.33

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 21 detalla el resultado promedio del análisis fisicoquímico en los puntos de muestreo.

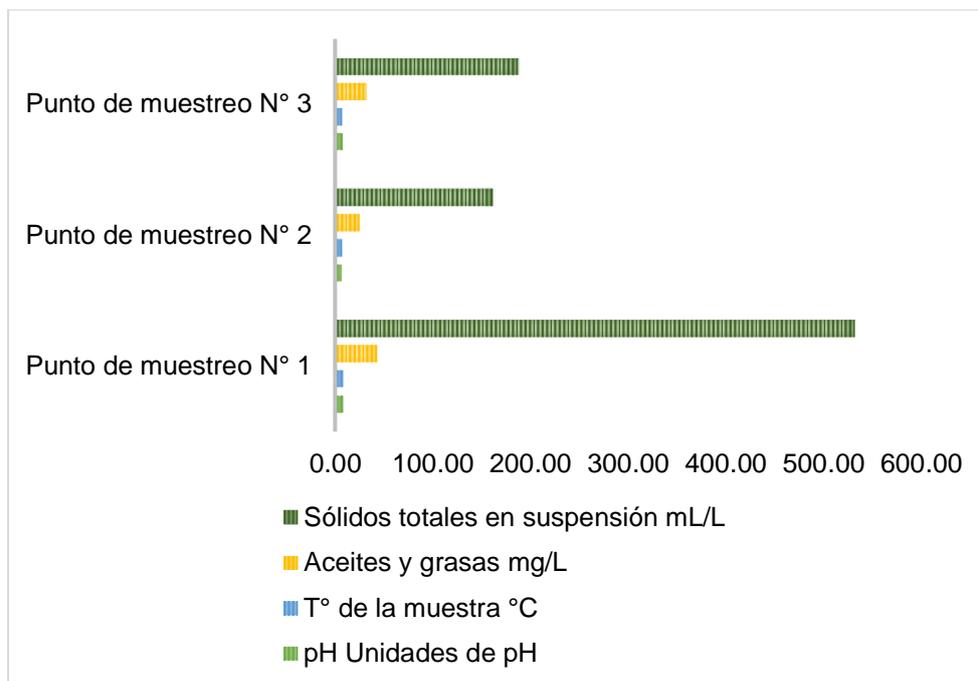


Figura 5. Resumen de análisis fisicoquímico en los tres puntos de muestreos.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5 se grafica la variación presente entre los resultados promedi

os del análisis fisicoquímico en los puntos de muestreo.

Análisis bioquímico y químico

Tabla 22. Resumen de análisis bioquímico y químico en los tres puntos de muestreo.

Ensayo	Punto de muestreo N° 1	Punto de muestreo N° 2	Punto de muestreo N° 3
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/L)	631.67	251.33	309
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (mg/L)	375.67	120.33	180.33

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 22 detalla el resultado promedio del análisis bioquímico y químico en los puntos de muestreo.

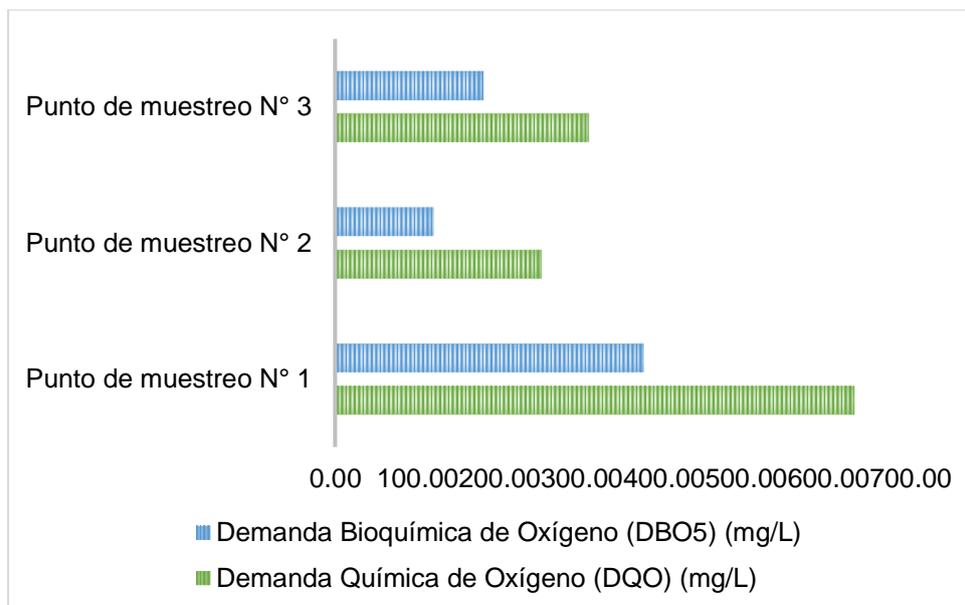


Figura 6. Resumen de análisis bioquímico y químico en los tres puntos de muestreos.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6 se grafica la variación presente entre los resultados promedios del análisis bioquímico y químico en los puntos de muestreo.

Análisis bacteriológico

Tabla 23. Resumen de análisis bacteriológico en los tres puntos de muestreo.

Ensayo	Punto de muestreo N° 1	Punto de muestreo N° 2	Punto de muestreo N° 3
N° de Coliformes Totales (NMP/100mL)	5700	22.67	63
N° de Coliformes Fecales (NMP/100mL)	7400	35333.33	54666.67

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 23 detalla el resultado promedio del análisis bacteriológico en los puntos de muestreo.

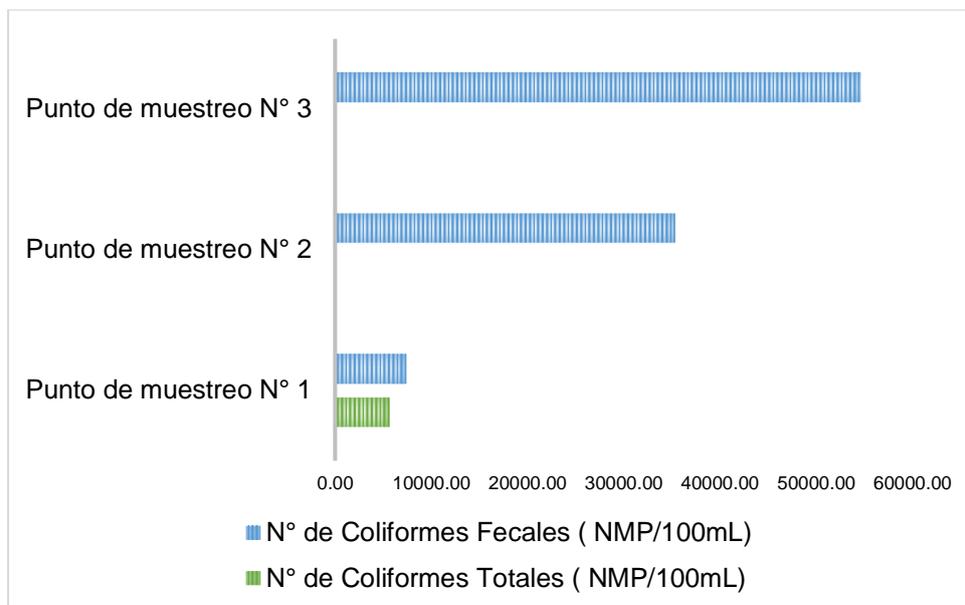


Figura 7. Resumen de análisis bacteriológico en los tres puntos de muestreos.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 7 se grafica la variación presente entre los resultados promedios del análisis bacteriológico en los puntos de muestreo.

4.1.5. Comparación con los LMP para afluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales

Tabla 24. Comparación del resultado análisis fisicoquímico del punto de muestreo N° 2 con los límites máximos permisibles.

Ensayo	Unidad	Muestreo N° 2	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas	Observación
pH	Unidades de pH	6.43	6.5 - 8.5	Fuera de los LMP
T° de la muestra	°C	7.17	< 35	Dentro de los LMP
Aceites y grasas	mg/L	25.00	20	Fuera de los LMP
Sólidos totales en suspensión	mL/L	162.00	150	Fuera de los LMP

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 24 muestra la comparación de los resultados del análisis fisicoquímico del punto de muestreo N° 2 con los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de agua.

Tabla 25. Comparación del resultado análisis fisicoquímico del punto de muestreo N° 3 con los límites máximos permisibles.

Ensayo	Unidad	Punto de muestreo N° 3	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas	Observación
pH	Unidades de pH	7.67	6.5 - 8.5	Dentro de los LMP
T° de la muestra	°C	7.33	< 35	Dentro de los LMP
Aceites y grasas	mg/L	31.67	20	Fuera de los LMP
Sólidos totales en suspensión	mL/L	188.33	150	Fuera de los LMP

Fuente: Elaboración propia.
La

Tabla 25 muestra la comparación de los resultados del análisis fisicoquímico del punto de muestreo N° 3 con los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de agua.

Análisis bioquímico y químico

Tabla 26. Comparación del resultado análisis bioquímico y químico del punto de muestreo N° 2 con los límites máximos permisibles.

Ensayo	Punto de muestreo N° 2	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas	Observación
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/L)	251.33	200	Fuera de los LMP
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) (mg/L)	120.33	100	Dentro de los LMP

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 26 muestra la comparación de los resultados del análisis bioquímico y químico del punto de muestreo N° 2 con los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de agua.

Tabla 27. Comparación del resultado análisis bioquímico y químico del punto de muestreo N° 3 con los límites máximos permisibles.

Ensayo	Punto de muestreo N° 3	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas	Observación
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/L)	309.00	200	Fuera de los LMP
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) (mg/L)	180.33	100	Dentro de los LMP

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 27 muestra la comparación de los resultados del análisis bioquímico y químico del punto de muestreo N° 3 con los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de agua.

Análisis bacteriológico

Consiste en “evaluar la calidad sanitaria de muestras de agua o alimentos mediante el recuento de mesófilos aerobios y la búsqueda de microorganismos coliformes totales, coliformes” fecales y Escherichia coli, etc.

Tabla 28. Comparación del resultado análisis bacteriológico del punto de muestreo N° 2 con los límites máximos permisibles.

Ensayo	Punto de muestreo N° 2	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas	Observación
N° de Coliformes Fecales (NMP/100mL)	35333.33	10000	Fuera de los LMP

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 28 muestra la comparación de los resultados del análisis bacteriológico del punto de muestreo N° 2 con los “límites máximos permisibles de efluentes para vertidos” a cuerpos de agua.

Tabla 29. Comparación del resultado análisis bacteriológico del punto de muestreo N° 3 con los límites máximos permisibles.

Ensayo	Punto de muestreo N° 3	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas	Observación
N° de Coliformes Fecales (NMP/100mL)	54666.67	10000	Fuera de los LMP

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 29 muestra la comparación de los resultados del análisis bacteriológico del punto de muestreo N° 3 con los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de agua.

4.2. Eficiencia de remoción de las lagunas de estabilización

Para los cálculos del porcentaje de la eficiencia de remoción de las lagunas de estabilización, se ha utilizado la formula siguiente:

$$\% \text{ de remoción} = \left[1 - \frac{\text{Análisis muestra salida}}{\text{Análisis muestra entrada}} \right] * 100\% \quad (\text{Ecuación 13})$$

Remplazando los datos en la (Ecuación 13) se ha obtenido los resultados que se indica en el cuadro siguiente:

Tabla 30. Eficiencia de remoción considerando el punto de muestreo N° 1 y N° 2.

Ensayo	Punto de muestreo N° 1	Punto de muestreo N° 2	Eficiencia de remoción
Sólidos totales en suspensión (mL/L)	532.33	162.00	70%
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/L)	631.67	251.33	60%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) (mg/L)	375.67	120.33	68%

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 30 se consigna el cálculo de la eficiencia de remoción considerando el punto de muestreo N° 1 que viene a ser el afluente del sistema con el punto de muestreo N° 2 que viene a ser el efluente de la laguna de oxidación N° 1.

Tabla 31. Eficiencia de remoción considerando el punto de muestreo N° 1 y N° 3.

Ensayo	Punto de muestreo N° 1	Punto de muestreo N° 3	Eficiencia
Sólidos totales en suspensión (mL/L)	532.33	188.33	65%
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/L)	631.67	309.00	51%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) (mg/L)	375.67	180.33	52%

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 31 se consigna el cálculo de la eficiencia de remoción considerando el punto de muestreo N° 1 que viene a ser el afluente del sistema con el punto de muestreo N° 3 que viene a ser el efluente de la laguna de oxidación N° 2.

4.3. Diseño de lagunas de estabilización

4.3.1. Consideraciones para el diseño de la laguna anaerobia

Las lagunas anaerobias se utilizan normalmente como primera fase en el tratamiento de aguas residuales urbanas o industriales con alto contenido en materia orgánica biodegradable.

Para el diseño de la laguna anaerobia se tiene las siguientes consideraciones:

Tabla 32. Principales consideraciones para el diseño de la laguna anaerobia.

Población actual	610	Habitantes
Tasa de crecimiento	1.1	%
Periodo de diseño	20	Años
Población de diseño	759	Habitantes
Dotación	50	L/hab/día
Desagüe	80	%
DBO5 per cápita	24.63	grDBO/hab/día
Temperatura del agua en el mes más frío	18	°C
Tasa de acumulación de lodos:	120	L/hab/año
Q:	30.36	m ³ /día

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 32 se muestra las principales consideraciones para el diseño de la laguna anaerobia.

4.3.2. Diseño de laguna anaerobia

Tabla 33. Determinación del parámetro Kt.

Eficiencia esperada:	0.35
Relación largo - ancho:	1
Factor de dispersión:	1
Parámetro Kt:	2

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 33 consigna la determinación del parámetro Kt según el gráfico de Thirumurthi.

Tabla 34. Coeficiente de mortalidad neto corregido por la temperatura.

Θ :	1.05	
K20:	0.6	/día
K18:	0.54	/día

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 34 se muestra la corrección del coeficiente de mortalidad neto por acción de la temperatura.

Tabla 35. Tiempo de retención hidráulico.

Parámetro Kt:	2	
K18:	0.54	/día
t:	3.68	días

Fuente: Elaboración propia.

Según la Tabla 35 el periodo de retención según los coeficientes calculados es de 3.68 días, cabe mencionar que este luego es corregido.

Tabla 36. Volumen de la laguna sin considerar lodos.

t:	3.68	días
Q:	30.36	m ³ /día
V:	111.57	m ³

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 36 muestra el volumen inicial de la laguna sin considerar la acumulación de lodos.

Tabla 37. Volumen de acumulación de lodos.

Tasa de acumulación:	120	L/hab/año
Periodo de limpieza:	1	años
Volumen de lodos:	91.08	m ³

Fuente: Elaboración propia.

Entonces según la Tabla 37 se tiene un volumen de lodos considerando el periodo de limpieza anual de 91.08 m³.

Tabla 38. Volumen de la laguna con lodos.

V sin lodos:	111.57	m ³
V de lodos:	91.08	m ³
V total:	202.65	m ³

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 38 muestra el volumen con y sin lodos de la laguna anaerobia haciendo un total de 202.65 m³.

Tabla 39. Área de la laguna.

N° de lagunas:	1	
V:	202.65	m ³
V cada laguna:	202.65	m ³
h:	2.5	m
A cada laguna:	81.06	m ²
A cada laguna:	0.008	ha

Fuente: Elaboración propia.

Se procedió a determinar el área de la laguna anaerobia teniendo en cuenta el volumen calculado anteriormente y una altura de 2.50 m.

Tabla 40. Carga superficial inicial sobre la laguna.

Cs:	9391.67	Kg.DBO ₅ /ha.día
-----	---------	-----------------------------

En la tabla se detalla el valor de la carga superficial en la laguna.

Tabla 41. Dimensionamiento de la laguna.

Talud (1/m):	1.5	
Relación de largo / ancho:	1	
L1:	13.00	m
L2:	13.00	m
h:	2.50	m
L3:	5.50	m

L4:	5.50	m
Volumen:	225.63	m ³
hlodos:	1.50	m

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se tiene las dimensiones de la laguna anaerobia tal como se muestra en la Tabla 41; cabe mencionar que el talud considerado corresponde con lo estipulado en la Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

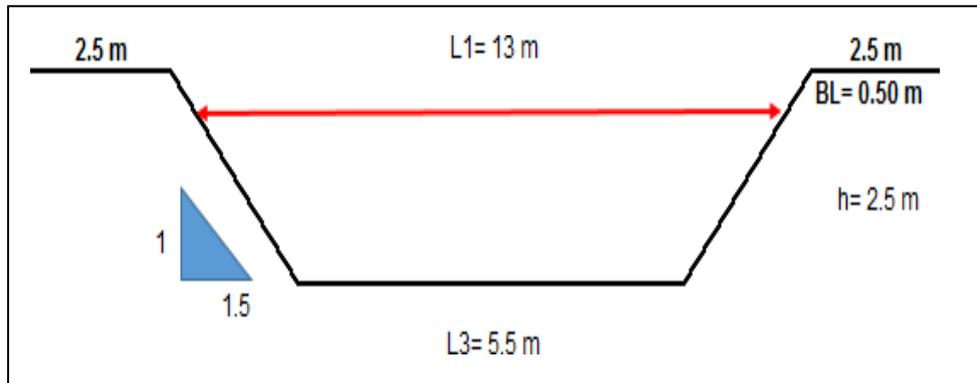


Figura 8. Vista de las dimensiones de la laguna anaerobia.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 8 se muestra las dimensiones del perfil de la laguna anaerobia.

Tabla 42. Carga superficial recalculada.

Cs:	5015.37	Kg.DBO ₅ /ha.día
-----	---------	-----------------------------

Fuente: Elaboración propia.

Con el nuevo área calculado se procedió a recalcular la carga superficial lo cual resulta 5015.37 Kg.DBO₅/ha. día lo cual se encuentra dentro de lo estipulado por la Norma OS.090 que menciona que la carga superficial debe ser mayor a 1000.00 Kg.DBO₅/ha.día.

Tabla 43. Periodo de retención.

Volumen:	225.63	m ³
Fch:	0.70	
PR teórico:	7.43	días
PR real:	5.20	días

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 43 se muestra el recalcular del periodo de retención lo cual resultó 5.20 días.

Tabla 44. Consideraciones finales de la laguna anaerobia.

L1:	13.00	m
L2:	13.00	m
h:	2.50	m
L3:	5.50	m
L4:	5.50	m
Borde libre:	0.5	m
Volumen:	225.63	m ³
DBO ₅ de entrada:	375.67	mg/L
DBO ₅ de salida:	131.48	mg/L
Periodo de retención:	5.20	Días
Carga superficial:	5015.37	Kg.DBO ₅ /ha.día

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 44 detalla las consideraciones finales a las que se llegó de acuerdo al diseño de la laguna anaerobia; cabe señalar que se planteará dos lagunas del mismo tipo para que sea utilizada durante los periodos de limpieza.

4.3.3. Principales consideraciones para el diseño de la laguna facultativa

Para el diseño de la laguna facultativa se tomó las consideraciones técnicas indicadas en las normas y las que se indican en la tabla 4.43, tal como se detalla a continuación.

Tabla 45. Principales consideraciones para el diseño de la laguna facultativa.

Población actual	610	Habitantes
Tasa de crecimiento	1.1	%
Periodo de diseño	20	Años
Población de diseño	759	Habitantes
Dotación	50	lt/hab/día
Desagüe	80	%
DBO ₅ del afluente	131.48	mg/L
DBO ₅ per cápita	8.62	grDBO/hab/día
Temperatura del agua en el mes más frío	18	°C
Caudal residual (Q):	30.36	m ³ /día
Condición de la temperatura	19	°C
Carga orgánica:	6.54	kg.DBO/día
Periodo de limpieza:	3	años

Tasa de acumulación de lodos:	60	L/año
K20:	0.6	/día

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 45 se muestra las principales consideraciones para el diseño de la laguna facultativa.

Tabla 46. Carga superficial de diseño de la laguna facultativa.

Cs:	238.10	Kg.DBO ₅ /ha.día
-----	--------	-----------------------------

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 46 se muestra la carga superficial de diseño de la laguna facultativa.

Tabla 47. Área requerida de la laguna facultativa.

A _{requerida} :	0.03	Ha
Número de lagunas:	1	
Relación de largo / ancho:	2	
L2:	23.50	m
L5:	12.00	m

Fuente: Elaboración propia.

En función de la carga superficial se procedió al cálculo del área requerida tal como se muestra en la tabla; asimismo es dable mencionar que, esta área corresponde a la mitad de la laguna.

Tabla 48. Dimensiones de la laguna facultativa.

Talud (1/m):	1.5	
L1:	26.5	m
L2:	23.50	m
L3:	20.5	m
L4:	15.00	m
L5:	12.00	m
L6:	9.00	m
h:	2.00	m

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se señaló en el párrafo anterior el área corresponde hasta la mitad de la laguna, por lo cual según el talud asignado se procedió al cálculo de las demás medidas de la laguna facultativa.

Tabla 49. Producción de lodos.

Vlodos:	136.62	m ³
Árealodos:	184.50	m ²
Altura de lodos:	0.70	m

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en la laguna anaerobia, se ha procedido al cálculo de la producción de lodos y sobre todo de la altura de este.

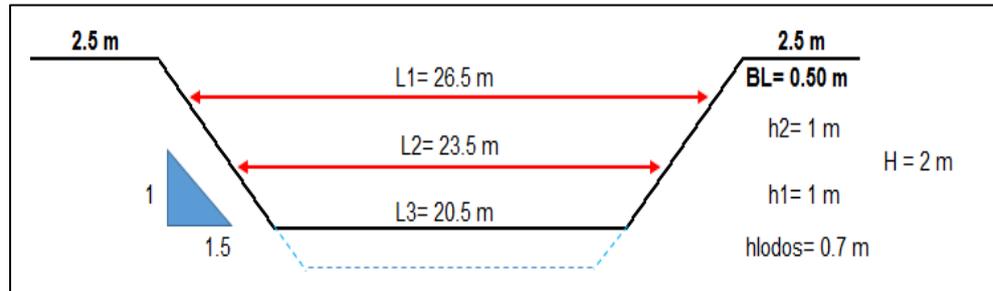


Figura 9. Dimensiones de la laguna facultativa.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 9 se muestra las dimensiones de la laguna facultativa en el corte A –A, estos detalles se encuentran más explícitos en el Anexo N° 06.

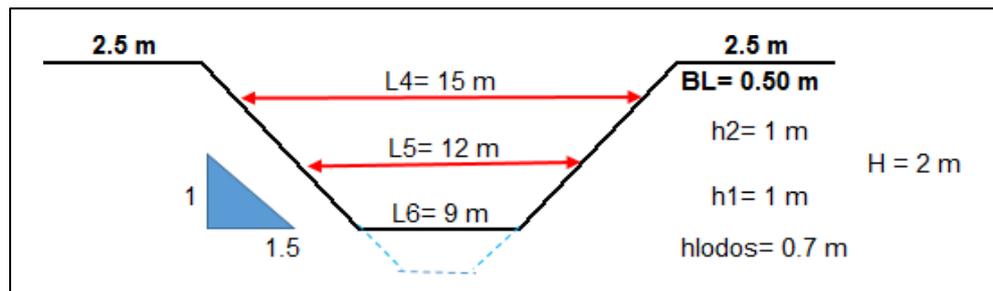


Figura 10. Dimensiones de la laguna facultativa.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 10 se muestra las dimensiones de la laguna facultativa en el corte B –B, estos detalles se encuentran más explícitos en el Anexo N° 06.

Tabla 50. Periodo de retención.

Volumen:	463.07	
Fch:	0.70	
PR teórico:	15.25	días
PR real:	10.68	días

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 50 el periodo de retención de la laguna facultativa es de 10.68 días.

Tabla 51. DBO₅ de salida.

Fch:	0.70	
DBOúltimoentrada:	131.48	mg/L
K'1:	0.57	DBO ₅ /día
DBOúltimode salida:	83.67	

Fuente: Elaboración propia.

El DBO₅ de salida del sistema de tratamiento es de 83.67 mg/L encontrándose dentro de los L.M.P del MINAM.

4.4. Prueba de hipótesis

4.4.1. Hipótesis específica A

Hi: Las características fisicoquímicas, bioquímicas, químicas y bacteriológicas del efluente y efluentes de las lagunas de estabilización no cumplen con los límites máximos permisibles (L.M.P) establecidos por el MINAM.

Ho: Las características fisicoquímicas, bioquímicas, químicas y bacteriológicas del efluente y efluentes de las lagunas de estabilización cumplen con los límites máximos permisibles (L.M.P) establecidos por el MINAM.

Respecto a esta hipótesis, el MINAM establece los límites máximos permisibles para los diferentes parámetros de estudio, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 52. Parámetros permisibles según MINAM.

Parámetro	Unidad	L.M.P. de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas	Muestra a la salida de la laguna
Aceites y grasas	m.g./L.	20	31.67
Coliformes Termotolerantes	N.M.P./100 m.L.	10000	54666.60
Demanda Bioquímica de Oxígeno	M.g./L.	100	180.33
Demanda Química de Oxígeno	m.g./L.	200	309.00
p.H.	unidad	6.5 - 8.5	7.67
Sólidos Totales en Suspensión	m.L./L.	150	188.33
Temperatura	°C.	< 35	7.33

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior, todos los parámetros excepto el pH

y la temperatura están fuera de los límites máximos permisibles, por lo que no cumplen los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna planteada.

4.4.2. Hipótesis específica B

Hi: El porcentaje de eficiencia de remoción de lagunas de estabilización es deficiente por ser menor al 90 %.

Ho: El porcentaje de eficiencia de remoción de lagunas de estabilización no es deficiente por ser mayor al 90 %.

Respecto a esta hipótesis y de acuerdo a la Tabla 30 y Tabla 31, el porcentaje promedio de eficiencia de remoción es de 56 %; no obstante, este debe ser mayor o igual a 90 % de eficiencia, por lo que se acepta la hipótesis planteada.

4.4.3. Hipótesis específica C

Hi: El diseño de las lagunas de estabilización no cumple con la norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Ho: El diseño de las lagunas de estabilización cumple con la norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Respecto a esta hipótesis, luego de tomar las medidas respectivas y que la profundidad de la laguna es de 1.20 m y además que los resultados a la salida de la laguna sus efluentes no son de buena calidad y que el porcentaje de remoción es de 56 %, analizando estos resultados y comparando con las normas del MINAM y la Norma OS.090 no cumplen con estos estándares; por lo que se acepta esta hipótesis planteada alterna en la presente investigación

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Características fisicoquímicas, bioquímicas, químicas y bacteriológicas del afluente y efluentes de las lagunas de estabilización

Se ha determinado las características fisicoquímicas, bioquímicas, químicas y bacteriológicas tanto del afluente y del efluente de las lagunas de estabilización existen en el centro poblado Yaureccan de Huancavelica; para esto se ha tomado tres puntos de muestreo tal como se expone en el plano adjunto, los resultados referentes al análisis fisicoquímico promedio del punto de muestreo N°1 se especifica en la Tabla 4, del punto de muestreo N° 2 en la Tabla 6 y del punto de muestreo N° 3 en la Tabla 8; del mismo modo los resultados del análisis bioquímico y químico promedio del punto de muestreo N° 1 se especifica en la Tabla 10, del punto de muestreo N° 2 en la Tabla 12 y del punto de muestreo N° 3 en la Tabla 14 y los resultados del análisis bacteriológico promedio del punto de muestreo N° 1 se muestra en la Tabla 16, del punto de muestreo N° 2 en la Tabla 18 y del punto de muestreo N° 3 en la Tabla 20; para mejor entendimiento se ha considerado un resumen de los ensayos fisicoquímico, bioquímico, químico y bacteriológico según se detalla en la Tabla 21, Tabla 22 y Tabla 23.

Adicional a ello se ha comparado los resultados de los ensayos de los efluentes de las lagunas con los límites máximos permisibles planteados por el MINAM (2010), en la Tabla 24 se detalla lo concerniente al análisis fisicoquímico del punto de muestreo N° 2 con lo que se muestra que el nivel de pH, de aceites y grasa y de los sólidos totales en suspensión se encuentran fuera de los L.M.P (MINAM, 2010), lo referente al punto de muestreo N° 3 (

Tabla 25) el nivel de aceites y sólidos totales en suspensión también se encuentran fuera de los L.M.P (MINAM, 2010); del ensayo bioquímico y químico se obtuvo que la demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno se encuentran fuera de los L.M.P (MINAM, 2010) tanto en el punto de muestreo N°

2 (Tabla 26) y N°3 (Tabla 27); por último el ensayo bacteriológico resultante mostró que en ambos puntos de muestreo (Tabla 28 y Tabla 29) el número de coliformes fecales también se encuentran fuera de los límites máximos permisibles para efluentes de plantas de tratamiento (MINAM, 2010).

De lo desarrollado se concluye que ambas lagunas no cumplen con lo especificado por el MINAM (2010) puesto que los efluentes de los mismo se encuentran fuera de los límites máximos permisibles lo cual perjudica al cuerpo de agua al que es vertido; y adicional a ello se comparte lo citado por Martínez y Guzmán (2003) que señalan que las lagunas de estabilización tienen grandes deficiencias en la remoción de carga orgánica debido al mal diseño, la falta de manuales de operación y sobre todo de mantenimiento.

5.2. Eficiencia de remoción de las lagunas de estabilización

La “eficiencia de remoción de cada una de las lagunas de estabilización se ha calculado considerando los sólidos totales en suspensión, la demanda química y bioquímica de oxígeno; para ello se tiene que, la eficiencia de remoción de la laguna N°1 respecto a los sólidos totales en suspensión es de 70 %, para la demanda química de oxígeno es de 60 % y para la demanda bioquímica de oxígeno es de 68 % mientras que la eficiencia de la laguna N°2 respecto a los sólidos totales en suspensión es de 65 %, para la demanda química de oxígeno es de 51 % y para la demanda bioquímica de oxígeno es de 52 %; no obstante cabe mencionar que las lagunas presentan una profundidad de 1.2 m lo cual se encuentra fuera de lo considerado por la Norma OS.090 tanto para lagunas anaerobias una profundidad de 2.5 m hasta 5.0 m y para lagunas facultativas de profundidad mayor a 1.5 m; entonces, tales lagunas no se pueden clasificar como anaerobias o como facultativas; asimismo, según Peralta, Yungan y Ramírez (1999) mencionan que, la eficiencia esperada de un sistema de tratamiento de aguas residuales con lagunas de estabilización se esperada una eficiencia de hasta el 90 %;” situación por la cual el sistema existen en el centro poblado de Yaureccan no se encuentra dentro de ello siendo necesario la reformulación del sistema.

5.3. Diseño de las lagunas de estabilización

Para el diseño del nuevo sistema de lagunas de estabilización en primera

instancia se ha calificado las principales consideraciones tal como menciona OPS (2005) y se muestra en la Tabla 32, cabe mencionar que, la demanda bioquímica de oxígeno se ha considerado según los resultados del ensayo realizado al punto de muestreo tal como recomienda la Norma OS.090 (MVCS, 2010), prosiguiendo con el diseño de la laguna anaerobia, para lo cual se ha calculado el parámetro Kt (representa el porcentaje remanente de DBO₅ después del tratamiento y el factor de dispersión de la laguna que se da por la relación del largo y ancho de la misma) considerando una eficiencia de remoción de 35 % (Peralta et al., 1999), una relación entre el largo y ancho de la laguna de 1, un factor de dispersión de 1 (MVCS, 2010) obteniéndose así un valor para Kt de 2; seguidamente se calculó el coeficiente de mortalidad neto corregido por la temperatura tal como se muestra en la Tabla 34, siendo K₁₈ de 0.54/día, estos valores son importantes para la determinación del tiempo de retención lo cual resultó de 3.68 días, siendo posible calcular el volumen de la laguna sin acumulación de lodos (Tabla 35) siendo de 111.57 m³; todo proceso de tratamiento de aguas residuales trae consigo un asentamiento de material sedimentado lo cual vienen a ser los lodos (OPS, 2005), por lo que es necesario calcular el volumen de estos tal como se muestra en la Tabla 36 siendo este de 91.08 m³; por lo tanto se tiene un volumen total de 225.65 m³ (Tabla 37); con el volumen determinado se procedió al dimensionamiento de la laguna tal como se muestra en la Tabla 38 y Tabla 40, graficándose en la Figura 8, con el área superficial de la laguna se recalculó la carga superficial lo cual resultó de 5015.27 Kg.DBO₅/ha.día lo cual se encuentra dentro de lo estipulado por la Norma OS.090 (MVCS, 2010) que esta carga debe ser mayor de 1000.00 Kg.DBO₅/ha.día, del mismo modo se recalculó el periodo de retención resultando de 5.20 días para obtener las consideraciones finales tal como se especifica en la Tabla 44 resaltando de ello que el DBO₅ de entrada es de 375.67mg/L (de acuerdo a los ensayos de laboratorio) y un DBO₅ de salida es de 131.48 mg/L cumpliéndose la eficiencia de remoción de 35 % (Peralta et al., 1999).

Según Silva (2004) para un mejor funcionamiento es un tratamiento doble, lo que representa lagunas anaerobias seguidas con lagunas facultativas; situación por la cual se ha procedido al diseño de la laguna facultativa cuyas consideraciones principales se muestra en la Tabla 46, la carga superficial se ha determinado según establece la Norma OS.090 (MVCS, 2010) y se detalla en la Tabla 46 para proceder al dimensionamiento de la laguna con una relación de largo y ancho de 2 (ver Tabla 47 y Tabla 48) todo proceso de tratamiento de aguas residuales trae consigo un asentamiento de material sedimentado lo cual vienen a ser los lodos (OPS, 2005)

por lo que también se ha calculado el volumen de estos tal como se ve en la Tabla 49, lo cual trae consigo que la laguna facultativa presente ciertas características físicas que se grafican en la Figura 9 y Figura 10; al igual que en la laguna anaerobia se calculó el tiempo de retención siendo este de 10.68 días lo cual logra reducir el DBO5 de 131.48 mg/L (valor calculado de la laguna anaerobia) a 83.67 mg/L mostrando una eficiencia del sistema de lagunas de 77.73 % y estando este valor dentro de los límites máximos permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales tal como menciona el MINAM (2010); asimismo según la OPS (2005) menciona que de ser mayor a 10 días el periodo de retención de la laguna facultativa existir una remoción de 100 % de parásitos.

Es dable mencionar que, las consideraciones de diseño del sistema de lagunas se basan en lo especificado por la Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

CONCLUSIONES

1. La eficiencia de remoción de lagunas estabilización del centro poblado de Yaureccan, es baja de acuerdo a la caracterización del afluente y efluentes, requiriendo su reformulación.
2. Las características fisicoquímicas, bioquímicas, químicas y bacteriológicas de los efluentes de las lagunas de estabilización, específicamente los sólidos totales en suspensión, demanda química y bioquímica de oxígeno no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM.
3. El porcentaje de eficiencia de remoción de lagunas de estabilización es deficiente, pues de la laguna N° 1 respecto a los sólidos totales en suspensión es de 70 %, para la demanda química de oxígeno es de 60 % y para la demanda bioquímica de oxígeno es de 68 % mientras que la eficiencia de la laguna N° 2 respecto a los sólidos totales en suspensión es de 65 %, para la demanda química de oxígeno es de 51 % y para la demanda bioquímica de oxígeno es de 52 %; valores que se encuentran debajo del 90 %; situación por la cual el sistema existente en el centro poblado de Yaureccan requiere la reformulación.
4. El diseño de las lagunas de estabilización del centro poblado Yaureccan no cumple con la norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones; por ello se plantea un sistema de tratamiento conformado por dos lagunas anaerobias (una para el funcionamiento mientras se de limpieza a la otra) cada una alberga un volumen de 202.65 m³, altura de 3.00 m (con borde libre de 0.50 m), periodo de retención de 5.20 días; mientras que una laguna facultativa de 568.54 m³, altura de 2.5 m (con borde libre de 0.50 m), periodo de retención de 10.68 días.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los futuros investigadores evaluar los demás sistemas de tratamiento de aguas residuales en la región a fin de plantear alternativas de solución pues se estaría perjudicando a los cuerpos de agua donde son vertidos sus afluentes.
2. Según los ensayos fisicoquímicos, bioquímicos, químicos y bacteriológicos de los efluentes de las lagunas de estabilización del centro poblado Yaureccan, se recomienda a las autoridades competentes tomar las medidas correctivas puesto que, se está atentando contra el medio ambiente.
3. Se recomienda a la municipalidad distrital de Locroja o a la municipalidad provincial e Churcampa, plantear un nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales en el centro poblado Yaureccan, pues la eficiencia de remoción de las lagunas existentes no cumple con lo establecido por la Norma OS.090
4. De ser el caso, se recomienda a las autoridades involucradas del centro poblado Yaureccan, considerar el diseño planteado en la presente investigación para el tratamiento de aguas residuales, pues se ha tomado las debidas consideraciones técnicas para el correcto funcionamiento del sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Balaguer, E. (2012). Estudio de la influencia del tiempo de retención hidráulico en un reactor biológico secuencial (SBR) de depuración de aguas residuales procedentes de una tenería y optimización de la fase de sedimentación. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado a partir de <https://riunet.upv.es/handle/10251/15367>
2. Bernal, C. (2006). Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales. (L. Gaona, Ed.) (Segunda). México: Pearson Educación.
3. Ccanto, G. (2010). Metodología de la investigación científica en ingeniería civil. Lima - Perú: Gerccantom.
4. Chupayo, E. (2016). Influencia del tiempo de retención hidráulica en la planta de tratamiento de la provincia de Jauja. Universidad Peruana Los Andes.
5. Del Cid, A., Sandoval, R., & Sandoval, F. (2007). Investigación. Fundamentos y metodología. (H. Rivera, Ed.) (Primera). México: Pearson Educación.
6. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2010). Metodología de la investigación. (J. Mares, Ed.) (Quinta). México: McGRAW-HILL.
7. Martínez, Á., & Guzmán, N. (2003). Estudio y evaluación de las lagunas de estabilización como tratamiento de las aguas residuales domésticas en la Base militar No. 10 de Jutiapa, Colonia militar de Jutiapa, Base aérea del sur en Retalhuleu y Escuela politécnica en San Juan Sacatepéquez. Universidad de San Carlos de Guatemala.
8. Menéndez, C., & Díaz, M. (2006). Lagunas - Diseño, operación y control (Primera). La Habana: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría.
9. MINAM. (2010). Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas o municipales. Lima - Perú: Ministerio del Ambiente. Recuperado a partir de <http://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/37623>
10. Moret, I. (2014). Optimización de lagunas de estabilización mediante el uso de macrofitas. Universidad de Piura.
11. MVCS. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima - Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

12. OPS. (2005). Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización. Estados Unidos: Centro Panamericana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
13. Peralta, F., Yungan, J., & Ramírez, W. (1999). Diseño de lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales provenientes de las industrias procesadoras (empacadoras) de camarón. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
14. Robledo, D. (2012). Propuesta de un sistema de lagunas de estabilización, para el tratamiento de las aguas residuales de la zona poniente de la ciudad de Tapachula, Chiapas. Universidad Nacional Autónoma de México.
15. Rosales, J. (2013, mayo 23). Ica: lagunas de oxidación superan seis veces los límites de contaminación. El Comercio, p. 1. Recuperado a partir de <http://archivo.elcomercio.pe/sociedad/lima/ica-lagunas-oxidacion-superan-seis-veces-limites-contaminacion-noticia-1580088>
16. Silva, J. (2004). Evaluación y rediseño del sistema de lagunas de estabilización de la Universidad de Piura. Universidad de Piura.

ANEXOS

Anexo N° 01: matriz de consistencia

Matriz de consistencia

Tesis: “Evaluación de la eficiencia de remoción de lagunas de estabilización del Centro Poblado de Yaureccan, Huancavelica - 2018”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general: ¿Cuál es el resultado de evaluar la eficiencia de remoción de lagunas de estabilización del centro poblado de Yaureccan, Huancavelica - 2018?</p> <p>Problemas específicos: a) ¿Cuáles son las características fisicoquímicas, bioquímicas, químicas y bacteriológicas del afluyente y efluentes de las lagunas de estabilización? b) ¿Cuál es el porcentaje de eficiencia de remoción de las lagunas de estabilización? c) ¿El diseño de las lagunas de estabilización cumple con la norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones?</p>	<p>Objetivo general: Evaluar la eficiencia de remoción de lagunas de estabilización del centro poblado de Yaureccan, Huancavelica – 2018.</p> <p>Objetivos específicos: a) Determinar las características fisicoquímicas, bioquímicas, químicas y bacteriológicas del afluyente y efluentes de las lagunas de estabilización. b) Calcular el porcentaje de eficiencia de remoción de las lagunas de estabilización. c) Determinar si el diseño de las lagunas de estabilización cumple con la norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones</p>	<p>Hipótesis general: De la evaluación de la eficiencia de remoción de lagunas estabilización del centro poblado de Yaureccan, Huancavelica – 2018, se tiene que es deficiente.</p> <p>Hipótesis específicas: a) Las características fisicoquímicas, bioquímicas, químicas y bacteriológicas del efluente y efluentes de las lagunas de estabilización no cumplen con los límites máximos permisibles (L.M.P) establecidos por el MINAM. b) El porcentaje de eficiencia de remoción de lagunas de estabilización es deficiente por ser menor al 90 %. c) El diseño de las lagunas de estabilización no cumple con la norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones</p>	<p>Variable independiente (X): laguna de estabilización.</p> <p>Variable dependiente (Y): Eficiencia de remoción.</p>	<p>- Calidad del afluyente y efluentes.</p> <p>- Eficiencia de remoción de sólidos totales en suspensión</p> <p>- Eficiencia de remoción de demanda bioquímica de oxígeno</p> <p>- Eficiencia de remoción de demanda química de oxígeno</p>	<p>- Parámetros fisicoquímicos orgánicos biológicos.</p> <p>- STS del afluyente. - STS del efluente.</p> <p>- DBO₅ del afluyente. - DBO₅ del efluente.</p> <p>- DQO del afluyente. - DQO del efluente.</p>	<p>Método de investigación: Científico.</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada.</p> <p>Nivel de investigación: Descriptivo – explicativo.</p> <p>Diseño de investigación: No experimental.</p> <p>Población: La población correspondió al afluyente y efluentes de las lagunas de estabilización del Centro Poblado de Yaureccan, distrito de Locroja, provincia Churcampa del departamento de Huancavelica, los mismos que fueron estudiados en tres puntos (un ingreso y dos salidas), donde en cada uno se caracterizó tres veces.</p> <p>Muestra: La muestra correspondió a la totalidad de la población, por lo cual no se utilizó técnica de muestreo.</p>

Anexo N° 02: ensayos de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



INFORME DE ENSAYO

MUESTRA: M-7, M-8 y M-9	N° DE REFERENCIA: 028 - 2018
URBANIZACIÓN: -----	FECHA DE MUESTREO: 07/02/2018
DISTRITO: Locroja.	HORA DE MUESTREO: 10:00 am
PROVINCIA: Churcampa.	FECHA DE ANÁLISIS: 07/02/2018
REGIÓN: Huancavelica.	

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:

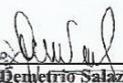
ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO M-7	RESULTADO M-8	RESULTADO M-9
pH	Unidades de pH	7.8	7.6	7.6
T° de la muestra	°C	7.3	7.2	7.5
Aceites y grasas	mg/L	32	31	32
Sólidos totales en suspensión	mL/L	189	184	192

ANÁLISIS INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICA Y QUÍMICA:

ENSAYO	RESULTADO M-7	RESULTADO M-8	RESULTADO M-9
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/L)	310	312	305
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) (mg/L)	178	183	180

ANÁLISIS INDICADORES BACTERIOLÓGICO:

ENSAYO	RESULTADO M-7	RESULTADO M-8	RESULTADO M-9
N° de Coliformes Totales (NMP/100mL)	6.7x10	5.9x10	6.3x10
N° de Coliformes Fecales (NMP/100mL)	5.4x10 ⁴	5.8x10 ⁴	5.2x10 ⁴


Dr. Genyferio Salazar Mauricio
Responsable del LAQ

Huancayo, 14 de febrero de 2018.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



INFORME DE ENSAYO

MUESTRA: M-4, M-5 y M-6	N° DE REFERENCIA: 028 - 2018
URBANIZACIÓN: -----	FECHA DE MUESTREO: 07/02/2018
DISTRITO: Locroja.	HORA DE MUESTREO: 10:00 am
PROVINCIA: Churcampa.	FECHA DE ANÁLISIS: 07/02/2018
REGIÓN: Huancavelica.	

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:

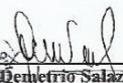
ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO M-4	RESULTADO M-5	RESULTADO M-6
pH	Unidades de pH	6.8	6	6.5
T° de la muestra	°C	7	7.3	7.2
Aceites y grasas	mg/L	25	24	26
Sólidos totales en suspensión	mL/L	162	160	164

ANÁLISIS INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICA Y QUÍMICA:

ENSAYO	RESULTADO M-4	RESULTADO M-5	RESULTADO M-6
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/L)	250	253	251
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) (mg/L)	120	118	123

ANÁLISIS INDICADORES BACTERIOLÓGICO:

ENSAYO	RESULTADO M-4	RESULTADO M-5	RESULTADO M-6
N° de Coliformes Totales (NMP/100mL)	2.1x10	2.4x10	2.3x10
N° de Coliformes Fecales (NMP/100mL)	3.4x10 ⁴	3.7x10 ⁴	3.5x10 ⁴


Dr. Genytrio Salazar Mauricio
Responsable del LAQ

Huancayo, 14 de febrero de 2018.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



INFORME DE ENSAYO

MUESTRA: M-1, M-2 y M-3	N° DE REFERENCIA: 028 - 2018
URBANIZACIÓN: -----	FECHA DE MUESTREO: 07/02/2018
DISTRITO: Locroja.	HORA DE MUESTREO: 9:40 am
PROVINCIA: Churcampa.	FECHA DE ANÁLISIS: 07/02/2018
REGIÓN: Huancavelica.	

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:

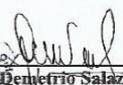
ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO M-1	RESULTADO M-2	RESULTADO M-3
pH	Unidades de pH	8.7	8.5	8
T° de la muestra	°C	8.6	8	8.1
Aceites y grasas	mg/L	42.2	43.1	42.5
Sólidos totales en suspensión	mL/L	530	535	532

ANÁLISIS INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICA Y QUÍMICA:

ENSAYO	RESULTADO M-1	RESULTADO M-2	RESULTADO M-3
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/L)	625	628	642
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) (mg/L)	375	378	374

ANÁLISIS INDICADORES BACTERIOLÓGICO:

ENSAYO	RESULTADO M-1	RESULTADO M-2	RESULTADO M-3
N° de Coliformes Totales (NMP/100mL)	5.6x10 ³	6.3x10 ³	5.2x10 ³
N° de Coliformes Fecales (NMP/100mL)	7.5x10 ⁸	7.1x10 ⁸	7.6x10 ⁸


Dr. Genytrio Salazar Mauricio
Responsable del LAQ

Huancayo, 14 de febrero de 2018.

Anexo N° 03: diseño de lagunas de estabilización

Principales consideraciones para laguna anaerobia

Población actual	610	Habitantes
Tasa de crecimiento	1.1	%
Periodo de diseño	20	Años
Población de diseño	759	Habitantes
Dotación	50	lt/hab/día
Desagüe	80	%
DBO ₅ per cápita	24.63	grDBO/hab/día
Temperatura del agua en el mes más frío	18	°C
Tasa de acumulación de Q:	120	L/hab/año
	30.36	m ³ /día

DBO ₅ del afluente	
M1:	375.0 mg/L
M2:	378.0 mg/L
M3:	374.0 mg/L
Promedio	375.67 mg/L

$$Pf = Po(1+r)^t$$

Relación lar:	Factor de dispersión
1	1
2	0.5
4	0.25
8	0.12

Determinación del parámetro K _T	
Eficiencia esperada:	0.35
Relación largo - ancho:	1
Factor de dispersión:	1
Parámetro K _T :	2

Coeficiente de temperatura K _T	
Θ:	1.05
K ₂₀ :	0.6 /día
K ₁₈ :	0.54 /día

Periodo de retención	
Parámetro K _T :	2
K ₁₈ :	0.54 /día
t:	3.68 días

Volumen de la laguna sin lodos	
t:	3.68 días
Q:	30.36 m ³ /día
V:	111.57 m ³

Volumen de acumulación de lodos	
Tasa de acumulación:	120.00 L/hab/año
Periodo de limpieza:	1.00 años
Volumen de lodos:	91.08 m ³

Volumen de la laguna con lodos	
V sin lodos:	111.57 m ³
V de lodos:	91.08 m ³
V total:	202.65 m ³

Area de la laguna	
N° de lagunas:	1
V:	202.65 m ³
V cada laguna:	202.65 m ³
h:	2.50 m
A cada laguna:	81.06 m ²
A cada laguna:	0.008 ha

Carga superficial en Kg. DBO ₅ /ha.día	
Cs:	9391.67 Kg.DBO ₅ /ha.día

Dimensiones de cada laguna	
Talud (1/m):	1.5
Relación largo / ancho:	1
L1:	13.00 m
L2:	13.00 m
h:	2.50 m
L3:	5.50 m
L4:	5.50 m
Volumen:	225.63 m ³
hlodos:	1.50 m

$$Q = \text{Población} \times \text{Dotación} \times \% \text{Contribución}$$

$$K_T = K_{20} \theta^{(T-20)}$$

$$t = \frac{Kt}{K_T}$$

$$V = Qt$$

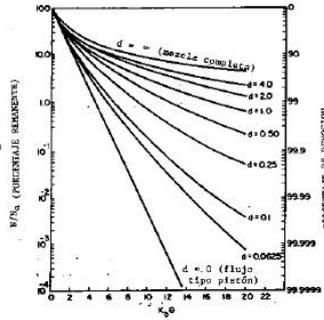
$$V_{lodos} = \frac{\text{Tasa de acumulación} \times \text{Periodo de limpieza} \times \text{Población}}{1000}$$

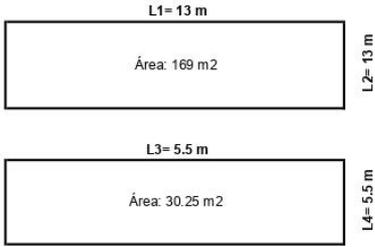
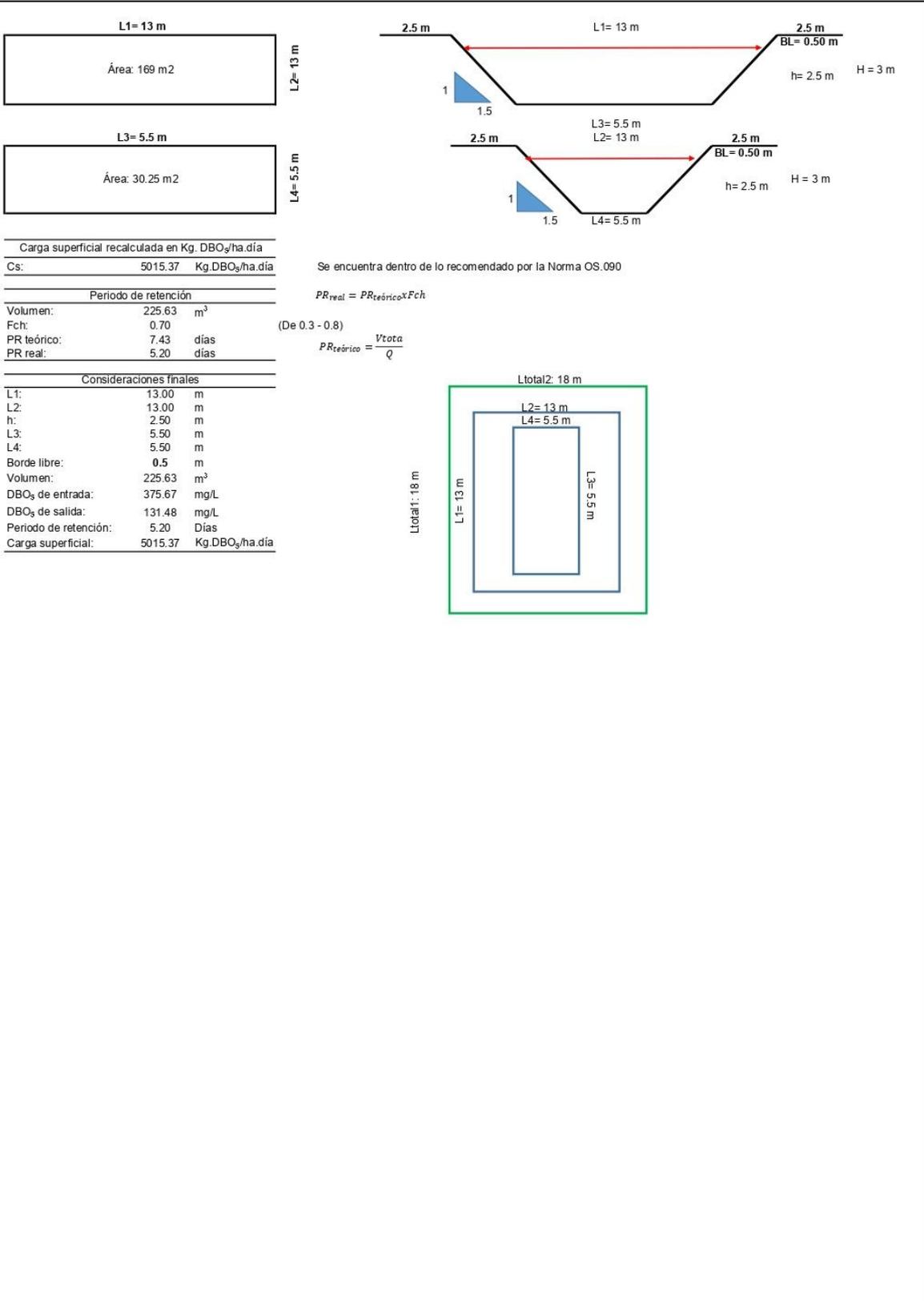
$$V_{total} = \text{Volumen sin lodos} + \text{Volumen de lodos}$$

$$Cs = \frac{V_{total} + mg DBO_5/L}{A}$$

Verificación del área y volumen:			
Área mínima	81.06 m ²	Área resultar	169.00 m ²
volumen req.	202.65 m ³	Volumen resultante:	225.63 m ³

L31:	10	h:	1.5	v:	91.08
L41:	10			V:	92.625





Carga superficial recalculada en Kg. DBO₅/ha.día

Cs: 5015.37 Kg DBO₅/ha.día

Periodo de retención	
Volumen:	225.63 m ³
Fch:	0.70
PR teórico:	7.43 días
PR real:	5.20 días

Consideraciones finales

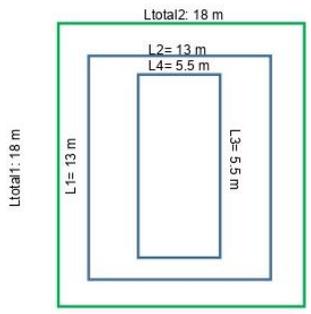
L1:	13.00 m
L2:	13.00 m
h:	2.50 m
L3:	5.50 m
L4:	5.50 m
Borde libre:	0.5 m
Volumen:	225.63 m ³
DBO ₅ de entrada:	375.67 mg/L
DBO ₅ de salida:	131.48 mg/L
Periodo de retención:	5.20 Días
Carga superficial:	5015.37 Kg DBO ₅ /ha.día

Se encuentra dentro de lo recomendado por la Norma OS.090

$$PR_{real} = PR_{teórico} \times Fch$$

(De 0.3 - 0.8)

$$PR_{teórico} = \frac{V_{total}}{Q}$$



Principales consideraciones para laguna facultativa

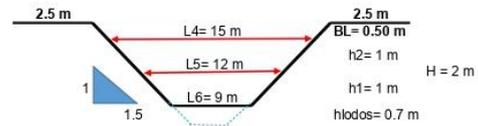
Población actual	610	Habitantes	
Tasa de crecimiento	1.1	%	
Periodo de diseño	20	Años	
Población de diseño	759	Habitantes	$Pf = Po(1+r)^t$
Dotación	50	lt/hab/día	
Desagüe	80	%	
DBO ₅ del afluente	131.48	mg/L	
DBO ₅ per cápita	8.62	grDBO/hab/día	
Temperatura del agua en el mes más frío	18	°C	
Caudal residual (Q):	30.36	m ³ /día	
Condición de la temperatura	19	°C	
Carga orgánica:	6.54	kg.DBO/día	
Periodo de limpieza:	3	años	
Tasa de acumulación de lodos	60	L/año	
K20:	0.6	/día	(Según la Norma OS.090 va de 0.6 a 1/día)

Carga superficial de diseño	
Cs:	238.10 Kg.DBO ₅ /ha día

$$C_{s_{diseño}} = 250 \times 1.05^{(T-20)}$$

Área requerida	
Área requerida:	0.03 Ha
Número de lagunas:	1
Relación largo / ancho:	2
L2:	23.50 m
L5:	12.00 m

$$A_{requerido} = \frac{\text{Carga orgánica}}{\text{Carga volumétrica}}$$



Dimensiones de cada laguna	
Talud (1/m):	1.5
L1:	26.5 m
L2:	23.50 m
L3:	20.5 m
L4:	15.00 m
L5:	12.00 m
L6:	9.00 m
h:	2.00 m

Producción de lodos	
Vlodos:	136.62 m ³
Árealodos:	184.50 m ²
Altura de lodos:	0.70 m

$$V_{lodos} = \frac{Pob. \cdot Ta \cdot N}{1000}$$

Periodo de retención	
Volumen:	463.07
Fch:	0.70
PR teórico:	15.25 días
PR real:	10.68 días

$$PR_{real} = PR_{teórico} \times Fch$$

(De 0.3 - 0.8)

$$PR_{teórico} = \frac{Volumen}{Q}$$

DBO ₅ de salida	
Fch:	0.70
DBO ₅ última entrada:	131.48 mg/L
K'1:	0.57 DBO ₅ /día
DBO ₅ última salida:	83.67

$$DBO_{\text{último de salida}} = \frac{DBO_{\text{último entrada}}}{1 + K'1}$$

$$K'1 = K_{20}(1.05)^{T-20}$$

Consideraciones finales	
L1:	26.50 m
L4:	15.00 m
h:	2.00 m
L3:	20.50 m
L4:	9.00 m
Borde libre:	0.5 m
Volumen:	568.54 m ³
DBO ₅ de entrada:	131.48 mg/L
DBO ₅ de salida:	83.67 mg/L
Tiempo de retención:	10.68 Días
Carga superficial:	238.10 Kg.DBO ₅ /ha día

Anexo N° 04: Norma OS. 090

5.3.3.3 Las estructuras de repartición de caudal deben permitir la distribución del caudal considerando todas sus variaciones, en proporción a la capacidad del proceso inicial de tratamiento para el caso del tratamiento convencional y en proporción a las áreas de las unidades primarias, en el caso de lagunas de estabilización. En general estas facilidades no deben permitir la acumulación de arena.

5.3.3.4 Los repartidores pueden ser de los siguientes tipos:

- cámara de repartición de entrada central y flujo ascendente, con vertedero circular o cuadrado e instalación de compuertas manuales, durante condiciones de mantenimiento correctivo.
- repartidor con tabiques en régimen crítico, el mismo que se ubicará en el canal.
- otros debidamente justificados ante el organismo competente.

5.3.3.5 Para las instalaciones antes indicadas el diseño se efectuará para las condiciones de caudal máximo horario, debiendo comprobarse su funcionamiento para condiciones de caudal mínimo al inicio de la operación.

5.4 Tratamiento Primario

5.4.1 Generalidades

5.4.1.1 El objetivo del tratamiento primario es la remoción de sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para disminuir la carga en el tratamiento biológico. Los sólidos removidos en el proceso tienen que ser procesados antes de su disposición final.

5.4.1.2 Los procesos del tratamiento primario para las aguas residuales pueden ser: tanques Imhoff, tanques de sedimentación y tanques de flotación.

5.4.2 Tanques Imhoff

5.4.2.1 Son tanques de sedimentación primaria en los cuales se incorpora la digestión de lodos en un compartimiento localizado en la parte inferior.

5.4.2.2 Para el diseño de la zona de sedimentación se utilizará los siguientes criterios:

- a) El área requerida para el proceso se determinará con una carga superficial de $1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, calculado en base al caudal medio.
- b) El período de retención nominal será de 1,5 a 2,5 horas. La profundidad será el producto de la carga superficial y el período de retención.

Fuente: Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2010).

- c) El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados, con respecto al eje horizontal, tendrá entre 50 y 60 grados.
- d) En la arista central se dejará una abertura para el paso de sólidos de 0,15 m a 0,20 m. Uno de los lados deberá prolongarse de modo que impida el paso de gases hacia el sedimentador; esta prolongación deberá tener una proyección horizontal de 0,15 a 0,20 m.
- f) El borde libre tendrá un valor mínimo de 0,30m.
- g) Las estructuras de entrada y salida, así como otros parámetros de diseño, serán los mismos que para los sedimentadores rectangulares convencionales.

5.4.2.3 Para el diseño del compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (zona de digestión) se tendrá en cuenta los siguientes criterios:

- a) El volumen lodos se determinará considerando la reducción de 50% de sólidos volátiles, con una densidad de 1,05 kg/l y un contenido promedio de sólidos de 12,5% (al peso). El compartimiento será dimensionado para almacenar los lodos durante el proceso de digestión de acuerdo a la temperatura. Se usarán los siguientes valores:

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE DIGESTIÓN (DÍAS)
5	110
10	76
15	55
20	40
≥ 25	30

- b) Alternativamente se determinará el volumen del compartimiento de lodos considerando un volumen de 70 litros por habitante para la temperatura de 15°C. Para otras temperaturas este volumen unitario se debe multiplicar por un factor de capacidad relativa de acuerdo a los valores de la siguiente tabla:

Fuente: Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2010).

TEMPERATURA (°C)	FACTOR DE CAPACIDAD RELATIVA
5	2,0
10	1,4
15	1,0
20	0,7
>=25	0,5

a altura máxima de lodos deberá estar 0,50 m por debajo del fondo del sedimentador.

- d) El fondo del compartimiento tendrá la forma de un tronco de pirámide, cuyas paredes tendrán una inclinación de 15° a 30° con respecto a la horizontal.

5.4.2.4 Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y las del sedimentador (zona de espumas) se seguirán los siguientes criterios:

- a) El espaciamiento libre será de 1,00 m como mínimo.
b) La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.

5.4.2.5 Las facilidades para la remoción de lodos digeridos deben ser diseñadas en forma similar los sedimentadores primarios, considerando que los lodos son retirados para secado en forma intermitente. Para el efecto se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) El diámetro mínimo de las tuberías de remoción de lodos será de 200 mm.
b) La tubería de remoción de lodos debe estar 15 cm por encima del fondo del tanque.
c) Para la remoción hidráulica del lodo se requiere por lo menos una carga hidráulica de 1,80 m.

5.4.3 Tanques de Sedimentación

5.4.3.1 Los tanques de sedimentación pequeños, de diámetro o lado no mayor deben ser proyectados sin equipos mecánicos. La forma puede ser rectangular, circular o cuadrado; los rectangulares podrán tener varias tolvas y los circulares o cuadrados una tolva central, como es el caso de los sedimentadores tipo Dormund. La inclinación de las paredes de las tolvas será de por lo menos 60 grados con respecto a horizontal. Los parámetros de diseño son similares a los de sedimentadores con equipos mecánicos.

Fuente: Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2010).

5.4.3.2 Los tanques de sedimentación mayores usarán equipo mecánico para el barrido de lodos y transporte a los procesos de tratamiento de lodos.

5.4.3.3 Los parámetros de diseño del tanque de sedimentación primaria y sus eficiencias deben preferentemente ser determinados experimentalmente. Cuando se diseñen tanques convencionales de sedimentación primaria sin datos experimentales se utilizarán los siguientes criterios de diseño:

- a) Los canales de repartición y entrada a los tanques deben ser diseñados para el caudal máximo horario.
- b) Los requisitos de área deben determinarse usando cargas superficiales entre 24 y 60 m³/d basado en el caudal medio de diseño, lo cual equivale a una velocidad de sedimentación de 1,00 a 2,5 m/h.
- c) El período de retención nominal será de 1,5 a 2,5 horas (recomendable < 2 horas), basado en el caudal máximo diario de diseño.
- d) La profundidad es el producto de la carga superficial y el período de retención y debe estar entre 2 y 3,5 m. (recomendable 3 m).
- e) La relación largo / ancho debe estar entre 3 y 10 (recomendable 4) y la relación largo / profundidad entre 5 y 30.
- f) La carga hidráulica en los vertederos será de 125 a 500 m³/d por metro lineal (recomendable 250), basado en el caudal máximo diario de diseño.
- g) La eficiencia de remoción del proceso de sedimentación puede estimarse de acuerdo con la tabla siguiente:

Porcentaje de remoción recomendado

Período de retención nominal (horas)	DBO 100 a 200 mg/l		DBO 200 a 300 mg/l	
	DBO	SS*	DBO	SS*
1,5	30	50	32	56
2,0	33	53	36	60
3,0	37	58	40	64
4,0	40	60	42	66

SS* = sólidos en suspensión totales.

- h) El volumen de lodos primarios debe calcularse para el final del período de diseño (con el caudal medio) y evaluarse para cada 5 años de operación. La remoción de sólidos del proceso se obtendrá de la siguiente tabla:

Tipo de lodo primario	Gravedad Específica	Concentración de sólidos	
		Rango	% Recomendado
Con alcantarillado sanitario	1,03	4 - 12	6,0
Con alcantarillado combinado	1,05	4 - 12	6,5
Con lodo activado de exceso	1,03	3 - 10	4,0

Fuente: Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2010).

i) El retiro de los lodos del sedimentador debe efectuarse en forma cíclica e idealmente por gravedad. Donde no se disponga de carga hidráulica se debe retirar por bombeo en forma cíclica. Para el lodo primario se recomienda:

- bombas rotativas de desplazamiento positivo;
- bombas de diafragma;
- bombas de pistón; y
- bombas centrífugas con impulsor abierto.

Para un adecuado funcionamiento de la planta, es recomendable instalar motores de velocidad variable e interruptores cíclicos que funcionen cada 0,5 a 4 horas. El sistema de conducción de lodos podrá incluir, de ser necesario, un dispositivo para medir el caudal.

j) El volumen de la tolva de lodos debe ser verificado para el almacenamiento de lodos de dos ciclos consecutivos. La velocidad en la tubería de salida del lodo primario debe ser por lo menos 0,9 m/s.

5.4.3.4 El mecanismo de barrido de lodos de tanques rectangulares tendrá una velocidad entre 0,6 y 1,2 m/min.

5.4.3.5 Las características de los tanques circulares de sedimentación serán las siguientes:

- profundidad: de 3 a 5 m
- diámetro: de 3,6 a 4,5 m
- pendiente de fondo: de 6% a 16% (recomendable 8%).

5.4.3.6 El mecanismo de barrido de lodos de los tanques circulares tendrá una velocidad periférica tangencial comprendida entre 1,5 y 2,4 m/min o una velocidad de rotación de 1 a 3 revoluciones por hora, siendo dos un valor recomendable.

5.4.3.7 El sistema de entrada al tanque debe garantizar la distribución uniforme del líquido a través de la sección transversal y debe diseñarse en forma tal que se eviten cortocircuitos.

5.4.3.8 La carga hidráulica en los vertederos de salida será de 125 a 500 m³/d por metro lineal (recomendable 250), basado en el caudal máximo diario de diseño.

5.4.3.9 Se deberá diseñar un sistema de recolección de natas, las que deben almacenarse en un pozo especial antes de ser transportadas al proceso de digestión.

5.4.3.10 La pendiente mínima de la tolva de lodos será 1,7 vertical a 1,0 horizontal. En caso de sedimentadores rectangulares, cuando la tolva sea demasiado ancha, se deberá proveer un barredor transversal desde el extremo hasta el punto de extracción de lodos.

Fuente: Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2010).

5.4.4 Tanques de Flotación

El proceso de flotación se usa en aguas residuales para remover partículas finas en suspensión y de baja densidad, usando el aire como agente de flotación. Una vez que los sólidos han sido elevados a la superficie del líquido, son removidos en una operación de desnatado. El proceso requiere un mayor grado de mecanización que los tanques convencionales de sedimentación; su uso deberá ser justificado ante el organismo competente.

5.5 Tratamiento Secundario

5.5.1 Generalidades

5.5.1.1 Para efectos de la presente norma de diseño se considerarán como tratamiento secundario los procesos biológicos con una eficiencia de remoción de DBO soluble mayor a 80%, pudiendo ser de biomasa en suspensión o biomasa adherida, e incluye los siguientes sistemas: lagunas de estabilización, lodos activados (incluidas las zanjas de oxidación y otras variantes), filtros biológicos y módulos rotatorios de contacto.

5.5.1.2 La selección del tipo de tratamiento secundario, deberá estar debidamente justificada en el estudio de factibilidad.

5.5.1.3 Entre los métodos de tratamiento biológico con biomasa en suspensión se preferirán aquellos que sean de fácil operación y mantenimiento y que reduzcan al mínimo la utilización de equipos mecánicos complicados o que no puedan ser reparados localmente. Entre estos métodos están los sistemas de lagunas de estabilización y las zanjas de oxidación de operación intermitente y continua. El sistema de lodos activados convencional y las plantas compactas de este tipo podrán ser utilizados sólo en el caso en que se demuestre que las otras alternativas son inconvenientes técnica y económicamente.

5.5.1.4 Entre los métodos de tratamiento biológico con biomasa adherida se preferirán aquellos que sean de fácil operación y que carezcan de equipos complicados o de difícil reparación. Entre ellos están los filtros percoladores y los módulos rotatorios de contacto.

5.5.2 Lagunas de Estabilización

5.5.2.1 Aspectos Generales

- a. Las lagunas de estabilización son estanques diseñados para el tratamiento de aguas residuales mediante procesos biológicos naturales de interacción de la biomasa (algas, bacterias, protozoarios, etc.) y la materia orgánica contenida en el agua residual.
- b. El tratamiento por lagunas de estabilización se aplica cuando la biomasa de las algas y los nutrientes que se descargan con el efluente pueden ser asimilados por el cuerpo receptor. El uso de este tipo de tratamiento se recomienda especialmente cuando se requiere un alto grado de remoción

Fuente: Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2010).

de organismos patógenos.

Para los casos en los que el efluente sea descargado a un lago o embalse, deberá evaluarse la posibilidad de eutroficación del cuerpo receptor antes de su consideración como alternativa de descarga o en todo caso se debe determinar las necesidades de postratamiento.

- c. Para el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales se considerarán únicamente los sistemas de lagunas que tengan unidades anaerobias, aeradas, facultativas y de maduración, en las combinaciones y número de unidades que se detallan en la presente norma.
- d. No se considerarán como alternativa de tratamiento las lagunas de alta producción de biomasa (conocidas como lagunas aerobias o fotosintéticas), debido a que su finalidad es maximizar la producción de algas y no el tratamiento del desecho líquido.

5.5.2.2 Lagunas Anaerobias

- a. Las lagunas anaerobias se emplean generalmente como primera unidad de un sistema cuando la disponibilidad de terreno es limitada o para el tratamiento de aguas residuales domésticas con altas concentraciones y desechos industriales, en cuyo caso pueden darse varias unidades anaerobias en serie. No es recomendable el uso lagunas anaerobias para temperaturas menores de 15 °C y presencia de alto contenido de sulfatos en las aguas residuales (mayor a 250 mg/l).
- b. Debido a las altas cargas de diseño y a la reducida eficiencia, es necesario el tratamiento adicional para alcanzar el grado de tratamiento requerido. En el caso de emplear lagunas facultativas secundarias su carga orgánica superficial no debe estar por encima de los valores límite para lagunas facultativas. Por lo general el área de las unidades en serie del sistema no debe ser uniforme.
- c. En el dimensionamiento de lagunas anaerobias se puede usar las siguientes recomendaciones para temperaturas de 20 °C:
 - carga orgánica volumétrica de 100 a 300 g DBO / (m³.d);
 - período de retención nominal de 1 a 5 días;
 - profundidad entre 2.5 y 5 m;
 - 50% de eficiencia de remoción de DBO;
 - carga superficial mayor de 1000 kg DBO/ha.día.
- d. Se deberá diseñar un número mínimo de dos unidades en paralelo para permitir la operación en una de las unidades mientras se remueve el lodo de la otra.
- e. La acumulación de lodo se calculará con un aporte no menor de 40 l/hab/año. Se deberá indicar, en la memoria descriptiva y manual de operación y mantenimiento, el período de limpieza asumido en el diseño.

Fuente: Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2010).

En ningún caso se deberá permitir que el volumen de lodos acumulado supere 50% del tirante de la laguna.

- f. Para efectos del cálculo de la reducción bacteriana se asumirá una reducción nula en lagunas anaerobias.
- g. Deberá verificarse los valores de carga orgánica volumétrica y carga superficial para las condiciones de inicio de operación y de limpieza de lodos de las lagunas. Dichos valores deben estar comprendidos entre los recomendados en el punto 3 de este artículo.

5.5.2.3 Lagunas Aeradas

- a. Las lagunas aeradas se emplean generalmente como primera unidad de un sistema de tratamiento en donde la disponibilidad del terreno es limitada o para el tratamiento de desechos domésticos con altas concentraciones o desechos industriales cuyas aguas residuales sean predominantemente orgánicas. El uso de las lagunas aeradas en serie no es recomendable.
- b. Se distinguen los siguientes tipos de lagunas aeradas:
 - Lagunas aeradas de mezcla completa: las mismas que mantienen la biomasa en suspensión, con una alta densidad de energía instalada ($>15 \text{ W/m}^3$). Son consideradas como un proceso incipiente de lodos activados sin separación y recirculación de lodos y la presencia de algas no es aparente. En este tipo de lagunas la profundidad varía entre 3 y 5 m y el período de retención entre 2 y 7 días. Para estas unidades es recomendable el uso de aeradores de baja velocidad de rotación. Este es el único caso de laguna aerada para el cual existe una metodología de dimensionamiento.
 - Lagunas aeradas facultativas: las cuales mantienen la biomasa en suspensión parcial, con una densidad de energía instalada menor que las anteriores ($1 \text{ a } 4 \text{ W/m}^3$, recomendable 2 W/m^3). Este tipo de laguna presenta acumulación de lodos, observándose frecuentemente la aparición de burbujas de gas de gran tamaño en la superficie por efecto de la digestión de lodos en el fondo. En este tipo de lagunas los períodos de retención varían entre 7 y 20 días (variación promedio entre 10 y 15 días) y las profundidades son por lo menos 1,50 m. En climas cálidos y con buena insolación se observa un apreciable crecimiento de algas en la superficie de la laguna.
 - Lagunas facultativas con agitación mecánica: se aplican exclusivamente a unidades sobrecargadas del tipo facultativo en climas cálidos. Tienen una baja densidad de energía instalada (del orden de $0,1 \text{ W/m}^3$), la misma que sirve para vencer los efectos adversos de la estratificación termal, en ausencia del viento. Las condiciones de diseño de estas unidades son las mismas que para lagunas facultativas. El uso de los aeradores puede ser intermitente.

Fuente: Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2010).

- c. Los dos primeros tipos de lagunas aeradas antes mencionados, pueden ser seguidas de lagunas facultativas diseñadas con la finalidad de tratar el efluente de la laguna primaria, asimilando una gran cantidad de sólidos en suspensión.
- d. Para el diseño de lagunas aeradas de mezcla completa se observarán las siguientes recomendaciones:
- Los criterios de diseño para el proceso (coeficiente cinético de degradación, constante de autooxidación y requisitos de oxígeno para síntesis) deben idealmente ser determinados a través de experimentación.
 - Alternativamente se dimensionará la laguna aerada para la eficiencia de remoción de DBO soluble establecida en condiciones del mes más frío y con una constante de degradación alrededor de 0,025 (1/(mg/l Xv.d)) a 20°C, en donde Xv es la concentración de sólidos volátiles activos en la laguna.
 - Los requisitos de oxígeno del proceso (para síntesis y respiración endógena) se determinará para condiciones del mes más caliente. Estos serán corregidos a condiciones estándar, por temperatura y elevación, según lo indicado en el numeral 5.5.3.1 ítem 6.
 - Se seleccionará el tipo de aerador más conveniente, prefiriéndose los aereadores mecánicos superficiales, de acuerdo con sus características, velocidad de rotación, rendimiento y costo. La capacidad de energía requerida e instalada se determinará seleccionando un número par de aeradores de igual tamaño y eficiencias especificadas.
 - Para la remoción de coliformes se usará el mismo coeficiente de mortalidad neto que el especificado para las lagunas facultativas. La calidad del efluente se determinará para las condiciones del mes más frío. Para el efecto podrá determinarse el factor de dispersión por medio de la siguiente relación:

$$d = \frac{2881 \times PR}{L^2}$$

En donde:

PR es el período de retención nominal expresado en horas y L es la longitud entre la entrada y la salida en metros.

En caso de utilizarse otra correlación deberá ser justificada ante la autoridad competente.

Fuente: Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2010).

5.5.2.4 Lagunas Facultativas

- a. Su ubicación como unidad de tratamiento en un sistema de lagunas puede ser:
 - Como laguna única (caso de climas fríos en los cuales la carga de diseño es tan baja que permite una adecuada remoción de bacterias) o seguida de una laguna secundaria o terciaria (normalmente referida como laguna de maduración), y
 - Como una unidad secundaria después de lagunas anaerobias o aeradas para procesar sus efluentes a un grado mayor.
- b. Los criterios de diseño referidos a temperaturas y mortalidad de bacterias se deben determinar en forma experimental. Alternativamente y cuando no sea posible la experimentación, se podrán usar los siguientes criterios:
 - La temperatura de diseño será el promedio del mes más frío (temperatura del agua), determinada a través de correlaciones de las temperaturas del aire y agua existentes.
 - En caso de no existir esos datos, se determinará la temperatura del agua sumando a la temperatura del aire un valor que será justificado debidamente ante el organismo competente, el mismo que depende de las condiciones meteorológicas del lugar.
 - En donde no exista ningún dato se usará la temperatura promedio del aire del mes más frío.
 - El coeficiente de mortalidad bacteriana (neto) será adoptado entre el intervalo de 0,6 a 1,0 (1/d) para 20°C.
- c. La carga de diseño para lagunas facultativas se determina con la siguiente expresión:

$$Cd = 250 \times 1,05^{(T - 20)}$$

En donde:

Cd es la carga superficial de diseño en kg DBO / (ha.d)

T es la temperatura del agua promedio del mes más frío en °C.

- d. Alternativamente puede utilizarse otras correlaciones que deberán ser justificadas ante la autoridad competente.
- e. El proyectista deberá adoptar una carga de diseño menor a la determinada anteriormente, si existen factores como:
 - la existencia de variaciones bruscas de temperatura,
 - la forma de la laguna (las lagunas de forma alargada son sensibles a variaciones y deben tener menores cargas),

Fuente: Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2010).

- la existencia de desechos industriales,
 - el tipo de sistema de alcantarillado, etc.
- f. Para evitar el crecimiento de plantas acuáticas con raíces en el fondo, la profundidad de las lagunas debe ser mayor de 1,5 m. Para el diseño de una laguna facultativa primaria, el proyectista deberá proveer una altura adicional para la acumulación de lodos entre períodos de limpieza de 5 a 10 años.
- g. Para lagunas facultativas primarias se debe determinar el volumen de lodo acumulado teniendo en cuenta un 80% de remoción de sólidos en suspensión en el efluente, con una reducción de 50% de sólidos volátiles por digestión anaerobia, una densidad del lodo de 1,05 kg/l y un contenido de sólidos de 15% a 20% al peso. Con estos datos se debe determinar la frecuencia de remoción del lodo en la instalación.
- h. Para el diseño de lagunas facultativas que reciben el efluente de lagunas aeradas se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:
- El balance de oxígeno de la laguna debe ser positivo, teniendo en cuenta los siguientes componentes:
 - la producción de oxígeno por fotosíntesis,
 - la reaeración superficial,
 - la asimilación de los sólidos volátiles del afluente,
 - la asimilación de la DBO soluble,
 - el consumo por solubilización de sólidos en la digestión, y
 - el consumo neto de oxígeno de los sólidos anaerobios.
 - Se debe determinar el volumen de lodo acumulado a partir de la concentración de sólidos en suspensión en el efluente de la laguna aerada, con una reducción de 50% de sólidos volátiles por digestión anaerobia, una densidad del lodo de 1,03 kg/l y un contenido de sólidos 10% al peso. Con estos datos se debe determinar la frecuencia de remoción del lodo en la instalación.
- i. En el cálculo de remoción de la materia orgánica (DBO) se podrá emplear cualquier metodología debidamente sustentada, con indicación de la forma en que se determina la concentración de DBO (total o soluble).

En el uso de correlaciones de carga de DBO aplicada a DBO removida, se debe tener en cuenta que la carga de DBO removida es la diferencia entre la DBO total del afluente y la DBO soluble del efluente. Para lagunas en serie se debe tomar en consideración que en la laguna primaria se produce la mayor remoción de materia orgánica. La concentración de DBO en las lagunas siguientes no es predecible, debido a la influencia de las poblaciones de algas de cada unidad.

Fuente: Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2010).

5.5.2.5 Diseño de Lagunas para Remoción de Organismos Patógenos

- a. Las disposiciones que se detallan se aplican para cualquier tipo de lagunas (en forma individual o para lagunas en serie), dado que la mortalidad bacteriana y remoción de parásitos ocurre en todas las unidades y no solamente en las lagunas de maduración.
- b. Con relación a los parásitos de las aguas residuales, los nematodos intestinales se consideran como indicadores, de modo que su remoción implica la remoción de otros tipos de parásitos. Para una adecuada remoción de nematodos intestinales en un sistema de laguna se requiere un período de retención nominal de 10 días como mínimo en una de las unidades.
- c. La reducción de bacterias en cualquier tipo de lagunas debe, en lo posible, ser determinada en términos de coliformes fecales, como indicadores. Para tal efecto, el proyectista debe usar el modelo de flujo disperso con los coeficientes de mortalidad netos para los diferentes tipos de unidades. El uso del modelo de mezcla completa con coeficientes globales de mortalidad no es aceptable para el diseño de las lagunas en serie.
- d. El factor de dispersión en el modelo de flujo disperso puede determinarse según la forma de la laguna y el valor de la temperatura. El proyectista deberá justificar la correlación empleada.

Los siguientes valores son referenciales para la relación largo / ancho:

Relación largo - ancho	Factor de dispersión d
1	1,00
2	0,50
4	0,25
8	0,12

- e. El coeficiente de mortalidad neto puede ser corregido con la siguiente relación de dependencia de la temperatura.

$$K_T = K_{20} \times 1,05^{(T-20)}$$

En donde:

K_T es el coeficiente de mortalidad neto a la temperatura del agua T promedio del mes más frío, en °C

K_{20} es el coeficiente de mortalidad neto a 20 °C.

Fuente: Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2010).

5.5.2.6 Normas generales para el diseño de sistemas de lagunas

- a. El período de diseño de la planta de tratamiento debe estar comprendido entre 20 y 30 años, con etapas de implementación de alrededor de 10 años.
- b. En la concepción del proyecto se deben seguir las siguientes consideraciones:
 - El diseño debe concebirse por lo menos con dos unidades en paralelo para permitir la operación de una de las unidades durante la limpieza.
 - La conformación de unidades, geometría, forma y número de celdas debe escogerse en función de la topografía del sitio, y en particular de un óptimo movimiento de tierras, es decir de un adecuado balance entre el corte y relleno para los diques.
 - La forma de las lagunas depende del tipo de cada una de las unidades. Para las lagunas anaerobias y aeradas se recomiendan formas cuadradas o ligeramente rectangulares. Para las lagunas facultativas se recomienda formas alargadas; se sugiere que la relación largo-ancho mínima sea de 2.
 - En general, el tipo de entrada debe ser lo más simple posible y no muy alejada del borde de los taludes, debiendo proyectarse con descarga sobre la superficie.
 - En la salida se debe instalar un dispositivo de medición de caudal (vertedero o medidor de régimen crítico), con la finalidad de poder evaluar el funcionamiento de la unidad.
 - Antes de la salida de las lagunas primarias se recomienda la instalación de una pantalla para la retención de natas.
 - La interconexión entre las lagunas puede efectuarse mediante usando simples tuberías después del vertedero o canales con un medidor de régimen crítico. Esta última alternativa es la de menor pérdida de carga y de utilidad en terrenos planos.
 - Las esquinas de los diques deben redondearse para minimizar la acumulación de natas.
 - El ancho de la berma sobre los diques debe ser por lo menos de 2,5 m para permitir la circulación de vehículos. En las lagunas primarias el ancho debe ser tal que permita la circulación de equipo pesado, tanto en la etapa de construcción como durante la remoción de lodos.
 - No se recomienda el diseño de tuberías, válvulas, compuertas metálicas de vaciado de las lagunas debido a que se deterioran por la falta de uso. Para el vaciado de las lagunas se recomienda la

Fuente: Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2010).

instalación temporal de sifones u otro sistema alternativo de bajo costo.

- c. El borde libre recomendado para las lagunas de estabilización es de 0,5 m. Para el caso en los cuales se puede producir oleaje por la acción del viento se deberá calcular una mayor altura y diseñar la protección correspondiente para evitar el proceso de erosión de los diques.
- d. Se debe comprobar en el diseño el funcionamiento de las lagunas para las siguientes condiciones especiales:
 - Durante las condiciones de puesta en operación inicial, el balance hídrico de la laguna (afuente - evaporación - infiltración > efluente) debe ser positivo durante los primeros meses de funcionamiento.
 - Durante los períodos de limpieza, la carga superficial aplicada sobre las lagunas en operación no debe exceder la carga máxima correspondiente a las temperaturas del período de limpieza.
- e. Para el diseño de los diques se debe tener en cuenta las siguientes disposiciones:
 - Se debe efectuar el número de sondajes necesarios para determinar el tipo de suelo y de los estratos a cortarse en el movimiento de tierras. En esta etapa se efectuarán las pruebas de mecánica de suelos que se requieran (se debe incluir la permeabilidad en el sitio) para un adecuado diseño de los diques y formas de impermeabilización. Para determinar el número de calicatas se tendrá en consideración la topografía y geología del terreno, observándose como mínimo las siguientes criterios:
 - El número mínimo de calicatas es de 4 por hectárea.
 - Para los sistemas de varias celdas el número mínimo de calicatas estará determinado por el número de cortes de los ejes de los diques más una perforación en el centro de cada una unidad. Para terrenos de topografía accidentada en los que se requieren cortes pronunciados se incrementarán los sondajes cuando sean necesarios.
 - Los diques deben diseñarse comprobando que no se produzca volcamiento y que exista estabilidad en las condiciones más desfavorables de operación, incluido un vaciado rápido y sismo.
 - Se deben calcular las subpresiones en los lados exteriores de los taludes para comprobar si la pendiente exterior de los diques es adecuada y determinar la necesidad de controles como: impermeabilización, recubrimientos o filtros de drenaje.
 - En general los taludes interiores de los diques deben tener una inclinación entre 1:1,5 y 1:2. Los taludes exteriores son menos inclinados, entre 1:2 y 1:3 (vertical: horizontal).
 - De los datos de los sondajes se debe especificar el tipo de material a usarse en la compactación de los diques y capa de impermeabilización, determinándose además las canteras de los diferentes materiales que se requieren.

Fuente: Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2010).

- La diferencia de cotas del fondo de las lagunas y el nivel freático deberá determinarse considerando las restricciones constructivas y de contaminación de las aguas subterráneas de acuerdo a la vulnerabilidad del acuífero.
Se deberá diseñar, si fuera necesario, el sistema de impermeabilización del fondo y taludes, debiendo justificar la solución adoptada.

f. Se deben considerar las siguientes instalaciones adicionales:

- Casa del operador y almacén de materiales y herramientas.
- Laboratorio de análisis de aguas residuales para el control de los procesos de tratamiento, para ciudades con más de 75000 habitantes y otras de menor tamaño que el organismo competente considere necesario.
- Para las lagunas aeradas se debe considerar adicionalmente la construcción de una caseta de operación, con área de oficina, taller y espacio para los controles mecánico-eléctricos, en la cual debe instalarse un tablero de operación de los motores y demás controles que sean necesarios.
- Una estación meteorológica básica que permita la medición de la temperatura ambiental, dirección y velocidad de viento, precipitación y evaporación.
- Para las lagunas aeradas se debe considerar la iluminación y asegurar el abastecimiento de energía en forma continua. Para el efecto se debe estudiar la conveniencia de instalar un grupo electrógeno.
- El sistema de lagunas debe protegerse contra daños por efecto de la escorrentía, diseñándose cunetas de intercepción de aguas de lluvia en caso de que la topografía del terreno así lo requiera.
- La planta debe contar con cerco perimétrico de protección y letreros adecuados.

5.5.3 Tratamiento con Lodos Activados

5.5.3.1 Aspectos generales

- a. A continuación se norman aspectos comunes tanto del proceso convencional con lodos activados como de todas sus variaciones.
- b. Para efectos de las presentes normas se consideran como opciones aquellas que tengan una eficiencia de remoción de 75 a 95% de la DBO. Entre las posibles variaciones se podrá seleccionar la aeración prolongada por zanjas de oxidación, en razón a su bajo costo. La selección del tipo de proceso se justificará mediante un estudio técnico económico, el que considerará por lo menos los siguientes aspectos:
 - calidad del efluente;
 - requerimientos y costos de tratamientos preliminares y primarios;
 - requerimientos y costos de tanques de aeración y sedimentadores

Fuente: Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2010).

Anexo N° 05: panel fotográfico



Fotografía 1. Se observa una vista panorámica de área del PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales).



Fotografía 2. Se observa una vista panorámica de área del PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales).



Fotografía 3. Se observa la primera laguna facultativa en muy mal estado de conservación.



Fotografía 4. Se puede apreciar la entra de la línea emisora la cual llega a una cámara de rejillas la cual no está en funcionamiento.



Fotografía 5. Podemos ver la salida de la primera laguna facultativa la cual se entra obstruida por la vegetación dela zona.



Fotografía 6. En la imagen se observa la vegetación la cual está desarrollándose dentro de dicha laguna.



Fotografía 7. Se realiza los trabajos básicos de topografía tales como levantamiento topográfico y mediciones necesarias.



Fotografía 8. Se realiza los trabajos básicos de topografía tales como levantamiento topográfico y mediciones necesarias.



Fotografía 9. Se realiza la medición de la altura de las lagunas en diferentes puntos, con la ayuda de una barra de madera con medición.



Fotografía 10. Se realiza la medición de la altura de las lagunas en diferentes puntos, con la ayuda de una barra de madera con medición.



Fotografía 11. Se puede observar la segunda laguna la cual se entra en mejor estado de conservación que el anterior.



Fotografía 12. Se realiza los estudios físicos y químicos necesarios para dicha investigación (DBO, Turbiedad, etc.).



Fotografía 13. Se realiza los trabajos de medición y topográficos de la segunda laguna facultativa.



Fotografía 14. Se observa las cajas de distribución y unión de las dos lagunas las cuales no están en funcionamiento.



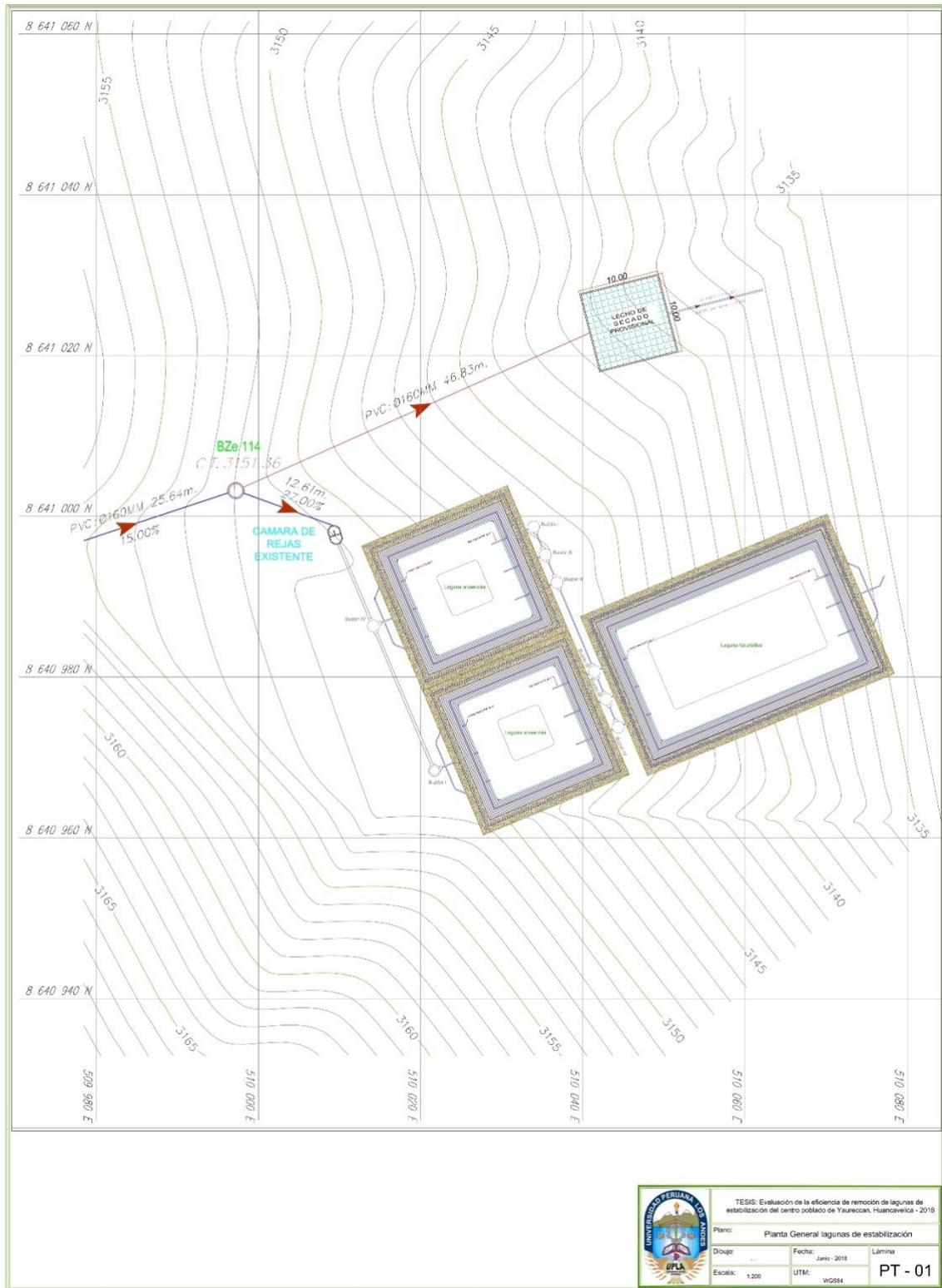
Fotografía 15. Se observa los buzones de interconexión del PTAR, los cuales no están en

funcionamiento.

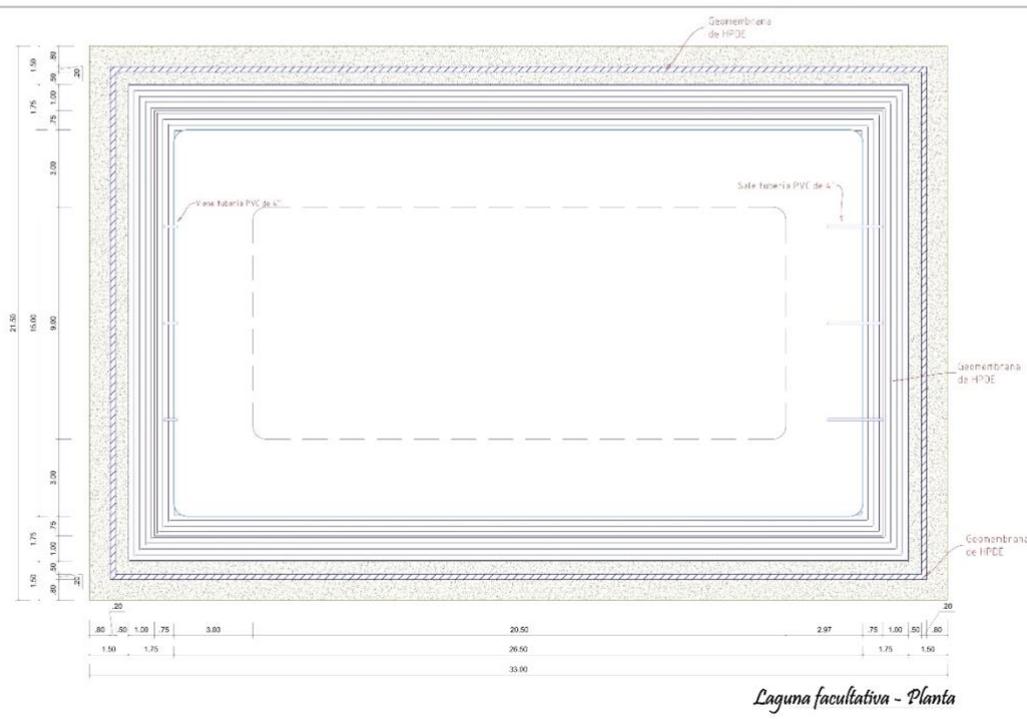
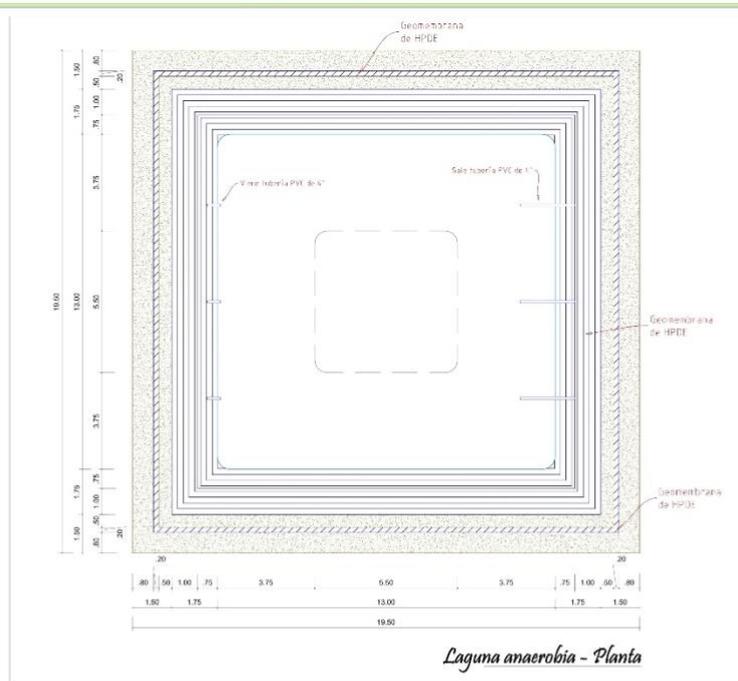


Fotografía 16. Se observa a los integrantes de la investigación en el área destinada al PTAR.

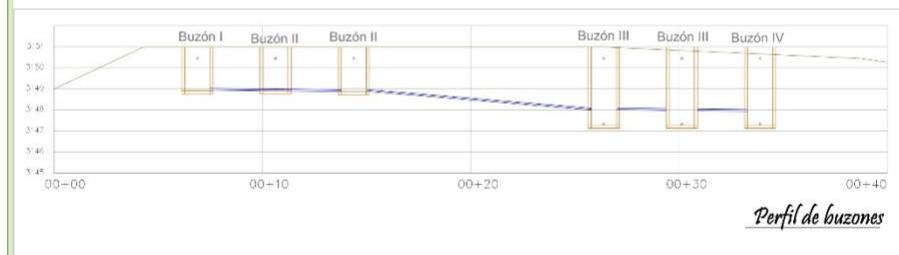
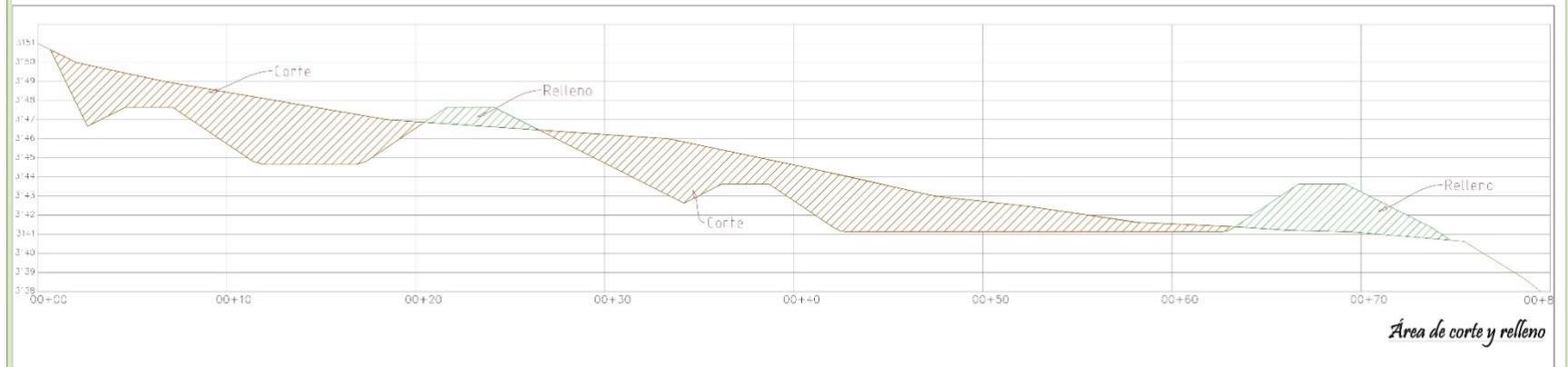
Anexo N° 06: planos



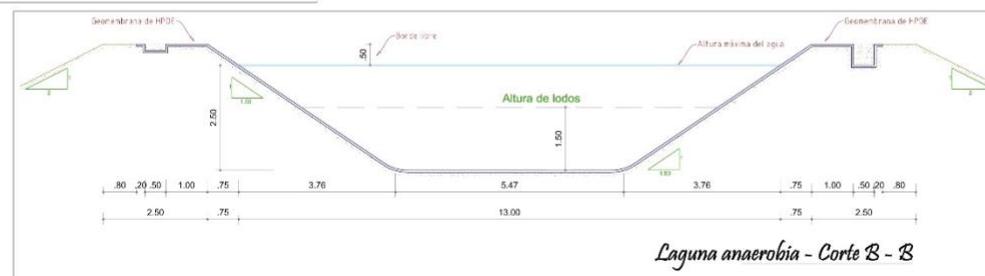
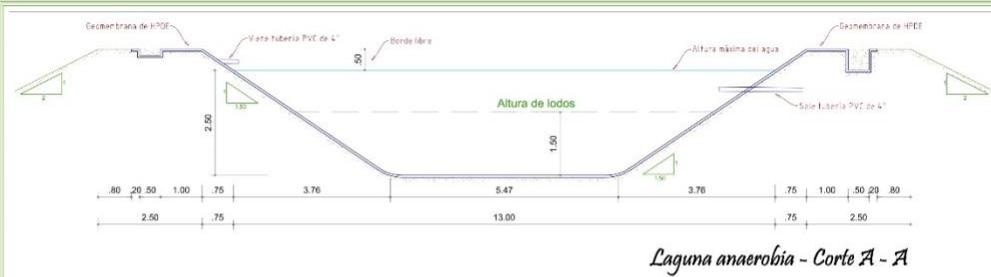
	TESIS: Evaluación de la eficiencia de remoción de lagunas de estabilización del centro poblado de Yauracan, Huancavelica - 2018		
	Plano:	Planta General lagunas de estabilización	
	Dibujo:	Fecha: Junio - 2018	Lámina
	Escala: 1:200	UTM:	WG84
			PT - 01



	TESIS: Evaluación de la eficiencia de remoción de lagunas de estabilización del centro poblado de Yaucoan, Huancavelica - 2018		
	Plano:	Cortes de las lagunas de estabilización	
	Dibujo:	Fecha: Junio - 2018	Lámina
	Escala:	UTM: W9284	PT - 02



	TESIS: Evaluación de la eficiencia de remoción de lagunas de estabilización del centro poblado de Yaurecan, Huancavelica - 2018		
	Plano:	Perfiles longitudinales	
	Dibujo:	Fecha:	Lámina
	Escala: 1:100	UTM: WGS84	PT - 03



	TESIS: Evaluación de la eficiencia de remoción de lagunas de estabilización del centro poblado de Yaurecan, Huancavelca - 2018		
	Plano: Cortes de las lagunas de estabilización		
	Dibujo:	Fecha: Junio - 2018	Lámina
	Escala: 1:50	UTM: WGS84	PT - 04

